

Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Oxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo

Código (FTG/RF-1028-RG)

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA



Año 2016

Este proyecto ha sido financiado por:



Con el apoyo de las siguientes instituciones (otros donantes):



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA



Verónica S. Ciganda – vciganda@inia.org.uy

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA



Guillermo Berra – berra.guillermo@inta.gob.ar
Laura Finster – finster.laura@inta.gob.ar

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



Marta Alfaro – malfaro@inia.cl
Francisco Salazar – fsalazar@inia.cl

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE BOGOTÁ



Edgar A. Cárdenas Rocha – eacardenasr@unal.edu.co

INSTITUTO DOMINICANO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y
FORESTALES



Pedro Nuñez – pnunez58@gmail.com

3. Índice General

Índice General

	Pag
Resumen Ejecutivo.....	5
Fin, meta u objetivo superior del Proyecto.....	6
Metodología y actividades realizadas	7
Resultados.....	12
Discusión de resultados.....	19
Conclusiones y recomendaciones.....	21
Difusión y publicaciones.....	23
Lecciones Aprendidas.....	28
Tabla de indicadores.....	30
Anexos.....	30

Índice Cuadros

Cuadro 1. Características geográficas y climáticas de las zonas experimentales de cada país del consorcio	7
Cuadro 2. Emisión de CH ₄ entérico obtenida en los experimentos llevados a cabo en Argentina, Uruguay y Chile	13
Cuadro 3. <i>Factores de emisión de N₂O de la orina bovina.....</i>	16
Cuadro 4. Eventos de difusión del proyecto FTG1028 en presentaciones orales o posters	25
Cuadro 5. Resumen de Resultados y productos.....	30

Índice Figuras

Figura 1. Factores de Emisión de CH ₄ entérico (Y _m) obtenidos en Chile para ganado lechero en base a dieta pastoril suplementada a dos niveles de concentrado.....	14
Figura 2. Factores de Emisión de CH ₄ entérico (Y _m) obtenidos en Uruguay para ganado de carne en base a dietas pastoriles de calidad contrastante.....	15

Información General

Nombre completo del Proyecto:

Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Oxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo

Código (FTG/RF-1028-RG)

No. del Proyecto: FTG-1028

Organismo líder del consorcio de investigación:

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Investigador líder del consorcio de investigación:

Verónica S. Ciganda

Organismos co-ejecutores:

INTA -Argentina

INIA – Chile

Universidad Nacional de Colombia- Colombia

IDIAF, República Dominicana

PROCISUR

Monto de Financiamiento:

FONTAGRO: US\$ 500.000

Co-Financiamiento: US\$ 500.000

TOTAL: US\$ 1.000.000

Periodo de Ejecución:

Año de la Convocatoria: 2010

Fecha inicio del proyecto (dd/mm/aa):12/3/2012

Fecha terminación del proyecto (dd/mm/aa): 12/3/2016

4. Resumen Ejecutivo:

El objetivo general de este proyecto fue mejorar el posicionamiento de los países integrantes del consorcio ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y ante el Mercado Internacional Agrícola, respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por la actividad agropecuaria. Este objetivo se ha cumplido a través de la cuantificación de las emisiones de metano entérico (CH_4) y de óxido nitroso (N_2O) provenientes del pastoreo bovino y de la elaboración de factores propios de emisión, así como de la evaluación de opciones para la mitigación de estos GEI. Los cinco países se han capacitado y sus equipos de trabajo han sido capaces de llevar a cabo mediciones de metano entérico (CH_4) utilizando la técnica del trazador hexafluoruro de azufre (SF_6) así como mediciones de óxido nitroso (N_2O) proveniente de la orina bovina depositada en el suelo utilizando la técnica de las cámaras estáticas de flujo cerrado. Tres de los cinco países elaboraron sus factores de emisión obteniendo valores por debajo del reportado por el IPCC. Además, dos países elaboraron los factores de emisión de CH_4 entérico (Y_m) para condiciones de producción características de su zona. A través del proyecto se ha capacitado y entrenado a al menos 20 profesionales y técnicos luego de ser implementado el proyecto por los respectivos responsables de cada país. Cada país del consorcio ha recibido, además, frecuentes visitas de técnicos, estudiantes, pasantes y profesionales a sus experimentos e instalaciones de laboratorio. Estas actividades han generado un importante impacto en la implementación y desarrollo de las metodologías y técnicas de medición de las emisiones de CH_4 entérico y N_2O en los cinco países. Asimismo, el proyecto y las técnicas de medición utilizadas han sido difundidas en eventos como seminarios, Workshops, y congresos nacionales e internacionales. El proyecto planificó y cumplió con las tres reuniones presenciales llevadas a cabo anualmente en diferentes países del consorcio. Esto favoreció mucho al funcionamiento del mismo y a la cohesión de los líderes de cada país. La incorporación de nuevas técnicas metodológicas en los países del consorcio así como el entrenamiento ofrecido y recibido en la utilización de las mismas han sido actividades

que han marcado un hito en las líneas de investigación en GEI en todo el consorcio y en Latinoamérica.

5. Fin, meta u objetivo superior del Proyecto

Fin

Mejorar el posicionamiento de los países integrantes del consorcio, ante el Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC y ante el Mercado Internacional Agrícola, respecto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de su responsabilidad (CH₄ y N₂O).

Propósito

Cuantificar las emisiones de CH₄ y N₂O del Pastoreo Bovino; y Establecer opciones para su mitigación, en función de la realidad productiva de los países integrantes del consorcio.

6. Metodología y actividades realizadas:

La estrategia metodológica del proyecto consistió en la instalación en cada país del consorcio de un experimento de cuantificación de CH₄ entérico y de un experimento de medición de la emisión de N₂O de los suelos siguiendo todos los países un protocolo experimental común adaptado a la situación climática y productiva de cada país. Las características geográficas y climáticas en las que se condujeron los experimentos en cada país se muestran en el cuadro 1. Es importante resaltar que las emisiones de CH₄ entérico en todos los países fue realizada en bovinos para carne excepto en Chile que se realizó en bovinos lecheros debido a la importancia de este rubro productivo en la zona sur de Chile. Asimismo, algunos países se enfocaron en la medición y desarrollo de opciones de mitigación de N₂O de origen bovino mientras en otros países también incluyeron las emisiones causadas por la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Cuadro 1. Características geográficas y climáticas de las zonas experimentales de cada país del consorcio.

País	Altura, msnm	Precipitación anual, mm	T media, °C
Argentina	29	1145	17.8
Chile	73	1372	11.1
Colombia	412	2800	26.2
República Dominicana	90	1800	25
Uruguay	27	1100	16

Las reuniones presenciales anuales de los investigadores del consorcio así como la comunicación frecuente a través de correo electrónico y videoconferencias (e.g. skype)

fue una estrategia metodológica utilizada para facilitar el alcance de logros y resultados de los cinco países integrantes del proyecto.

7.1 Determinación de emisiones de CH₄ entérico (ver Anexo 1 y Anexo 3)

Los cinco países adquirieron los insumos y consumibles necesarios para realizar mediciones de CH₄ en bovinos utilizando la técnica del trazador Hexafluoruro de Azufre (SF₆) siguiendo la metodología propuesta por Johnson et al (1995). Se logró disponer de todo el equipamiento necesario en el laboratorio y de todo el equipamiento necesario para montar sobre los animales. En dos países, Uruguay y República Dominicana, se utilizó la adaptación de la técnica del SF₆ técnica realizada por Gere et al. (2012) para la colecta del gas durante períodos prolongados para lo cual se elaboró un documento con el protocolo detallado de la adaptación de la técnica titulado **”Protocolo para determinación de emisión de metano en rumiantes: Técnica del trazador SF₆ para períodos de medición prolongados”** (ver Anexo 1), el cual se encuentra en proceso de revisión para lograr su publicación como Nota técnica en una revista arbitrada de la región. Actualmente el documento se encuentra disponible online en la página web de INIA – Uruguay.

Se contó, además, con el apoyo, asesoramiento y formación recibida del equipo técnico de Nueva Zelanda. En este sentido, en enero de 2013 técnicos del proyecto participaron de un entrenamiento intensivo de formación de tres semanas para capacitarse sobre la medición de CH₄ entérico utilizando la técnica del marcador SF₆.

En el caso de Colombia, además, se desarrolló la técnica para elaborar los tubos de permeación rellenos de SF₆. Además, se adquirieron los viales para guardar las muestras para ser analizadas por Cromatografía Gaseosa. En el caso de Uruguay y República Dominicana se adaptó y utilizó la técnica de óxido de titanio para medir el consumo animal en condiciones de pastoreo.

Los experimentos de medición de CH₄ entérico se llevaron a cabo en bovinos para carne en Argentina, Colombia, Chile y República Dominicana, y en bovinos lecheros en Chile. Además, en Chile al momento de iniciarse el proyecto Fontagro, el Instituto de

Investigaciones Agropecuarias (INIA) Remehue ya tenía implementado equipamiento y puesta a punto de la técnica de SF₆, contándose con equipos para la medición simultánea de alrededor de 30 bovinos.

Los experimentos se realizaron utilizando un diseño experimental del tipo “cross-over” en base a un mínimo de 20 vacunos. Para esto los animales fueron agrupados por nivel de digestibilidad de la pastura: Grupo (A) de alta digestibilidad y Grupo (B) de baja digestibilidad con período de acostumbramiento previo a cada dieta y período de colecta de gases y mediciones de CH₄ de 5 a 10 días, según decisión local de cada país.

El proyecto presupuestó y adquirió dos cromatógrafos de gases. Un equipo fue instalado en el laboratorio de INTA-Castelar, Argentina; el segundo equipo instalado en el laboratorio de INIA-La Estanzuela, Uruguay. Ambos equipos fueron configurados con las columnas y métodos necesarios para la medición de CH₄, N₂O, CO₂ y SF₆.

La totalidad de las muestras obtenidas en los experimentos de metano de República Dominicana y Uruguay fueron analizadas en el GC adquirido en el laboratorio de INIA-La Estanzuela, Uruguay. En el caso de Chile y Colombia, las muestras fueron analizadas en el Cromatógrafo de INIA-Remehue, Chile. Las muestras generadas en Argentina fueron analizadas con el GC adquirido en el laboratorio de INTA-Castelar.

7.2 Determinación de emisiones de óxido nitroso (ver Anexo 2 y Anexo 3)

Los cinco países adquirieron la capacidad y llevaron a cabo un experimento para cuantificar las emisiones de N₂O proveniente de la orina bovina utilizando la técnica de cámaras estáticas de flujo cerrado y siguiendo un protocolo experimental y de medición acordado y elaborado en la interna del proyecto y basado en protocolos experimentales internacionales.

En cada país del consorcio se instaló un experimento a campo sobre pasturas de diferente calidad y se utilizaron cámaras estáticas de flujo cerrado para medir las emisiones provenientes de la orina bovina aplicada. En la mayoría de los países se

utilizaron cámaras de PVC importadas de Nueva Zelanda o fabricadas localmente según el mismo modelo. En el caso de Uruguay, se utilizaron cámaras de acero inoxidable forradas con membrana térmica aluminizada para minimizar los cambios de temperatura al interior de las mismas. En todos los casos se siguieron los protocolos sugeridos por Rochette y Eriksen-Hamel (2008). Además se elaboró, para utilización de los cinco grupos de investigación del proyecto, un protocolo de instalación del experimento y de cronograma de muestreo (ver **Anexo 2**). El seguimiento del protocolo por parte de los cinco países asegura la standarización de la técnica y facilita la comparación de resultados obtenidos. Los tratamientos consistieron en la aplicación de orina bovina y/o de fertilizante nitrogenado y de inhibidores de la mineralización del N. Luego de la aplicación de los tratamientos, se tomaron muestras de gas provenientes de las cámaras durante un período de un año en el caso de Chile, y Uruguay y en al menos por ocho semanas pos-aplicación de tratamientos en el resto de los países. La frecuencia de los muestreos fueron disminuyendo a lo largo del período de muestreo: se comenzó con una frecuencia diaria o casi diaria para terminar el período de muestreo con una frecuencia semanal, quincenal o mensual en el caso de los períodos más prolongados. Las muestras fueron analizadas utilizando la técnica de cromatografía de gases.

En el caso de Uruguay se utilizaron dos tipos de pasturas (campo nativo regenerado y pastura cultivada de festuca, alfalfa y trébol rojo) en las que se instalaron los experimentos y se les ofreció el pastoreo a bovinos. En cada sitio se instaló un experimento con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: aplicación de orina, aplicación de orina más un inhibidor de la nitrificación y un control. En el experimento sobre campo natural se utilizó orina bovina colectada de animales que habían pastado por al menos cinco días esa misma pastura. En el caso de la pastura cultivada, la orina aplicada fue colectada de animales que habían pastado esta pastura. En ambos sitios se utilizaron cámaras estáticas de flujo cerrado en las cuales se aplicaron los tratamientos y luego se realizaron las mediciones de gas emitido por cada cámara. Las mediciones se realizaron durante un año con una frecuencia más intensiva luego de aplicados los tratamientos y en forma mensual a partir del cuarto

mes luego de aplicado el tratamiento. Además, se realizaron muestreos periódicos de planta y suelo (pH, NO₃, y NH₄). Las muestras de gas colectadas se encuentran en viales y han comenzado a analizarse a través de la técnica de cromatografía gaseosa.

En el caso de Colombia, se evaluó el efecto del agregado de nitrógeno (tratamiento control absoluto sin ninguna aplicación y tratamiento con orina bovina), de la utilización de tres especies forrajeras reconocidas como emisoras de inhibidores biológicos de la nitrificación (IBN) (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum*) y de la época climática (temporada de lluvia y temporada seca) sobre las emisiones de N₂O del suelo, sobre la producción de biomasa y sobre el contenido de proteína cruda de las pasturas. Además, diariamente se midió temperatura, precipitación y humedad atmosférica con apoyo de una estación meteorológica, así como variables fisicoquímicas del suelo.

En Chile se realizó un experimento de campo de un año de duración en que 1) se determinaron las emisiones de N₂O de suelos volcánicos bajo pradera permanente en el sur de Chile con o sin la inclusión de inhibidores del ciclo del nitrógeno y, 2) se determinó los factores de emisión (FE) para el uso de N en forma de fertilizante químico o por deposición de orina imitando condiciones de pastoreo. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 5 réplicas. Los tratamientos se aplicaron sobre una pradera permanente de 5 años de antigüedad, sin pastoreo durante el período experimental, cuya especie predominante fue *Lolium perenne* L. Los tratamientos consistieron en:

a) Control (-N) b) Orina (700 kg N/ha) c) Urea (100 kg N/ha) d) CAN (100 kg N/ha) e) Orina+Inhibidor (NBPT y DCD) f) Urea+ Inhibidor (NBPT y DCD) g) CAN+ Inhibidor (NBPT y DCD). Se empleó el inhibidor de la ureasa N-butiltriamidadifosfato (NBPT) y el inhibidor de la nitrificación Diciandamida (DCD). Los tratamientos se aplicaron en parcelas de 2x1m (2m²). En ellas se realizó un muestreo diferenciado (sector para análisis destructivos, sector para determinación de gases).

En República Dominicana se utilizó un diseño experimental completamente al azar en un arreglo de parcelas subdivididas, con tres factores y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron orina bovina, urea de liberación lenta y control.

En el caso de Argentina el experimento incluyó tres repeticiones y dos tratamientos: orina y tratamiento control.

7.3 Reuniones Anuales Internas del proyecto (ver **Anexo 4**).

Se realizaron tres reuniones anuales presenciales de todos los integrantes del proyecto en los años 1, 2 y 3 de la ejecución del proyecto. En estas reuniones cada país presentó sus avances técnicos logrados hasta el momento tanto en los experimentos de medición de metano entérico así como de óxido nitroso. Las reuniones fueron instancias extremadamente valiosas para discutir y trabajar sobre los logros y las dificultades en la implementación de las metodologías de medición de campo y laboratorio así como sobre los resultados obtenidos. Además, en cada reunión se presentó a todos los integrantes el informe financiero correspondiente al proyecto en forma conjunta así como el detalle de ejecución de cada país y por categoría presupuestal.

Cada reunión tuvo una agenda de funcionamiento por módulos temáticos a cargo de un moderador y con instancias de “mesa redonda” para discusión general de los temas. Al final de cada reunión se establecieron tareas a realizar hacia adelante indicando el responsable de cada tarea asignada.

8. Resultados (ver **Anexo 5.1** y **Anexo 5.2**)

Los resultados del proyecto refieren tanto a los productos científicos finales obtenidos por el proyecto, como por ejemplo la obtención de factores de emisión del gas CH₄ y del gas N₂O en cada país del consorcio, así como a la obtención de una mejora en las capacidades de los recursos humanos y materiales involucrados. Fueron varios los eventos de capacitación de los integrantes del equipo de investigación de cada país. Además, dos países lograron a través del proyecto la instalación de cromatógrafos de gases necesarios para el procesamiento de las muestras. A su vez, el proyecto logró la formación de estudiantes tanto de nivel de grado como de posgrado.

Los resultados se redactarán según los componentes del proyecto agrupados por tema. En este sentido, se presentarán en forma conjunta los resultados obtenidos en los componentes 1 y 2 referidos a las emisiones de metano entérico, a los componentes 3 y 4 referidos a las emisiones de óxido nitroso, y al componente 5 referido al fortalecimiento de recursos humanos.

Componente 1. *Determinación de emisiones de CH₄ entérico y de sus factores de emisión en sistemas extensivos de producción bovina en cada país integrante del consorcio.*

Componente 2. *Evaluar opciones de mitigación de CH₄ entérico para sistemas de producción bovina en base a dietas con diferente composición y digestibilidad.*

Los países siguieron el protocolo establecido y en su mayoría utilizaron dietas contrastantes las cuales mostraron en algunos casos diferencias significativas en sus factores de emisión (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Emisión de CH₄ entérico obtenida en los experimentos llevados a cabo en Argentina, Uruguay y Chile.

Calidad Pastura	Argentina ----- g CH ₄ animal ¹ día ⁻¹ -----	Uruguay	Chile
Alta	167	169	-
Baja	208	136	-
Alta + 4kg concentrado	-	-	290
Alta + 8 kg concentrado	-	-	321

Según los datos reportados por Uruguay y Chile, la mayor calidad de la pastura, así como su suplementación con elevada cantidad de concentrado, determinó que los animales presentaran una emisión total diaria de CH₄ mayor. Es posible adjudicar este resultado a la mayor ingesta promovida en las situaciones de mayor valor nutricional. Estas diferencias son esperables ya que a mayor consumo de forraje mayor es la

emisión de CH_4 . Sin embargo, y de acuerdo a lo esperado, la emisión de CH_4 por unidad de energía metabólica ingerida (Y_m), o factor de emisión (FE) (**Figuras 1 y Figura 2**) fue significativamente mayor en los animales pastando el forraje de baja calidad ya que su baja digestibilidad y elevado contenido de fibra habrían favorecido los procesos metanogénicos en el rumen explicando estos resultados. Los mismos concuerdan con Archimède et. al (2011) quienes plantean que la emisión de CH_4 por unidad de consumo está asociada a las características de la dieta y al nivel de consumo de los animales.

En el caso de los valores reportados por Uruguay (Figura 2), la diferencia encontrada para Y_m entre ambas pasturas coincide con reportes internacionales que estiman que la capacidad de mitigación de las emisiones de CH_4 en rumiantes en condiciones de pastoreo a través de la utilización de pasturas de alto valor nutritivo puede alcanzar hasta un 20% (Pinares, 2014).

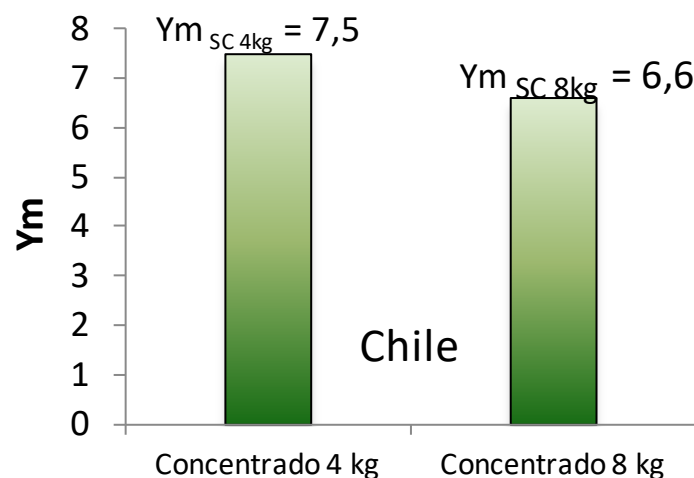


Figura 1. Factores de Emisión de CH_4 entérico (Y_m) obtenidos en Chile para ganado lechero en base a dieta pastoril suplementada a dos niveles de concentrado.

En el caso de las emisiones reportadas por Argentina, las emisiones más altas ocurrieron en los animales consumiendo la pastura de baja calidad. Sin embargo, es importante aclarar que como pastura de alta calidad fue utilizado un verdeo de verano de sorgo el cual puede haber aportado un valor elevado de fibra y baja digestibilidad lo cual habría limitado el consumo y favorecido las emisiones.

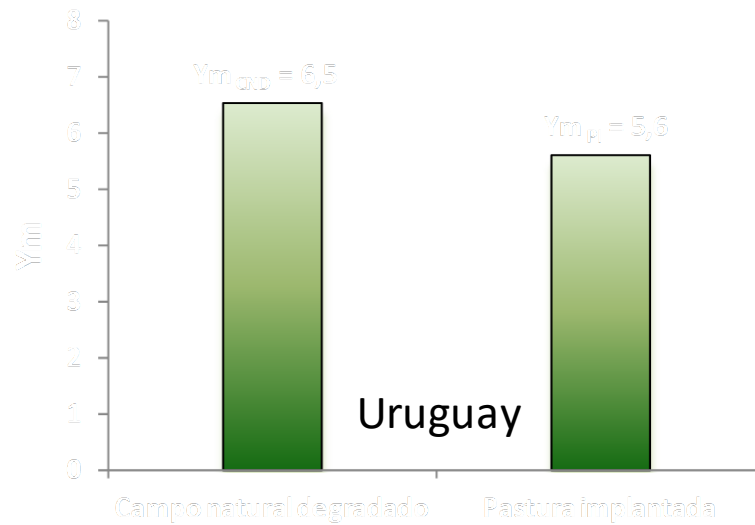


Figura 2. Factores de Emisión de CH₄ entérico (Y_m) obtenidos en Uruguay para ganado de carne en base a dietas pastoriles de calidad contrastante.

Es interesante destacar que los valores más elevados reportados por Chile respecto a Uruguay y Argentina estarían asociados a la mayor ingesta de los animales debido al ofrecimiento de suplemento además de la pastura y heno. Asimismo, los animales utilizados fueron vacas lecheras en ordeño de la raza Holando las cuales tendrían una mayor demanda de consumo y por lo tanto mayor emisión de CH₄.

Los experimentos llevados a cabo en Colombia y República Dominicana arrojaron valores de CH₄ que no permitieron su análisis y procesamiento de la información.

Componente 3. *Evaluar el efecto de mitigación de N₂O proveniente de la actividad ganadera bovina a través de dietas basadas en distintos tipos de pasturas y en el uso de compuestos inhibidores de la mineralización del nitrógeno en los suelos.*

Componente 4. *Elaborar los factores de emisión de N₂O proveniente de la actividad ganadera bovina y del suelo.*

Los cinco países llevaron a cabo los experimentos de N₂O siguiendo los protocolos pero en algunos casos no fue posible lograr el cálculo de los flujos de N₂O ya las mediciones presentaban frecuentes flujos negativos o inconsistencias.

En el cuadro 3 se reportan los factores de emisión de N₂O medidos en los experimentos que recibieron nitrógeno proveniente de la orina bovina en los experimentos de Chile, Colombia y Uruguay. Los valores son todos muy inferiores al reportado por el IPCC (1 - 2%) y se observan diferencias importantes entre los reportados por cada país. Estas diferencias serían atribuibles principalmente a las características de suelo. Por ejemplo, los suelos volcánicos de Chile presentan una capacidad de fijación del NH₄⁺ en la intercapa de sus arcillas que actúa como un “inhibidor” de la nitrificación y por lo tanto minimiza las pérdidas del N del suelo como N₂O.

Cuadro 3. Factores de emisión de N₂O de la orina bovina

País	Factor Emisión N ₂ O
Chile	0,07
Colombia	< 0,002
Uruguay	028-0,55

Componente 5. Fortalecer las capacidades de investigación en gases con efecto invernaderos en los países integrantes del consorcio (ver **Anexo 5**).

El proyecto se fortaleció a través de la ejecución de las distintas actividades propuestas:

Actividad 5.1 Realización de cursos y talleres de entrenamiento en metodologías de campo, laboratorio y procesamiento de la información para la cuantificación e interpretación de los valores de emisiones de gases con efecto invernadero (ver **Anexo 5**).

- Workshop Internacional “Definición de protocolos para determinación de emisiones de óxido nitroso”, 14 y 15 de mayo de 2012, INIA Remehue, Osorno, Chile Participación del Dr. Clemens Scheers de Queens University, Australia. Participación de 15 personas y la mayoría relacionadas al proyecto.

- Workshop Internacional “**Data Processing, Analysis and Publication of N₂O Emissions**”, 2 y 3 de octubre 2012, INIA – La Estanzuela, Colonia, URUGUAY. Participación del Dr. Tim Clough (Lincoln University, New Zealand). Participación de 8 personas todas relacionadas al proyecto.
- International training course on **methods of measurements on methane emissions from forage feed ruminants. “An Introduction to Methane Measurements**”, 13 de enero al 1 de febrero de 2013, Palmerston North, New Zealand. Participación de 4 técnicos del proyecto.
- Participación del consultor D. Cesar Pinares en 2da reunión anual del proyecto, 2 al 4 de mayo de 2013, Villavicencio, Colombia.
- Capacitaciones en Cromatografía gaseosa: Curso Teórico-Práctico de Operador de GC Agilent 6890-7890 con Chemstation-Open Lab Chemstation”, 17 al 19 de setiembre de 2014, BsAs, Argentina. Capacitación obtenida por Verónica Ciganda y auxiliar de investigación (INIA-Uruguay) Julieta Mariotta.
- Taller de medición metano entérico y óxido nitroso en Primer Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica (GALA), 2-4 de octubre de 2014, Remehue, Chile.

Actividad 5.2 Pasantías de investigación y reclutamiento de estudiantes de grado y postgrado.

- Pasantía del Dr. Gregorio García, del INIA Remehue (Chile), 20 y 22 de junio de 2012. La capacitación incluyó las áreas de emisión de GEI desde suelos en praderas y cultivos (cámaras estáticas y dinámicas), metano entérico, lixiviación de nitrógeno, emisiones de amoníaco y uso de NIRS para determinación de calidad de alimentos.
- Pasantía del Ing. Jaime Garzón, estudiante de maestría de la Universidad Nacional de Colombia, en INIA-La Estanzuela, Colonia, Uruguay, del 10 de setiembre al 10 de diciembre de 2012. La capacitación consistió en aprender y entrenarse en el diseño de experimentos y medición de emisiones de N₂O en sistemas pastoriles.

- Pasantía del MSc. Joaquín del Rosario, del IDIAF (República Dominicana), en INIA-La Estanzuela, Colonia, Uruguay del 20 al 30 de setiembre de 2013. La capacitación consistió en el entrenamiento y capacitación (campo y laboratorio) en la técnica de medición de metano entérico utilizando el SF₆ como gas marcador.
- Pasantía del Ing. Pablo Torres, estudiante de la Universidad de la República y becario ANNI-INIA (Uruguay), en INIA-Remehue Chile, enero 2014. La pasantía se focalizó en conocer las técnicas de análisis microbiológicas utilizadas para el análisis de la diversidad microbiana del suelo que intervienen en los procesos de emisión de N₂O.
- Pasantía de Ana Gabriela Pérez Castillo (M.Sc.), del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA, Universidad de Costa Rica) en INIA-Remehue, 2 al 30 de abril de 2013. La capacitación se realizó en áreas de emisión de GEI desde suelos en praderas y cultivos (cámaras estáticas y dinámicas), metano entérico, lixiviación de nitrógeno, emisiones de amoniaco y uso de NIRS para determinación de calidad de alimentos.
- Pasantía de Abril Basilio Navarrete, estudiante de Maestría en Ciencias en Sistemas de Producción Animal, de la Universidad Autónoma de Baja California, (Mexicali, México) en INIA-Remehue del 31 de julio al 30 de setiembre de 2013. La capacitación se focalizó en la cuantificación de GEI desde suelos.
- Reclutamiento de **estudiante de doctorado** Yoana Dini (Universidad de la República, Uruguay) para trabajar en el marco del proyecto en el tema “Determinación de la emisión de metano (CH₄) entérico en vacunos de carne y estudio de estrategias de mitigación a nivel pastoril”.
- Reclutamiento del **estudiante de maestría** Pablo Torres (Universidad de la República, Uruguay) para trabajar en el marco del proyecto en el tema “Emisiones de N₂O desde Sistemas Pastoriles y su Asociación con la Diversidad Microbiológica del Suelo”
- Reclutamiento del **estudiante de maestría** Rolando Medina Méndez (Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana) para trabajar

en el marco del proyecto en el tema “Mediciones de óxido nitroso de origen bovino en condiciones de pastoreo en República Dominicana”.

- Reclutamiento del **estudiante de maestría** Jaime Eduardo Garzón (Universidad nacional de Colombia) para trabajar en el marco del proyecto en el tema “Evaluación de la aplicación de orina bovina sobre las emisiones de N₂O en pasturas del piedemonte llanero colombiano”.
- Reclutamiento de estudiante Erika Luciana Gómez (Universidad Nacional de Colombia) en “**Programa Joven Investigador**” para trabajar en el marco del proyecto en el tema “Validación y ajuste de la técnica: cámara estática de flujo cerrado, para contabilizar emisiones de óxido nitroso (N₂O) provenientes de pasturas representativas del piedemonte llanero colombiano”.
- Reclutamiento de **estudiante de grado** Carla Romero (Universidad de la República, Uruguay) para trabajar en el marco del proyecto en el tema “Emisiones de metano entérico en sistemas de pastoriles de campo natural”
- Reclutamiento de **estudiante de grado** Emanuel Enrique Martínez (Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, República Dominicana) para trabajar en el marco del proyecto en el tema “Medición de emisiones de metano entérico en ganado bovino de doble propósito, en condiciones de pastoreo en la República Dominicana”.
- Reclutamiento de **estudiante de grado** Denisse Herrera (Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela de Medicina Veterinaria, Chile) para trabajar en el marco del proyecto en el tema “Efecto de la suplementación con concentrados en otoño sobre las emisiones de metano y desempeño productivo de vacas lecheras en lactancia tardía”.

9. Discusión de resultados

El proyecto tuvo resultados exitosos desde el punto de vista científico y generó un salto cuantitativo y cualitativo en la formación de capacidades en recursos humanos y de laboratorio. La mayoría de los países del consorcio lograron generar las capacidades

en recursos humanos que le han permitido llevar adelante los experimentos y lograr la obtención de factores de emisión (FE).

Es de destacar que todos los países siguieron el mismo protocolo de trabajo tanto para la medición de CH_4 como de N_2O , pero adaptado y utilizando sus recursos locales. Esto ha enriquecido el proyecto y sus resultados ya que se trabajó con distintas razas bovinas, según la utilizada por los productores rurales en cada país, y con diferentes dietas forrajeras ya que cada país utilizó las implantadas localmente. A su vez, las diferentes condiciones climáticas (países templados y tropicales) y las diferentes condiciones edáficas explican la importante variación en los resultados obtenidos.

Los FE de emisión de CH_4 encontrados variaron entre los países (Figura 1 y Figura 2) destacándose un mayor valor encontrado en ganado lechero de Chile que en bovinos de carne en Uruguay. Sin embargo, en ambos casos los valores son ligeramente inferiores a los valores por defecto reportados por el IPCC.

Los FE de N_2O por la aplicación de orina bovina fueron siempre inferiores al factor por defecto establecido por el IPCC (cuadro 3). En el caso de Chile, los FE cuantificados fueron bajos, siendo entre c. 3 (urea sin inhibidor) y 25 veces (orina con o sin inhibidor) más bajos que los valores por defecto sugeridos por el IPCC de 1% y 2% para el uso de estos tipos de N. El FE se redujo en un 60% por implementación del uso de inhibidores en el caso de urea y un 49% en el caso de uso de CAN, sin diferencia entre ambas fuentes de N. La reducción de las emisiones no resultó en un aumento del rendimiento de la pradera, lo que puede limitar la adopción de esta medida de mitigación por parte de los productores.

En el caso de Colombia los FE de N_2O encontrados para distintas pasturas fueron siempre inferiores a 0.002, mientras que los valores encontrados por Chile fueron de 0.08. En Uruguay, los valores variaron entre 0.28 y 0.55.

La publicación de los nuevos valores de FE generados por los distintos países tanto para metano entérico como para óxido nitroso, y su aceptación por el IPCC, permitiría su incorporación a los cálculos de las emisiones de cada país reportadas en los inventarios nacionales. La utilización de valores de FE inferiores a los indicados por

defecto por el IPCC conduciría a la obtención de emisiones totales de estos gases de menor magnitud a las reportadas hasta el presente.

10. Conclusiones y Recomendaciones

Este proyecto ha logrado que por primera vez algunos países de Latinoamérica trabajaran en la medición de gases efecto invernadero de origen agrícola. Además, fortaleció y potenció el crecimiento de aquellos que ya se habían iniciado recientemente en el tema.

Los valores de FE encontrados pueden tener un impacto importante en las metodologías propuestas por el IPCC para el cálculo de las emisiones ya que se han encontrado valores muy inferiores a los propuestos por defecto por el IPCC.

Los resultados destacan la relevancia de la evaluación local de las potenciales alternativas de mitigación disponibles, exitosas en sistemas templados en otras partes del mundo, previa su oferta a los productores ganaderos, dado su escaso impacto productivo.

Los resultados también sugieren que desde el punto de vista ambiental, las emisiones de N₂O en suelos bajo pradera del sur de Chile son bajas, aun cuando se fertilizan y/o pastorean.

Los cinco países establecieron capacidades metodológicas que le permitirán realizar futuros estudios y mediciones en GEI.

La fuerte interacción entre los países generó sólidas relaciones profesionales entre los investigadores lo cual facilitará el trabajo en conjunto para llevar adelante nuevas instancias de investigación en GEI.

Los resultados presentados ponen de manifiesto la necesidad de poder cuantificar la variabilidad propia de la metodología y diferenciarla de la variabilidad animal.

Esa variabilidad se puede reducir notablemente aumentando y prolongando los periodos de muestreo. Asimismo, sería necesario el abordaje de metodologías alternativas de medición.

11. Difusión y publicaciones (ver Anexos 5.1, 5.2, y 6)

11.1 Publicaciones

11.1.1 Artículos Científicos

Dini Y., JI. Gere, C. Cajarville, V. Ciganda. Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America. *Animal Production Science. Submitted 2016 manuscript ID is AN16803.*

(Anexo 5.1 *in confidence*)

Dini Y., V. Ciganda Avances en la estimación del consumo bovino en Uruguay utilizando marcadores externos: Óxido de Titanio. *Agrociencia. Submitted 2016. Manuscrito ID 1239.*

(Anexo 5.2 *in confidence*)

11.1.2 Resúmenes (ver Anexo 6.1)

Alfaro M., Vistoso E., Salazar F., Hube S., Ramírez L., y Rosas A. 2014. Emisiones de óxido nitroso en una pradera permanente fertilizada con distintas fuentes de nitrógeno en un suelo volcánico del sur de Chile. *Proceedings de Primera Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica (GALA), Remehue, Chile.*

Herrera D., Hube S., Morales J., Ungerfeld E., Muñoz C. 2014. Efecto de la suplementación con concentrado sobre las emisiones de metano y desempeño productivo de vacas lecheras en lactancia tardía. *Proceedings de Primera Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica (GALA), Remehue, Chile.*

Finster L., Alfaro M., Cardenas E., Nuñez P., Clark H., Ciganda V. 2011. *Climate Change and Beef Cattle Production in South American Countries: Quantification and Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Grazing Beef Cattle. Sixth*

International Symposium on Non-CO2 Greenhouse Gases (NCGG-6), Amsterdam, Holanda.

Dini Y., Ciganda V., Cajarville C. 2014. Emisión de metano de bovinos de carne en condiciones de pastoreo: efecto de la calidad de pasturas utilizadas en Uruguay. Congreso Asociación Uruguaya de Producción Animal (AUPA) Montevideo, Uruguay.

Ciganda V, Dini Y., Torres P., Romero C., Mariotta J., Federici Ma T., Cajarville C. 2016. Cuantificación de Emisiones Producidas por la Actividad Ganadera en el Uruguay. VIII Encuentro de la Sociedad Uruguaya de Ciencias del Suelo Lavalleya, Uruguay.

Dini Y., Ciganda V. 2016. Avances en la estimación del consumo de bovinos en condiciones de pastoreo: utilización del Óxido de Titanio como marcador externo 39º Congreso de Producción Animal (AAPA) Tandil, BsAs, Argentina.

Torres P., Federici Ma T., Ciganda V. 2016. Effect of Grazing Cattle Management on Nitrous Oxide Emissions and Soil Microbial Diversity. Perspectives and Search of Potential Mitigation Strategies. Reunión Argentina de Fisiología Vegetal Corrientes, Argentina.

11.1.3 Documentos on-line

Ciganda V. Protocolo para determinación de emisión de metano en rumiantes: Técnica del trazador SF6 para períodos de medición prolongados. 2014 http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/protocolo-emisi%C3%B3n-metano_2015.aspx

Dini Y., Ciganda V., Romero C., Mariotta J., Cajarville C. 2016. Emisión de metano entérico en bovinos de carne bajo condiciones representativas de pastoreo en Uruguay: pasturas implantadas vs. campo natural degradado. http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista%20INIA_45.pdf

11.1.4 Entrevistas y Artículo de prensa

Ciganda, V. 2016. Investigaciones indican que pasturas de calidad mitigan la emisión de gases de efecto invernadero. **Entrevista Programa SobreCiencia** Radiodifusión Nacional Uruguay.

<http://www.radiouruguay.com.uy/innovaportal/v/90499/22/mecweb/investigaciones-indican-que-pasturas-de-calidad-mitigan-la-emision-de-gases-de-efecto-invernadero?parentid=80188>.

Alfaro, M 2013. Chile: líder latinoamericano en investigación de gases invernadero y ganadería. Revista Nuestra Tierra 281: 34-37.

EXPERIENCIA DEL INIA REMEHUE
INFORMACIÓN TÉCNICA

Experiencia del Inia Remehue

Chile: líder latinoamericano en investigación de gases invernadero y ganadería

TRABAJO DE INVESTIGADORES Y TÉCNICOS TIENE RECONOCIMIENTO INTERNACIONAL. DETERMINARON LOS PRIMEROS FACTORES DE EMISIÓN DE CO₂ EN LA GANADERÍA CON INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA REALIDAD NACIONAL.



María Alfaro
Ingeniero Agrónomo Ph.D.
INIA Remehue

En el Centro Regional de Investigación Inia Remehue de Osorno, zona que concentra la mayor producción lechera de Chile, se han reunido en varias oportunidades algunos de los principales expertos en mediciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivados de los sistemas ganaderos de América Latina, Australia y Nueva Zelandia.



EL PORTAL DE INICIATIVAS www.iniciativas.cl

Reconocen labor pionera de ganadero del retén Bahía Mansa

En el marco del primer taller sobre el tema de la ganadería en Chile, el Centro de Chile reconoció con un premio a la iniciativa del ganadero Bahía Mansa por su aporte a la investigación y desarrollo de tecnologías para mejorar la producción de leche y la calidad de la leche.

Reconocen labor pionera de ganadero del retén Bahía Mansa

En el marco del primer taller sobre el tema de la ganadería en Chile, el Centro de Chile reconoció con un premio a la iniciativa del ganadero Bahía Mansa por su aporte a la investigación y desarrollo de tecnologías para mejorar la producción de leche y la calidad de la leche.

Entregan implementación para el desarrollo sismomotor en niños

El equipo de trabajo del Centro de Chile entregó a los niños de la zona de Bahía Mansa un kit de implementación para el desarrollo sismomotor en niños.

Especialistas en gases con efecto invernadero se reúnen en Osorno

CHILE. Los expertos mundiales se reunieron en el centro Inia Remehue.

Un grupo de expertos en gases de efecto invernadero se reunieron en el centro Inia Remehue de Osorno, zona que concentra la mayor producción lechera de Chile, para discutir sobre los primeros factores de emisión de CO₂ en la ganadería con información específica de la realidad nacional.

El taller se realizó en el marco del primer taller sobre el tema de la ganadería en Chile, el Centro de Chile reconoció con un premio a la iniciativa del ganadero Bahía Mansa por su aporte a la investigación y desarrollo de tecnologías para mejorar la producción de leche y la calidad de la leche.

11.2 Seminarios y otros eventos de difusión (ver Anexo 6)

El proyecto fue presentado en seminarios y en distintas actividades de difusión (Cuadro 3). En algunos casos las presentaciones fueron exclusivamente dedicadas a dar a conocer el proyecto y en otros la difusión del mismo o de sus resultados fueron incluidos como parte de distintas presentaciones.

Cuadro 4. Eventos de difusión del proyecto FTG1028 en presentaciones orales o posters.

	Evento	Lugar	Fecha	Título presentación	Autores
1	Sixth International Symposium on Non-CO2 Greenhouse Gases (NCGG-6)	Amsterdam, Holanda	Nov 2011	Climate Change and Beef Cattle Production in South American Countries: Quantification and Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Grazing Beef Cattle.	Finster L., Alfaro M., Cardenas E., Nuñez P., Clark H., Ciganda V.
2	GRA - South-East Asia Capacity Building Workshop "Measurement and Mitigation of Greenhouse Gases"	Bangkok, Tailandia	Mar 2012	Climate Change and Beef Cattle Production in South American Countries: Quantification and Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Grazing Beef Cattle.	Ciganda V.
3	TALLER REGIONAL: Mitigación del Cambio Climático en la Agricultura: Desarrollo y Ejecución de Medidas de Mitigación Adecuadas a cada País (NAMAs) en el Sector Agrícola de América Latina y el Caribe"	Montevideo, Uruguay	Jun 2012	"Cuantificación de Emisiones Producidas por la Actividad Ganadera en el Uruguay"	Ciganda V.
4	Seminario ALADI "Comercio y Huella de Carbono: Perspectivas para Uruguay y la Región"	Montevideo, Uruguay	Mayo 2013	"La participación del INIA en la medición de la Huella de Carbono"	Ciganda V.
5	GRA Council Meeting	Montevideo, Uruguay	Jun 2013	"Climate Change and Beef Cattle Production: Quantification and Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Grazing Beef	Ciganda V.

				Cattle"	
6	Reunión PROCISUR	Montevideo, Uruguay	Jun 2013	Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Oxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo.	Ciganda V.
7	Congreso Asociación Uruguaya de Producción Animal (AUPA)	Montevideo, Uruguay	Dic 2014	Emisión de metano de bovinos de carne en condiciones de pastoreo: efecto de la calidad de pasturas utilizadas en Uruguay	Dini Y., Ciganda V., Cajarville C.
8	International Congress of Meat Science & Technology	P. del Este, Uruguay	Ago 2014	Could meat production be transformed in a more efficient and sustainable activity? A challenge	Ciganda V, Lamanna A.
9	International Congress of ASSCGN 2014	Vancouver, Canadá	Ago 2014	Feed efficiency and methane projects: beef cattle in uruguay	Navajas E., Ciganda V., Velazco J., Oyhantcabal W.
10	Primera Conferencia de "Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica (GALA)	Remehue, Chile	Oct 2014	Emisiones de óxido nitroso en una pradera permanente fertilizada con distintas fuentes de nitrógeno en un suelo volcánico del sur de Chile.	Alfaro M., Vistoso E., Salazar F., Hube S., Ramírez L., y Rosas A.
11	Primera Conferencia de "Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica (GALA)	Remehue, Chile	Oct 2014	Efecto de la suplementación con concentrado sobre las emisiones de metano y desempeño productivo de vacas lecheras en lactancia tardía.	Herrera D., Hube S., Morales J., Ungerfeld E., Muñoz C.
12	Primera Conferencia de "Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica (GALA)	Remehue, Chile	Oct 2014	Determination and comparison of enteric methane emission factors for beef cattle with two different diets.	Bualo R., Gere J., I Pierini A., Arias R., Ortega F., Wulff A., Berra G..
13	International Workshop on: Reducing the cost of GHG estimates in Agriculture to inform Low emissions development (FAO)	Roma, Italia	Nov 2014	Developing country specific emission factors for livestock systems in Colombia.	Cárdenas Rocha E.A.
14	Animal Change Project Regional Workshop, "Livestock and Climate Change"	Campinas, SP, Brasil	Feb 2015	Agricultural research tackling climate change in Uruguay	G. Cardozo, V. Ciganda, L. Salvo & V. Pravia
15	Seminario "Cambio Rural"	Entre Ríos, Argentina	May 2015	Gases de efecto invernadero producidos por la ganadería	Bualo R.

16	Taller del Proyecto Mejora en la Sostenibilidad de la Ganadería Familiar de Uruguay	Las Brujas, Canelones, Uruguay	May 2015	Emisión de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Ganaderos: intensificación y amenazas	Becoña G., Picasso V., Ciganda V.
17	Winter Seminar, Rothamsted Research-North Wyke	North Wyke, Devon, UK	Marzo 2016	GHG Emissions from Grazing Beef Cattle: the Case of a Latin-American Project	Ciganda V.
18	VIII Encuentro de la Sociedad Uruguaya de Ciencias del Suelo	Lavalleja, Uruguay	Set 2016	“Cuantificación de Emisiones Producidas por la Actividad Ganadera en el Uruguay”	Ciganda V, Dini Y., Torres P., Romero C., Mariotta J., Federici Ma T., Cajarville C.
19	39º Congreso de Producción Animal (AAPA)	Tandil, BsAs, Argentina	Oct 2016	Avances en la estimación del consumo de bovinos en condiciones de pastoreo: utilización del Óxido de Titanio como marcador externo.	Dini Y., Ciganda V
20	Reunión Argentina de Fisiología Vegetal	Corrientes, Argentina	Nov 2016	“Effect of Grazing Cattle Management on Nitrous Oxide Emissions and Soil Microbial Diversity. Perspectives and Search of Potential Mitigation Strategies.”	Torres P., Federici Ma T., Ciganda V.

11.3 Página Web del Proyecto

<http://www.fontagro.unal.edu.co/>

La página web del proyecto se hizo disponible a través de un dominio virtual de la Universidad de Colombia. Si bien los documentos base del proyecto así como la información de los integrantes del consorcio se encuentran disponibles en la misma, la página no ha sido actualizada con la frecuencia esperada. El acceso a la edición de la página aún está a disposición por lo que se planifica actualizarla e incorporarle los logros del proyecto, publicaciones y actividades de difusión.



12. Lecciones aprendidas

La ejecución del proyecto generó múltiples lecciones de aprendizaje de las cuales los aspectos de gestión del proyecto y de metodologías de medición de metano entérico en los animales y de óxido nitroso desde el suelo fueron el centro de atención.

Es importante resaltar que ha sido clave para el buen funcionamiento del proyecto, el apoyo institucional que cada investigador líder recibió en su país. Al mismo tiempo, es fundamental que desde el inicio del proyecto los equipos de investigadores de cada país conozcan los manuales e instructivos de la fuente financiadora. Para esto, entre otras instancias, han sido claves las reuniones presenciales anuales de los integrantes

del proyecto. Estas reuniones permitieron generar avances muy importantes y mejoras en la articulación del proyecto. Es recomendable, además, utilizar otras instancias como congresos, seminarios, etc., para reuniones del total o de algunos de los participantes del proyecto. Además, resultó extremadamente importante mantener el contacto a través de correo electrónico, u otros medios, en forma permanente.

La incorporación de estudiantes y pasantes al proyecto fue fundamental para lograr la ejecución de los experimentos, por lo tanto es muy importante prever el financiamiento para ellos en el armado del presupuesto.

Los países que además contaban con proyectos nacionales mostraron una mayor facilidad para la ejecución del proyecto internacional Fontagro.

La adquisición de equipos y de materiales e insumos demanda en el general de nuestros países tiempos de importación y de instalación prolongados. Por lo tanto, es fundamental prever tiempos “generosos” para su adquisición y tener en cuenta que esto puede retrasar la obtención de resultados, lo cual sucedió en algunos de nuestros países.

Una importante lección aprendida es que las metodologías de medición de CH_4 entérico y de N_2O son complejas. Además, son muchos los factores bióticos y abióticos que afectan estas emisiones y por lo tanto su variabilidad es importante lo que dificulta la obtención de resultados consistentes.

Las tareas de laboratorio que requieren las metodologías utilizadas, principalmente la técnica de cromatografía de gases, generó una demanda de tiempo muy importante y de conocimiento muy específico. Por lo tanto, es necesario prever la necesidad de recursos humanos con dedicación exclusiva o casi exclusiva a las mediciones de la concentración de los gases por cromatografía.

13. Tabla de indicadores

Cuadro 3. Resumen de Resultados y Productos

Actividad/Resultado	Pais				
	Argentina	Chile	Colombia	R. Dominicana	Uruguay
Se generaron las capacidades para medir emisiones CH ₄ entérico	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Se generaron las capacidades para medir emisiones de N ₂ O	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Se llevó a cabo al menos un experimento para medir CH ₄ entérico	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Se llevó a cabo al menos un experimento para medir N ₂ O	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Factor de Emisión de CH ₄ entérico generado	en proceso	6,6-7,5	en proceso	en proceso	5,6-6,5
Factor de Emisión de N ₂ O generado	en proceso	0,08	< 0,002		0,28-0,55
Estudiantes de tesis (grado y posgrado)	1	2	2	1	3
Pasantes del exterior		3			2
Workshops y reuniones organizados	1	1	1		2
Conferencias organizadas		1	1		
Publicaciones/Artículos/presentaciones del proyecto	Varios	Varios	Varios	Varios	Varios
Se utiliza el conocimiento y las capacidades logradas en nuevas actividades	Si	Si	Si	Si	Si

14. Anexos

Anexo 1

Protocolo para Determinación de Emisión de Metano en Rumiantes: «Técnica del Trazador SF₆ para Períodos de Medición Prolongados»



Protocolo para Determinación de Emisión de Metano en Rumiantes:

*«Técnica del Trazador SF₆ para
Períodos de Medición Prolongados»*

Marzo 2015

**Protocolo para Determinación de
Emisión de Metano en Rumiantes:
«*Técnica del Trazador SF₆ para
Períodos de Medición Prolongados*»**

GRUPO DE MEDICIÓN DE GEI EN INIA-LA ESTANZUELA

Marzo 2015

Protocolo para Determinación de Emisión de Metano en Rumiantes:
«Técnica del Trazador SF₆ para Períodos de Medición Prolongados»

© 2015, INIA

Este protocolo fue elaborado y utilizado dentro de los siguientes proyectos:

Proyecto FONTAGRO 1028 - «Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Oxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo» (Responsable: Verónica S. Ciganda).

Proyecto INIA SA-14 - «Caracterización cuantitativa de las emisiones de metano entérico en bovinos bajo condiciones de producción representativas del Uruguay» (Responsable: Verónica S. Ciganda).

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel - Presidente

D.M.T.V., PhD. José Luis Repetto - Vicepresidente



D.M.V. Álvaro Bentancur

D.M.V., MSc. Pablo Zerbino



Ing. Agr. Joaquín Mangado

Ing. Agr. Pablo Gorriti



Protocolo para Determinación de Emisión de Metano en Rumiantes: «Técnica del Trazador SF₆ para Períodos de Medición Prolongados»

INIA

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TÉCNICA SF₆

La medición de las emisiones de metano (CH₄) de rumiantes se realiza, generalmente, utilizando la técnica del trazador hexafluoruro de azufre (SF₆) originalmente desarrollada por Johnson y Johnson (1995). Esta técnica permite la cuantificación diaria de CH₄ por animal y es internacionalmente reconocida como la más apropiada para medir las emisiones de metano en sistemas de pastoreo en virtud que los equipos se instalan sobre el animal sin impedir ni limitar sus movimientos ni sus hábitos en la pastura (Johnson *et al.*, 2007; Lassey *et al.*, 1997; Woodward *et al.*, 2004; Grainger *et al.*, 2007). La utilización del SF₆ responde a que es un gas considerado como el mejor trazador para medir la cantidad de metano emitido por los rumiantes, debido a que posee una elevada estabilidad en el rumen de los animales, inclusive superior a la de gases isótopos del metano. En 2012, Gere *et al.*, publicaron una adaptación de esta técnica que permite diseñar experimentos con animales en pastoreo en tiempos prolongados de muestreo (1, 5, 10 días ó más). En este protocolo se presentan en detalle los materiales necesarios y los pasos a seguir que permitirán cuantificar las emisiones de CH₄ entérico en rumiantes basado en la adaptación realizada por Gere *et al.* (2012).

2. MATERIALES NECESARIOS PARA ENSAMBLAR EN CADA ANIMAL

- 1 m de caño plástico corrugado (similar al utilizado en lavarropas).
- 1 arnés con uniones de velcro y hebilla para ajuste según tamaño de c/ animal (Figura 1).
- 2 porta-tubos con fondo de tela reforzada y broches para acoplarse al arnés (Figura 2).
- 2 recipientes colectores: cilindros metálicos (500 mL) de acero inoxidable con base y tapa, con rosca ¼» en tapa para conectar acople hembra (Figura 2).
- 2 acoples rápidos Swagelok: 1. Hembra en recipiente colector, código B-QC4-S-4PM; 2. Espiga macho, código B-QC4-B-4PM) (Figura 2).

- Cinta teflón para las uniones de hembra con el recipiente colector.
- 2 restrictores de flujo de aire o reguladores compuesto de tres piezas: 1. conector recto bronce de tubo de 1/4" de diámetro externo a rosca hembra 1/8" NPT; 2. bolilla metálica de acero (diámetro 8 mm); 3. Pieza tapón de cabeza hexagonal de rosca 1/8" NPT (proveedor Argentina: SAFELOCK CASUCCI).
- Soporte de cuero con ajuste al arnés con remaches, para colocación de reguladores dentro de caños plásticos (Figura 1).
- Trozos de 10 cm de caño plástico transparente para protección de restrictores (Figura 1).
- Tela plástica impermeable al agua pero permeable al aire para protección del restrictor y cierre del caño protector (Figura 1).
- Manguera de PVC TPU 6*1 10 bar, de 1/4 pulgada que conecta acople macho del recipiente colector de metano con restrictor de entrada de aire (Figura 3).
- 1 tubo de permeación (o cápsula) relleno de SF₆ (Figura 4).
- 1 lanza-bolos manual (Figura 4).
- Sunchos plásticos descartables (Figura 1).
- Guantes descartables.
- Cinta papel para protección regulador.
- Cinta aisladora para ajustar tela al regulador.
- Tijeras metálicas.



Figura 1. Detalles del arnés, soporte de cuero y caños plásticos.

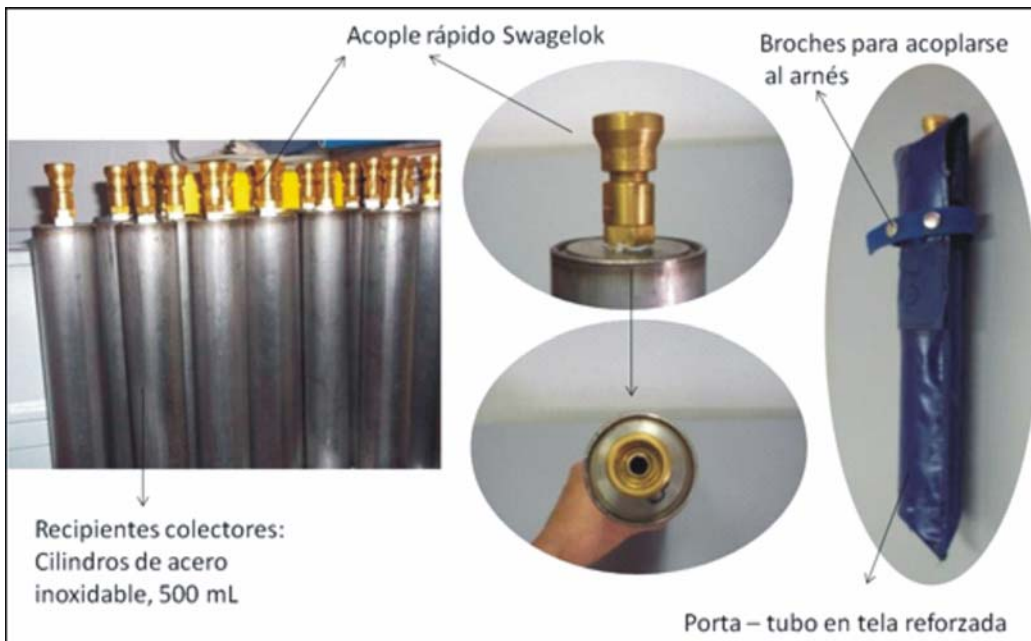


Figura 2. Detalles del recipiente colector de metano, acople rápido Swagelok y porta-tubos.

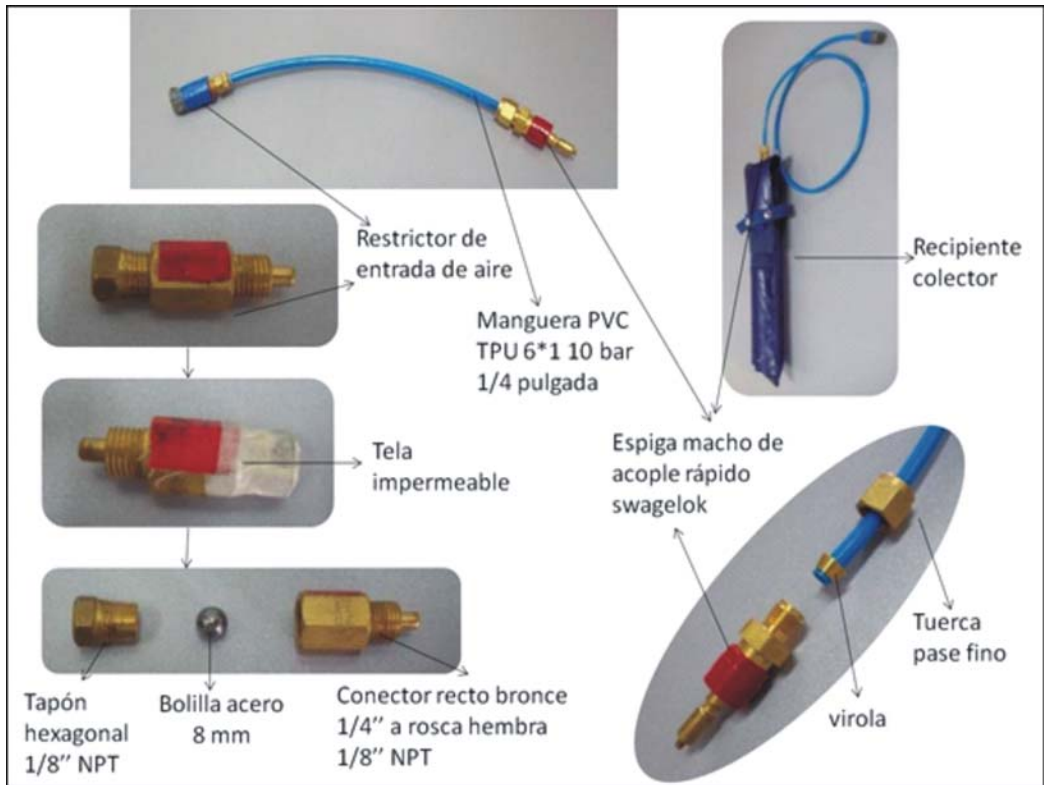


Figura 3. Detalles del restrictor de flujo, manguera y espiga macho.



Figura 4. Tubos de permeación y lanza bolos metálico.

3. INSTALACIONES, EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

- Baño María (con posibilidad de fijarlo en 39 °C) (Figura 5).
- Balanza de precisión (de 4 dígitos) (Figura 5)
- Tubos Eppendorf 50 mL con tapa rosca y rack porta-tubos (Figura 5).
- 1 retículo de vacío construido por ejemplo con: 1. caños de cobre sin costura ¼ pulgada*0,8 mm; 2. Válvula esférica 1 pieza (llaves de paso) 1/4" latón, Swagelok código B-42S4; 3. Unión en cruz Latón ¼ Swagelok código B-400-4; 4. Uniones Tee Latón ¼» Swagelok código B-400-3; 5. Espigas/conectores con retención 1/4" (macho) Swagelok código B-QC4-D-400; y 6. Manguera de PVC TPU 6*1 10 bar, de 1/4 pulgada (Figura 6a).
- 1 bomba de vacío (Figura 6a)
- 1 soporte de madera para instalar piezas del retículo de vacío (Figura 6a).
- 1 vacuómetro tipo Pirani modelo DIGIVAC marca CINDELVAC-RUVAC (Figura 6b).
- 1 manómetro Digital Lutron PM-9107 (Figura 6b).
- 1 tubo de Nitrógeno (N₂) de alta pureza con regulador de presión con conexión al retículo de vacío (Figura 7).
- Viales para gas de modelo y tamaño que correspondan al GC a utilizar. (Recomendable LABCO 12 mL).
- Jeringa plástica 20 mL c/ aguja.
- Mariposa de tres vías para conectar a Jeringa
- Gafas de seguridad.

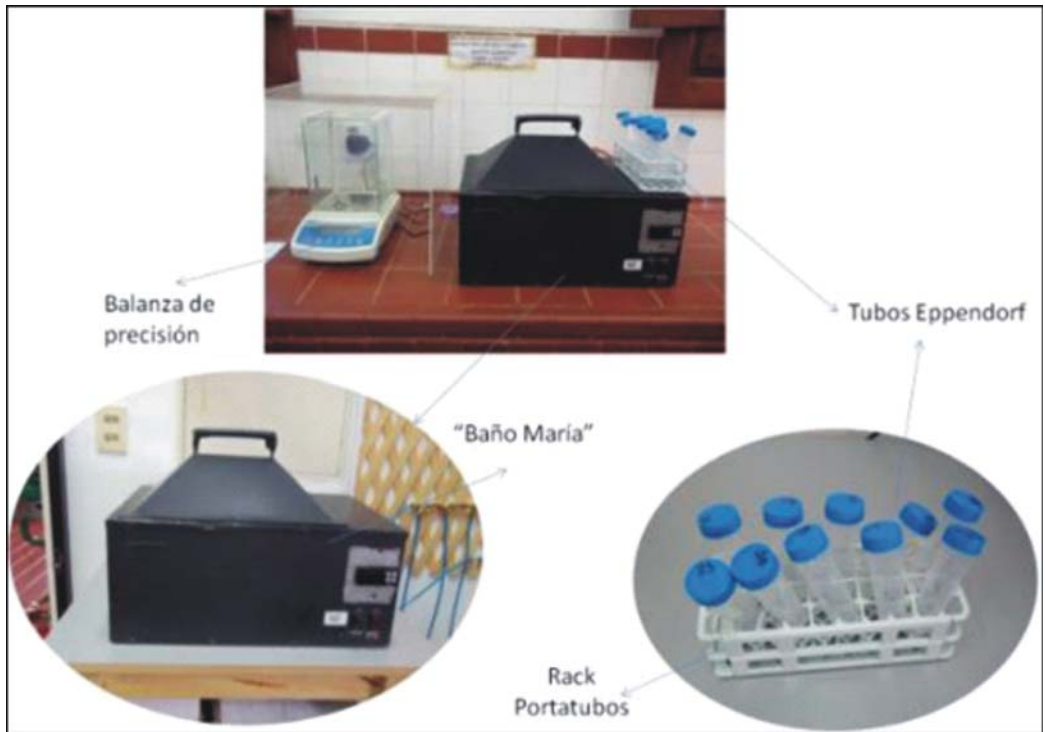


Figura 5. Detalles del «Baño María», tubos Eppendorf y balanza.

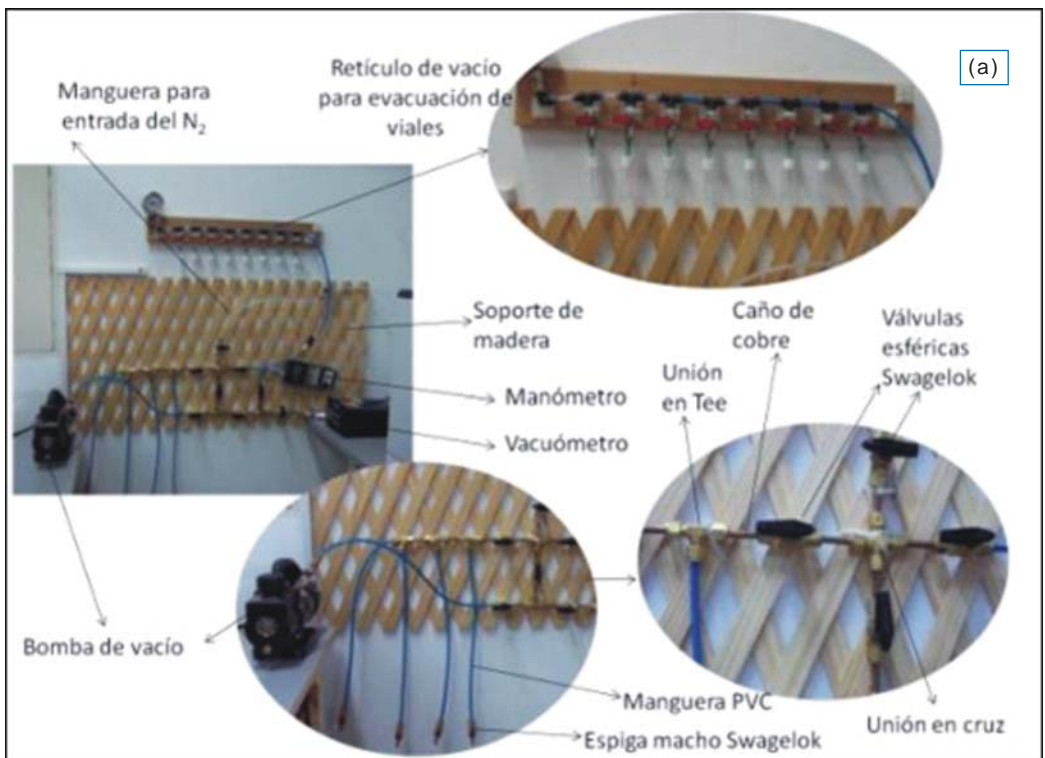




Figura 6. (a) detalles del Retículo de vacío; (b) detalles de Manómetro y Vacuómetro



Figura 7. Tubo de gas N₂ alta pureza y Regulador de presión.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Calibración de Tubos de permeación SF₆ para cálculo de Tasa de Liberación de SF₆ en rumen

- Setear el Baño María a 39 °C al menos cinco semanas antes del comienzo del experimento.
- Pesar los tubos de permeación y colocar cada tubo dentro de un tubo Eppendorf.
- Colocar los tubos en rack porta-tubos y ubicarlos dentro del Baño María a 39 °C.
- Al siguiente día, retirar cada tubo de permeación, registrar su peso y volver a colocar en el tubo Eppendorf y al Baño María (tener precaución de no mojar los tubos pues esto altera su peso). Realizar este procedimiento cada tres días a la misma hora durante las cinco semanas y completar los registros.
- Gráficar el peso de cada tubo de permeación vs. el tiempo y calcular la tasa de liberación expresándola en mg/día. Registrar los valores de la tasa calculada para cada tubo para luego incluirla en los cálculos de emisión de CH₄ al final del experimento.

4.2. Período de adaptación de los animales

- Trasladar los animales a las mangas/cepo o a un lugar adecuado para trabajar con ellos con calma.
- Colocar arnés en cabeza y cuello del animal. Ajustar velcros y hebilla. Complementar ajuste con sunchos plásticos.
- Colocar caño de plástico corrugado alrededor del cuello, por detrás de las orejas, y sujetarlo al arnés con sunchos plásticos. Dejar a los animales con arnés y caño corrugado colocados por al menos tres días para que se adapten a la presencia de objetos extraños sobre su cuello y cabeza (Figura 8).
- Observar la respuesta de los animales a la presencia de arnés y caño corrugado e identificar y descartar animales de temperamento fuerte o con alguna característica que no permita su inclusión en la experimentación.
- Retirar los caños corrugados al final de este período de adaptación.

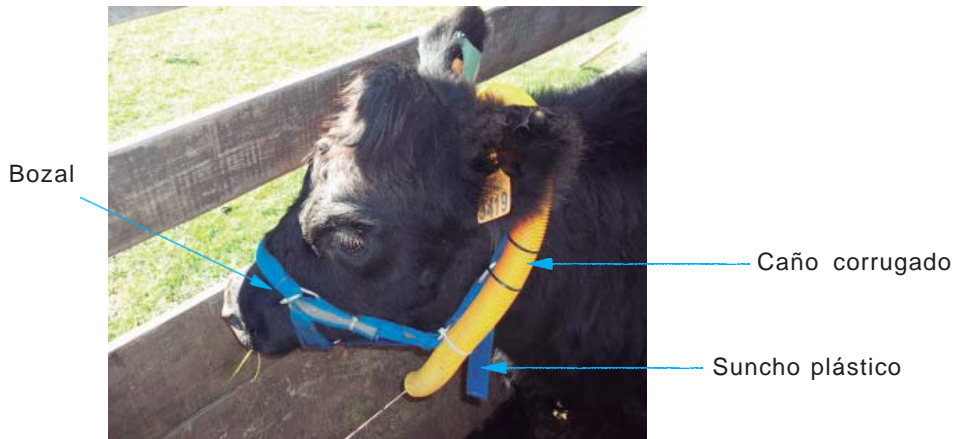


Figura 8. Disposición de implementos en los animales durante período de adaptación.

4.3. Colocación de Tubos de Permeación de SF₆ en el rumen

- Realizar este procedimiento al menos 10 días antes del inicio del experimento para lograr una estabilización de la concentración de SF₆ en el rumen.
- Utilizar tubos de permeación calibrados con tasa de permeación conocida (Figura 9a).
- Colocar el tubo de permeación en el lanza-bolo e introducirlo en la boca del rumiante, expulsarlo, y asegurarse que el animal tragó el tubo (Figura 9b).
- Registrar identificación del animal y del tubo de permeación introducido en el mismo.



Figura 9. (a) Tubos de permeación rellenos de SF₆; (b) El tubo de permeación es suministrado al animal utilizando lanza-bolo.

4.4. Preparación de Recipientes Colectores de Metano

- Colocar acople hembra Swagelock en rosca del recipiente colector utilizando cinta teflón. La cinta teflón debe dar varias vueltas para evitar potenciales pérdidas de gas a través de esta unión.
- Realizar vacío en cada recipiente colector: para esto conectar cada cilindro al retículo de vacío (conexión acople hembra del recipiente con macho de la espiga del retículo), encender bomba de vacío hasta que el manómetro indique 0,5 a 0 mbar.
- Chequear estanqueidad (i.e. conservación del vacío efectuado) de los recipientes colectores. Para esto, dos días después del vaciado conectar los recipientes evacuados al retículo de vacío y chequear su presión con el vacuómetro. La presión no debe ser superior a 0-0.5 mbar. Seleccionar sólo aquellos recipientes que mantuvieron estanqueidad. Los que no mantuvieron estanqueidad deben ser reparados y se vuelve a repetir el procedimiento hasta que mantengan el vacío o de lo contrario se deben descartar.
- Limpiar los recipientes recolectores seleccionados con gas Nitrógeno y volver a evacuar. Para esto conectar cada recipiente al retículo de vacío habilitando las llaves de entrada del N₂ y llenar hasta que el manómetro indique un valor de 1000-1200 mbar; cerrar llave de pasaje del N₂ y volver a evacuar nuevamente los recipientes.

4.5. Preparación y Ajuste de Restrictores de Flujo

- Ajustar entrada de aire o conductancia (**C**, mL s⁻¹) de cada restrictor/ regulador para llenar el recipiente colector de volumen 0.5 L (**V**) según período de colección de gas (**T**, días) a realizar en el experimento, con el objetivo de alcanzar una presión final (**Pf**, mbar) en el recipiente colector de 500 (+/- 100) mbar.

Para esto: 1. Calcular la **C** óptima necesaria para el experimento utilizando la ecuación:

$$C = (V/p_0) * (\Delta p / \Delta T) \text{ (Gere, 2012);}$$

Ejemplo: V=500 mL, Pf=500 mbar, T= 5 días (=432000 segundos)

$$C_{\text{ejemplo}} = (500 * 500) / 432000 = 0.579 \text{ mL/s}$$

- Medir la **C** de cada restrictor. Para esto conectar cada restrictor directamente al retículo de vacío, de volumen conocido, con el vacuómetro encendido; encender la bomba de vacío y evacuar el sistema; una vez evacuado el retículo, cerrar la llave de paso que conecta al restrictor; tomar el tiempo, con cronómetro, en que la presión mostrada por el

vacuómetro logra un incremento de 1 mbar; calcular **C** utilizando el **V** del retículo, **P**= 1 mbar y el **T** cronometrado; **4.** Ajustar suavemente (apretar/aflojar) el tapón de cabeza hexagonal de cada restrictor para incrementar o reducir su **C** hasta lograr igualarla a la **C** óptima calculada para el experimento. **5.** Una vez alcanzada la **C** óptima, desconectar el restrictor del retículo y conectarlo a un recipiente colector ya evacuado; **6.** A las 24 horas, retirar el restrictor del recipiente y conectar el recipiente directamente al retículo y medir su presión para chequear si el aumento de presión lograda en un día coincide con el aumento de presión deseado para un día (**Pf/T**) del experimento. **6.** Repetir esta operación hasta lograr la tasa de entrada objetivo.

- Preparar mangueras de PVC de 50 cm de largo aprox.: colocar en un extremo el restrictor de aire con su **C** ya ajustada (utilizando tuerca acero 5/16 pase fino) y en el otro extremo la espiga o conector macho Swagelok (utilizar virola y ajustar mediante 1 y ¼ vuelta la tuerca de la espiga Swagelok), lo cual utilizará luego para conectar a la hembra del recipiente colector.

4.6 Colocación de los Recipientes Colectores de Metano en los animales

- Numerar los porta-tubos.
- Insertar cada recipiente colector en un porta-tubo ya numerado.
- Utilizar dos porta-tubos con recipientes colectores por animal.
- Colocarlos a cada lado de la cabeza/cuello del animal sujetándolos al arnés con los broches del porta-tubo. Utilizar sunchos plásticos para dar mayor seguridad (Figura 10).
- Conectar la espiga (conector macho) de la manguera de PVC con la entrada hembra del recipiente colector.
- Pasar la manguera hacia el otro costado del animal sujetándola al arnés con sunchos plásticos y colocar el otro extremo de la manguera de PVC (restrictor de entrada de aire) bien cerca de los ollares del animal dentro de un trozo de caño transparente de PVC. Este caño debe estar sellado en un extremo con tela impermeable al agua y permeable al aire. El caño de PVC estará sujeto al soporte de cuero enganchado al arnés (Figura 10 y 11).
- Registrar identificación (número) del animal, número de porta-tubos y recipiente colector correspondiente, número de restrictor correspondiente a cada recipiente, día y hora de instalación.



Figura 10. Detalles de la colocación del recipiente colector en su porta-tubos y restrictores de flujo.



Figura 11. Animales con arnés, recipientes colectores y restrictores de flujo.

4.7 Retiro de recipientes colectores, extracción de muestras y stock de submuestras.

- Al final del período de colección de gas establecido para el experimento, retirar conjuntamente los recipientes colectores con los acoples, mangueras PVC y restrictores de aire.
- Desconectar, del recipiente colector, la espiga de la manguera de PVC con restrictor.
- Chequear estado de recipientes, acoples y mangueras. Descartar materiales con averías que hayan dificultado la colecta de gas.
- Conectar cada recipiente colector al retículo de vacío, medir su presión utilizando el manómetro y registrar valor en mbar (Presión inicial, **Pi**). Descartar los recipientes con valores de presión próximos al valor de presión atmosférica.
- Los recipientes colectores que presentaron adecuada presión post colecta deben ser sobrepresurizados con N₂. Para esto, conectar cada recipiente al retículo de vacío y habilitar las llaves de entrada del N₂ y llenar cada recipiente colector (1000-1200 mbar aprox.). Registrar valor de presión (Presión final, **Pf**)
- Elaborar un «adaptador» o pieza de acople al recipiente colector que permita la extracción de la muestra desde el recipiente y el llenado de los viales, los cuales serán luego utilizados para el análisis de la muestra en el cromatógrafo de gases (GC). Esto se puede realizar utilizando una manguera de PVC (TPU 6*1 10 bar, de 1/4 pulgada) de 50 cm aprox. En un extremo colocarle espiga o conector macho Swagelock; en el otro extremo colocar una mariposa de tres vías: vía 1 conectada a manguera PVC, vía 2 conectada a una jeringa de 20 mL, y vía 3 conectada a una aguja (Figura 12).
- Luego de armado el «adaptador», conectar la espiga del «adaptador» al acople hembra del recipiente colector con la mariposa de tres vías con el pasaje de aire cerrado hacia jeringa y aguja.
- Para extraer cada submuestra: 1. habilitar con la mariposa el pasaje de aire del recipiente colector hacia la jeringa hasta que complete los 20 mL, y cerrar mariposa; 2. insertar la aguja en la septa de un vial de 12 mL previamente vaciado; 3. abrir el pasaje de la muestra de la jeringa hacia el vial (a través de la aguja) y cerrar luego que la jeringa vació su contenido en el vial; 4. retirar el vial (el mismo quedará a sobrepresión), y 5. identificar el número de cada vial, asociado al número de recipiente/muestra.
- Repetir esta operación tantas veces como submuestras se planifican obtener (recomendable de 3 a 5 submuestras).

- Descartar la primer submuestra extraída ya que el volumen residual de la manguera puede alterar las concentraciones.
- Importante: mientras se están colectando las submuestras de un recipiente colector para pasarlas a los viales, nunca retirar ni el «adaptador» ni la mariposa con sus vías.
- Enviar los viales conteniendo las submuestras a sobrepresión para el análisis de su concentración de CH_4 y SF_6 por cromatografía gaseosa.

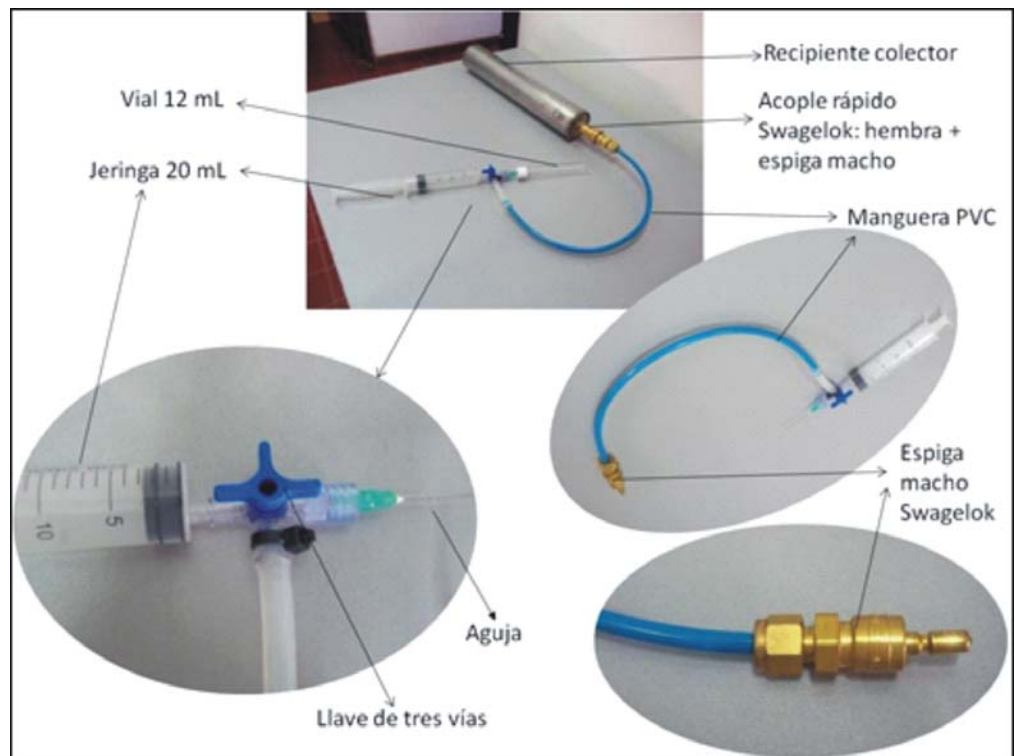


Figura 12. Detalles del «Adaptador» utilizado para submuestrear el gas contenido en el recipiente colector y pasarlo a viales de vidrio.

4.8. Limpieza de recipientes colectores y re-acondicionamiento

- Realizar vacío en cada recipiente colector: para esto conectar cada recipiente al retículo de vacío (conexión acople hembra del recipiente con macho de la espiga del retículo), encender bomba de vacío hasta que el vacuómetro indique 0,5 mbar (Figura 13).
- Antes de volver a utilizar los recipientes colectores limpiarlos con gas Nitrógeno y volver a evacuar. Para esto dejar conectados los recipientes al retículo de vacío habilitando las llaves de entrada del N_2 y llenar hasta que el manómetro indique un valor no menor de 1000-1200 mbar; volver a evacuar nuevamente los recipientes.
- Esta operación se puede repetir hasta tres veces para minimizar los niveles residuales de CH_4 y SF_6 en el recipiente colector.

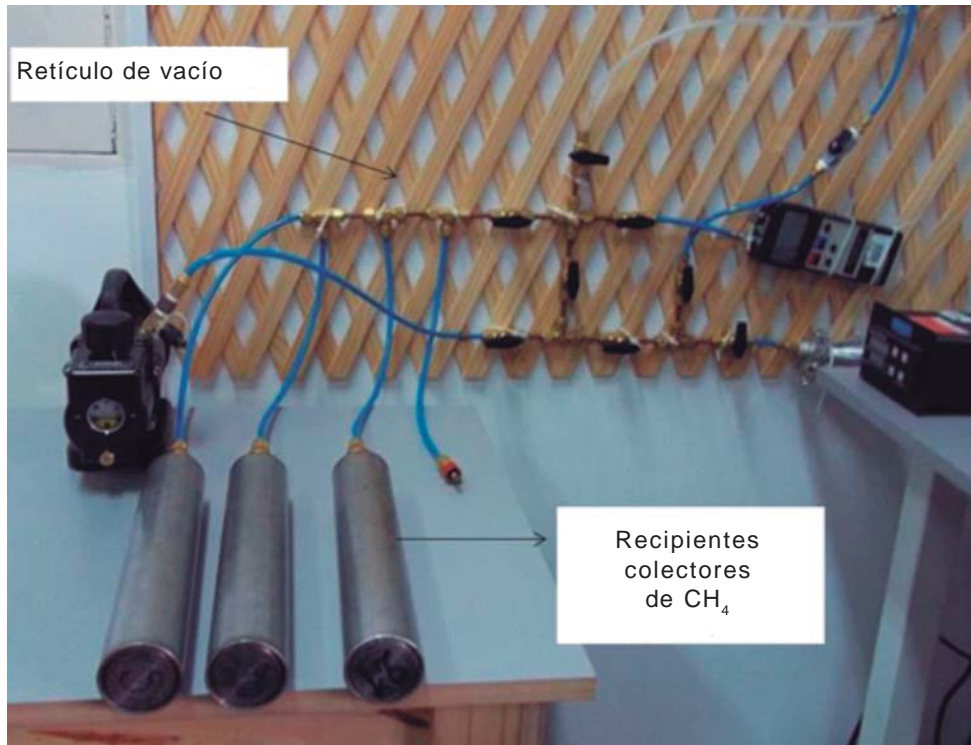


Figura 13. Recipientes colectores de metano conectados al retículo de vacío para ser evacuados y limpiados con N_2 .

Nota 1. Es necesario la inclusión en el estudio de al menos un recipiente colector «control» colocado en un sitio cercano al experimento para conocer los valores atmosféricos de $[CH_4]$ y $[SF_6]$, que luego permitirán calcular en forma correcta la emisión de CH_4 de cada animal.

Nota 2. Es recomendable la inclusión en el estudio de 1 ó 2 «animales control»: se les colecta el CH_4 al igual que el resto de los animales en experimentación pero no se los dosifica con tubo de permeación de SF_6 .

5. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE CH_4

- Disponer de la tasa de liberación de SF_6 ($SF_{6\ TL}$) de cada tubo de permeación correspondiente a cada animal (ver más arriba, punto 4.1).
- Disponer de los valores de concentración de CH_4 (ppm) y de SF_6 (ppt) de cada submuestra colectada en viales y analizadas por cromatografía gaseosa.
- Calcular factor de corrección (**FC**) de las concentraciones (debido a la dilución realizada por la sobrepresurización de los recipientes colectores con N_2) utilizando **Pi** y **Pf** (ver punto 4.7): **FC= Pf/Pi**. Multiplicar cada concentración por **FC**.
- Una vez corregidas las concentraciones de CH_4 y SF_6 entéricos ($CH_{4\ ent}$ y $SF_{6\ ent}$) de las submuestras colectadas de los animales y las concentraciones del recipiente control ($CH_{4\ atm}$ y $SF_{6\ atm}$), calcular la emisión

diaria de CH₄ entérico utilizando la siguiente ecuación que incluye la corrección por los pesos moleculares de cada gas (PM CH₄ = 16 y PM SF₆ = 146):

$$\text{CH}_4 \text{ (g día}^{-1}\text{)} = \text{SF}_6 \text{ TL (mg día}^{-1}\text{)} * \left[\frac{\text{CH}_4 \text{ cont.} - \text{CH}_4 \text{ atm. (ppm)}}{\text{SF}_6 \text{ cont.} - \text{SF}_6 \text{ atm. (ppt)}} \right] * \left[\frac{16 \text{ (PM CH}_4\text{)}}{146 \text{ (PM SF}_6\text{)}} \right] * 1000$$

6. REFERENCIAS

- Gere J.** 2012. La técnica de trazado por SF₆ para medir emisiones de metano de rumiantes en pastoreo: Desarrollos metodológicos y algunas aplicaciones. Tesis Doctoral. Tandil, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas. UNCPBA. 142 p.
- Gere J, Gratton R.** 2010. Simple, Low-Cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. Latin American Applied Research. 40: 377-382.
- Grainger C, Clarke T, McGinn S, Auldism M, Beauchemin K, Hannah M, Waghorn G, Clark H, Eckard R.** 2007. Methane Emissions from Dairy Cows Measured Using the Sulfur Hexafluoride (SF₆) Tracer and Chamber Techniques. Journal of Dairy Science. 90: 2755-2766.
- Johnson K, Westberg H, Michal J, Cossalman M.** 2007. The SF₆ tracer technique: methane measurement from ruminants. In: Measuring Methane Production from Ruminants. Makkar H, Vercoe P. <http://www.ansci.wsu.edu/People/johnson/Documents/SF6Technique.pdf>.
- Johnson K, Johnson D.** 1995. Methane emissions from cattle. Journal Animal Science. 73: 2483-2492.
- Lasey K, Ulyatt M, Martin R, Walker C, Shelton I.** 1997. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. Atmospheric Environment. 31: 2905-2914.
- Woodward S, Waghorn G, Laboyrie P.** 2004. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from dairy cows. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 64: 160-164.

INIA Dirección Nacional

Andes 1365, P. 12
Montevideo
Tel.: 598 2902 0550
Fax: 598 2902 3633
iniadn@dn.inia.org.uy

INIA La Estanzuela

Ruta 50, Km 11
Colonia
Tel.: 598 4574 8000
Fax: 598 4574 8012
iniale@le.inia.org.uy

INIA Las Brujas

Ruta 48, Km 10
Canelones
Tel.: 598 2367 7641
Fax: 598 2367 7609
inia_lb@lb.inia.org.uy

INIA Salto Grande

Camino al Terrible
Salto
Tel.: 598 4733 5156
Fax: 598 4732 9624
inia_sg@sg.inia.org.uy

INIA Tacuarembó

Ruta 5, Km 386
Tacuarembó
Tel.: 598 4632 2407
Fax: 598 4632 3969
iniatbo@tb.inia.org.uy

INIA Treinta y Tres

Ruta 8, Km 281
Treinta y Tres
Tel.: 598 4452 2023
Fax: 598 4452 5701
iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.uy

Anexo 2

Protocolo para determinación de emisiones N-N₂O

Proyecto FONTAGRO

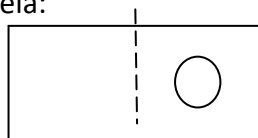
Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Oxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo.

Protocolo para determinación de emisiones N-N₂O

1. Diseño experimental:

- Diseño de bloques completos al azar con 4 ó 5 repeticiones.
- Tratamientos mínimos requeridos:
 - a) Control (-N)
 - b) Orina bovina
 - c) Orina bovina + inhibidor
- Tamaño de parcelas: 2 x 1 m (2m²)
- Cámaras de gases: 1 por parcela (PVC o acero inoxidable)
- Aplicación de tratamientos a parcelas y cámaras previo corte de homogenización.
- Muestreo diferenciado en la parcela (sector para análisis destructivos, sector para determinación de gases-> cámaras) según diagrama.

Parcela:



Distintos muestreos

2. Colecta de muestras de gas

- Muestreo 1 vez al día, 10-13 h (cada país definirá el momento más representativo según curva de emisión diaria de N₂O)
- Uso de viales al vacío previamente etiquetados/identificados.
- Se colectará una muestra de aire atmosférico previo al inicio de colecta de muestras de las cámaras.

- Se colectarán muestras con sobre-presión (30 mL en viales de 22 mL, 10 mL en viales de 6 mL, 15 mL en viales de 10 mL, etc).
- Las muestras se colectarán cada un minuto (tiempo de muestreo entre cámaras).
- Se utilizará una jeringa por cámara.
- Previa colecta de la muestra final en cada cámara, se deberá mezclar el aire en headspace (2 veces).
- Muestreo en tiempos: 0, 20, 40 min.
- Al finalizar el muestreo de cada fecha, retirar tapas de las cámaras.
- Se realizará una medición de gases antes de aplicar los tratamientos (previo a aplicación), esto permitirá tener una estimación de la variabilidad espacial en el sitio del experimento además de tener una idea de la variabilidad de los valores background.
- Las muestras serán equilibradas a presión ambiente previo análisis (con una aguja en un vaso con agua)

3. Muestreo post aplicación de tratamientos

- Primera semana: el primero de estos muestreos se realizará el mismo día de aplicación de tratamientos, inmediatamente después, luego se realizarán 3 muestreos al día 1, 3 y 7 post-aplicación.
- Segunda semana: 3 veces/semana.
- Tercera a quinta semana: 2 veces.
- Sexta semana hasta nivel background: 1 vez a la semana.
- Además se deberá contabilizar por los eventos de lluvia, de manera que se deberá muestrear por 2 ó 3 días, después de un evento mayor a 10 mm (sistemas templados).
- Para cada fecha de muestro se deberá tomar un muestreo para control de linealidad, esto es, muestras en una cámara por tratamiento a los 0, 20, 40, 60 min para verificación de aumento lineal de concentración de N₂O.

4. Otros muestreos

- Descripción del sitio experimental (latitud, longitud, tipo de suelo, textura, tipo de pradera, uso de suelo previo)
- Aire, 2 por fecha de muestreo, para registro de nivel atmosférico.
 - Registro variables climáticas: precipitación y temperatura del aire/día (estación meteorológica)
 - Temperatura al interior de la cámara durante el muestreo.
- Humedad y temperatura de suelo (0-10 cm) por día de muestreo (utilización de sensores).

- Previo a la aplicación de tratamientos, el suelo de cada parcela se muestreará para determinación de % C. Orgánico, pH, densidad aparente, NO_3^- y NH_4^+ (0-10 cm). **Luego se realizará un muestreo continuo por fecha de muestreo en la semana 1 para determinación de NO_3^- y NH_4^+ (0-10 cm).** Durante el período experimental los muestreos de suelo se realizarán una vez en la semana para determinación de NO_3^- y NH_4^+ (0-10 cm).
 - Rendimiento y contenido de N en la pradera, según lo requiera el crecimiento de la misma. Corte y análisis por parcela.
 - En caso de almacenaje de muestras previo análisis en GC, se tomará al menos una muestra de un estándar conocido que será almacenado y analizado bajo las mismas condiciones de las muestras recolectadas, como sistema interno de control de calidad.
5. Gases a analizar y reportar por GC
- N_2O , CH_4 , CO_2
6. Almacenaje de muestras
- De ser necesario el almacenaje de muestras, éstas serán mantenidas a temperatura ambiental, bajo condiciones de oscuridad y evitando fluctuaciones diurnas de temperatura.
 -
7. Colecta de orina bovina
- Ubicar a las vacas en cepo o similar o en antesala del tambo para el caso de bovinos lecheros.
 - Estimular manualmente la vulva y colocar una jarra plástica para coleccionar la orina.
 - Traspasar la orina coleccionada a un recipiente grande (en donde se acumularán todas las orinas) y se homogenizará lo coleccionado.
 - Una vez recolectados los litros de orina necesarios tomar tres muestras de orina de 100 ml, agregar 5 ml de Ac. Sulfúrico (al 5%) a cada una, para inmovilizar el nitrógeno, identificarlas y poner en frío.
 - Llevar dos muestras al laboratorio lo antes posible para análisis de nitrógeno total por metodología de Kjedhal.
 - **Guardar en el freezer al menos una muestra como respaldo.**
 - Traspasar la orina a botellas plásticas.
 - Aplicar la orina dentro de las cámaras instaladas en el campo cubriendo toda la superficie.
 - Aplicar orina en la parcela contigua a la cámara en superficie equivalente a la de la cámara.
 - Llevarse las botellas e higienizarlas para próxima colecta.

Anexo 3

Documentos fotográficos de los Experimentos

1. Fotos de los experimentos de **metano entérico** realizados en los cinco países del consorcio

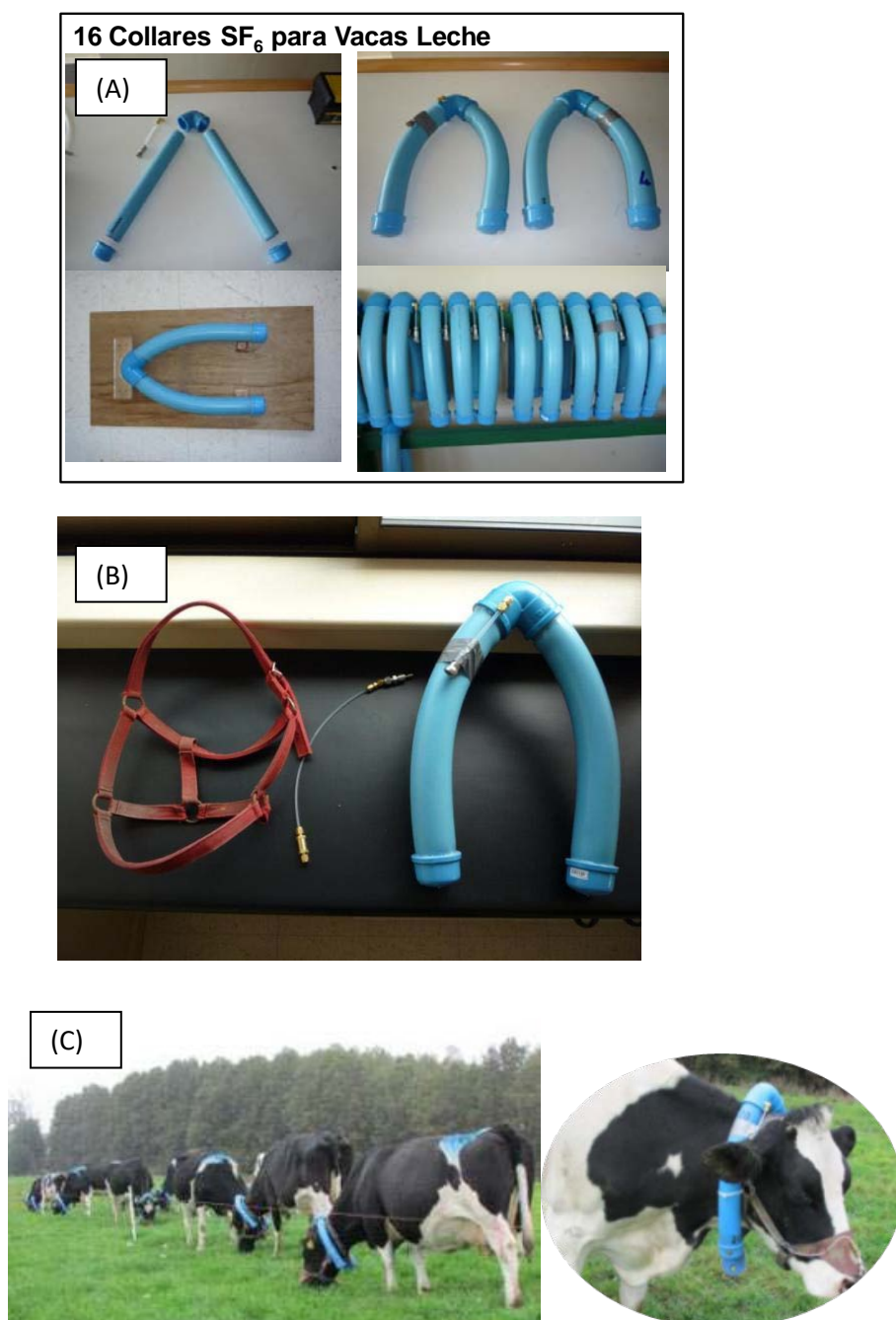


Figura 1. Detalles del experimento de medición de CH₄ entérico en Chile



Figura 2A a 2D. Detalles del experimento de medición de CH₄ entérico en Uruguay



Figura 3A a 3D. Detalles del experimento de medición de CH₄ entérico en Colombia.

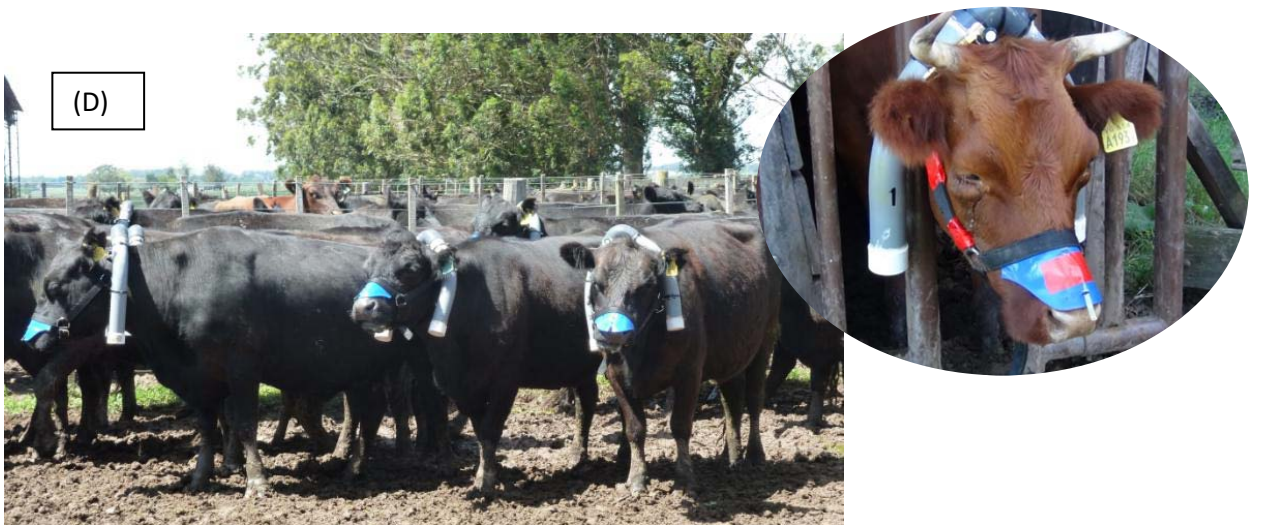


Figura 4A a 4D. Detalle del experimento de medición de CH₄ entérico en Argentina.



Figura 5A a 5C. Detalle del experimento de medición de CH₄ entérico en República Dominicana

2. Fotos de los experimentos de **medición de Óxido Nitroso** realizados en los cinco países del consorcio



Figura 6_ Colecta de orina bovina y medición de gases utilizando las cámaras de flujo cerrado en las cuales fueron aplicados los tratamientos.



Figura 6. Detalles de los experimentos de medición de las emisiones de N_2O llevadas adelante por los cinco países del consorcio. Todos los países utilizaron la metodología manual de las cámaras estáticas de flujo cerrado.



Figura 7. Aplicación de orina bovina en las parcelas y cámaras de los experimentos de N₂O.



Figura 8. Muestreo de suelos en las parcelas ubicadas contiguas a las cámaras y que recibieron los mismos tratamientos que las cámaras.

Anexo 4

Agendas y Reportes de Reuniones Anuales del Proyecto

1. Primera Reunión Interna

Proyecto FONTAGRO (FTG/RF-1028-RG)

“Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Oxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo”

8-9 de marzo de 2012, Colonia del Sacramento, Uruguay

ANTECEDENTES

Países miembros del Consorcio:

Argentina
Chile
Colombia
Nueva Zelanda
República Dominicana
Uruguay

Fuentes de Financiamiento:

FONTAGRO: U\$S 133.000
Gobierno de Nueva Zelanda (MAF): U\$S 367.000

Resumen ejecutivo del proyecto

El calentamiento global del planeta causado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se ha constituido en una de las preocupaciones ambientales más importantes de la actualidad. Las emisiones y absorciones de GEI, causantes del cambio climático, así como los planes y programas de mitigación y adaptación al cambio climático deben ser presentadas periódicamente como Comunicaciones Nacionales al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) por los países en desarrollo que hayan ratificado el Protocolo de Kyoto. Los cinco países integrantes del consorcio, Uruguay, Argentina, Chile, Colombia y República Dominicana, han ratificado el Protocolo de Kyoto entre los años 2001 y 2002 y por lo tanto se han comprometido a elaborar los inventarios de GEI y las correspondientes Comunicaciones Nacionales en forma periódica. El objetivo general de este proyecto es mejorar el posicionamiento de los países integrantes del consorcio, ante el Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC y ante el Mercado Internacional Agrícola, respecto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de su responsabilidad (CH₄ y N₂O). Este objetivo se cumplirá a través de la cuantificación de las emisiones de CH₄ y N₂O del Pastoreo Bovino y de establecer opciones para su mitigación, en función de la realidad productiva de los países integrantes del consorcio. Los objetivos específicos de este proyecto son cinco: 1. Determinación de emisiones de CH₄ entérico y de sus factores de emisión en sistemas extensivos de producción bovina en cada país integrante del consorcio; 2. Evaluar opciones de mitigación de CH₄ entérico para sistemas de producción bovina en base a dietas

con diferente composición y digestibilidad; 3. evaluar el efecto de mitigación de N₂O proveniente de la actividad ganadera bovina a través de dietas basadas en distintos tipos de pasturas y en el uso de compuestos inhibidores de la mineralización del nitrógeno en los suelos; 4. elaborar los factores de emisión de N₂O proveniente de la actividad ganadera bovina y del suelo; y 5. fortalecer las capacidades de investigación en gases con efecto invernadero en los países integrantes del consorcio. La metodología se basará en mediciones de CH₄ en el animal y de N₂O en el campo y se utilizará cromatografía de gases para el análisis de muestras. Se contará con el apoyo de científicos especializados de Nueva Zelanda. Los resultados obtenidos de este proyecto tendrán un impacto altamente positivo para la mitigación de gases de efecto invernadero de los países integrantes del consorcio así como en su posicionamiento ante el IPCC.

OBJETIVO

La primera reunión del proyecto Fontagro integrará a los investigadores participantes del mismo, favorecerá el intercambio de ideas respecto a las estrategias metodológicas a seguir así como el camino para la estandarización de las mediciones de metano y óxido nitroso que se llevará a cabo en el proyecto. Un objetivo clave será la definición de la forma de comunicación interna entre los participantes durante toda la ejecución del proyecto.

PARTICIPANTES

- Guillermo Berra (Argentina)
- Laura Finster (Argentina)
- Miguel Taboada (Argentina)
- Marta Alfaro (Chile)
- Edgar Cárdenas Rocha (Colombia)
- David Pacheco (Nueva Zelanda)
- Pedro Núñez (República Dominicana)
- Pilar Irisarri (Uruguay)
- Oscar Blumetto (Uruguay)
- Yoana Dini (Uruguay)
- Verónica Ciganda (Uruguay)

DINÁMICA DE LA REUNIÓN

La propuesta de la agenda es trabajar en base a dos módulos temáticos y un módulo de gestión/coordinación del proyecto. Los módulos temáticos (Módulo 1. Metano y Módulo 2. Óxido Nitroso) tendrán un componente de presentaciones sobre trabajos en marcha o pasados y un componente de “Mesa redonda” moderada por un investigador y en la cual se espera que todos los investigadores participen activamente a fin de definir la estrategia metodológica que se llevará a cabo en cada país miembro del consorcio. La Mesa Redonda será culminada por una breve síntesis a cargo de uno de los investigadores en la que quedarán pautados los pasos a seguir en el corto plazo.

Agenda de trabajo para la reunión 8 al 9 de marzo de 2012, Colonia del Sacramento, Uruguay

Jueves 8 de marzo de 2012

Mañana

Hora	Tema	Responsable
8:30	Bienvenida Presentación de Asistentes Repaso técnico-financiero de propuesta Fontagro	Verónica Ciganda

Módulo 1. Metano		
9:00 (20 min c/u + 5 min preguntas)	Experiencia en Mediciones CH4 entérico, técnica SF6 en distintos países	David Pacheco Edgar Cárdenas Marta Alfaro
10: 15	Experiencia en Mediciones CH4 entérico, técnica Telemétrica	Guillermo Berra
<i>10:40 – 11:00</i>	<i>Coffee break</i>	
11:00	Mesa redonda “Estandarización de las mediciones de CH ₄ en los países del proyecto” *Estrategias metodológicas *Adquisición de instrumental *Consultorías/Cursos *Cromatografía Otros detalles	Moderador: Edgar Cárdenas
12:15	Síntesis	Guillermo Berra
<i>12:30 – 13:30</i>	<i>Almuerzo</i>	

Tarde

Módulo 2. Óxido Nitroso		
Hora	Tema	Responsable
13:30 (15 min c/u + 5 min preguntas)	Experiencias en Mediciones de N2O en distintos países	Marta Alfaro Verónica Ciganda Pedro Nuñez Miguel Taboada
14:50	Mesa redonda “Estandarización de las mediciones de N2O en los países del proyecto” *Estrategias metodológicas *Adquisición de instrumental. *Consultorías/Cursos. *Cromatografía Otros detalles	Moderador: Pedro Núñez
16:00	Síntesis	Miguel Taboada
<i>16:20 – 16:40</i>	<i>Coffee break</i>	

Módulo 3. Comunicación Interna del Proyecto
--

16:40	Diseño y Elaboración de Database Otros detalles Preguntas	Verónica Ciganda
17:15	<i>Fin del día uno</i>	

Viernes 9 de marzo de 2012

Día dos

Mañana

<i>Continuación Módulo 3. Comunicación Interna del Proyecto</i>		
Hora	Tema	Responsable
8:30	Elaboración Informes técnicos – financieros anuales a Secretaría Fontagro. Manejo administrativo del proyecto.	Verónica Ciganda
9:00	Publicaciones del proyecto	Marta Alfaro
9:30	Desarrollo Página Web Proyecto	Edgar Cárdenas
10:00	Estudiantes de posgrado/grado – Pasantías entre los países.	Pedro Núñez
<i>10:30 -11:00</i>	<i>Coffee break</i>	
11:00	Lugar y fecha de cursos y consultorías	Laura Finster
11:30	Definición de lugar, fecha y objetivo de próxima reunión	Guillermo Berra
<i>12:00 – 13:30</i>	<i>Almuerzo</i>	

Tarde

Hora	Tema	Responsable
13:30	Salida a visita a Estación Experimental La Estanzuela.	
14:00	Bienvenida	Director Ing. Agr. Enrique Fernández
14.30	Recorrida de experimentos e instalaciones.	
16:30	<i>Coffee / Fin de la Reunión</i>	
17:15	<i>Regreso a Colonia del Sacramento</i>	

Fontagro Project
First Meeting Summary

FONTAGRO Latin America Project

**CLIMATE CHANGE AND BEEF CATTLE PRODUCTION: QUANTIFICATION AND
MITIGATION OF METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM GRAZING
BEEF CATTLE.**

Meeting Date: 03/8-9/2012

Meeting Location: Colonia, Uruguay

1 ATTENDANCE

	Name	Organization	Country	Present
1	Laura Finster	INTA	Argentina	Yes
2	Guillermo Berra	INTA	Argentina	Yes
3	Miguel Taboada	INTA	Argentina	Yes
4	Marta Alfaro	INIA	Chile	Video-Skype
5	Erika Vistoso	INIA	Chile	Video-Skype
6	Camila Muñoz	INIA	Chile	Video-Skype
7	Edgar Cárdenas	UNAL	Colombia	Yes
8	David Pacheco	AgResearch	New Zealand	Yes
9	Pedro Nuñez	IDIAF	Dominicana Republic	Yes
10	Pilar Irisarri	UdelaR	Uruguay	Yes
11	Yoana Dini	UdelaR	Uruguay	Yes
12	Oscar Blumetto	INIA	Uruguay	Yes
13	Verónica Ciganda	INIA	Uruguay	Yes

Meeting Location

Building: Radisson Hotel, Colonia del Sacramento, URUGUAY

2 AGENDA

The meeting was developed based on three modules of discussion:

- Methane (Day 1)
- Nitrous Oxide (Day 1)
- Project Communication and Coordination (Day 2)

The thematic modules (Methane and Nitrous Oxide) started with presentations of past or current research experience offered by some of the participants. The presentations were followed by a round-table discussion among all participants in order to define the methodology strategies to be used on each country of the consortium and the post-meeting action items and responsibilities. Some of the items discussed in the round-table were: instrumental acquisition, methodology protocols, courses to be taken, consultants, Chromatography.

On the afternoon of Day 2, all project members participated on a field day visiting the experimental station INIA-La Estanzuela. Several experiments were visited as the long term crop-pasture rotation experiment, the N₂O soil emission experiments and the feedlot runoff experiment. Also, the soil laboratory was visited.

- **Day one**

- **Methane**

Under this module four presentations were offered:

Three of them based on research experience with the SF₆ technique:

The experience in **Colombia** (Edgar Cárdenas)

The experience in **Chile** (Camila Muñoz), via Skype.

The experience in **NZ** (David Pacheco)

One of the presentations showed the experience using the incipient Telemetric Technique:

Guillermo Berra, **Argentina**.

○ **Nitrous Oxide**

Under this module four presentations were offered:

- The experience in **Chile** (Marta Alfaro)
- The experience in **Argentina** (Miguel Taboada)
- The experience in **Dominicana Republic** (Pedro Nuñez)
- The experience in **Uruguay** (Verónica Ciganda)

○ **Project Communication and Coordination**

Several topics led by one of the participants were discussed regarding the internal communication and coordination of the project:

- Design and elaboration of the Project Database (led by Verónica Ciganda)
- Elaboration of annual technical reports for FONTAGRO Secretariat (led by Verónica Ciganda)
- Administrative Management of the project (led by Cecilia Salvagiot, from INIA administration)
- Publications as products of the Project (led by Marta Alfaro)
- Web page development (led by Edgar Cárdenas)
- Grad and undergrad students for the project- Internships among the countries of the consortium (led by Pedro Nuñez).
- Date and place of courses and consultancies (led by Laura Finster).
- Date, place and objective of next meeting (led by Guillermo Berra).

3 POST MEETING ACTION ITEMS

Action	Assigned To	Deadline
Elaboration of a list of any consumables available and needed on each country to implement the SF6 technique. A cooperative system among countries will be enhanced.	Guillermo Berra	05/31/2012
Elaboration of a protocol and instruments standardization for SF6.	Guillermo Berra, Edgar Cárdenas	05/31/2012
Elaboration of a work document about the permeation tubes for the implementation of SF6 technique based on international peer reviewed publications.	Edgar Cárdenas	06/30/2012
Consultation with experts (e.g. Dr. Lassey) regarding IPCC minimum experimental design requirements.	David Pacheco	05/31/2012
Information and quotations already received will be share	Verónica Ciganda	03/31/2012

with Argentina and other countries interested.		
Elaboration of a simple protocol establishing the needs and procedures to start with N2O experiments to distribute among the countries of the consortium	Marta Alfaro and Verónica Ciganda	05/31/2012
Elaboration of individual country proposal of experimental design. Proposals will be share within the consortium.	Guillermo Berra, Miguel Taboada, Marta Alfaro, Edgar Cárdenas, Pedro Nuñez, Verónica Ciganda	06/30/2012
Consultation and incorporation of current database system used in NZ.	David Pacheco	05/31/2012
Elaboration of a web page of the project accessible through UNAL domain.	Edgar Cárdenas	05/31/2012
Confirmation of visiting dates of Dr. Saggari in Chile to organize a workshop as part of the project.	Marta Alfaro	03/31/2012

4 DECISIONS MADE

METHANE MODULE

- Argentina, Colombia and Chile will start with the implementation of the SF6 technique in year 1 of the Project.
- Uruguay and Dominican Republic will start to implement the SF6 technique in year 2 of the project
- Each country of the consortium will have its own experimental design and the number (n) and age of the animals included will follow the IPCC minimum experimental design requirements.
- Experimental and sampling periods: each country will try to follow at least a 15 day period of animal habituation to the diet + a minimum of 5 days of daily CH4 measurements.
- Some of the budget assigned to the telemetric technique will be asked to be re-assigned to implement the SF6 technique. In principle, such technique will be validated only in Argentina.
- Argentina and Uruguay will push to install the same kind of Gas Chromatographs in order to minimize sources of variation in sample analysis.
- The chromatographs installed in Uruguay and Argentina in the frame of the project will be offered for sample analysis to those countries of the consortium that do not have the capability to analyze the air samples for N2O, CH4 and SF6.
- A laboratory intercalibration will be performed periodically within the consortium and with international reference laboratories.
- One scientific publication on Methane will be a product of the project as a whole.
- Each country will make its own publications on country specific CH4 Emission Factors
- CH4 experimental results will be presented in national events as well as in at least one international (Ireland 2013).

-
- At least one article on CH₄ in an extension national publication

NITROUS OXIDE MODULE

- All the countries of the consortium will incorporate the closed flux chamber methodology for the N₂O Studies. However, each country will define the type of chamber and treatments applied. Urine bovine will always be included as one of the treatments.
- One scientific publication on Nitrous Oxide will be a product of the project as a whole.
- Each country will make its own publications on country specific N₂O Emission Factors
- N₂O experimental results will be presented in national events as well as in at least one international (Ireland 2013).
- At least one article on N₂O in an extension national publication

A general decision was made regarding the search of and application to external funding (LEARN, ANIMALCHANGE, others) to get financial assistance to organize courses, workshops and consultancies. The objective is to save that money while increasing the assignment of money of the project on salaries for field or lab technicians.

5 NEXT MEETING

Next Meeting: **Colombia** (Precise location and date to be defined)

2. Segunda Reunión Interna

Proyecto FONTAGRO (FTG/RF-1028-RG)

“Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Oxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo”

2-4 de mayo de 2013, Villavicencio, Colombia.

- **Lugar de reunión:** Centro de Investigaciones de CORPOICA – La Libertad (a 5 km del Centro vacacional y 18 km de Villavicencio).
- **Hospedaje:** Centro Vacacional Campestre (a 13 km de la ciudad de Villavicencio)
- **Traslados:** La ciudad de llegada y encuentro de los participantes será Bogotá (2600 msnm), el día 1° de mayo a las 16 hrs, teniendo como punto de encuentro el **Hotel San Pablo**. Desde allí todos los participantes nos trasladaremos por tierra hacia Villavicencio (3 - 5 horas, 350 msnm). La organización del traslado estará a cargo de la contraparte Colombia. **El retorno a Bogotá será el día sábado 4 de mayo a las 16:30 (3-5 horas de viaje).**
Nota: Por favor no programar vuelos para el 4 de mayo por incertidumbre sobre estado de la vía, por tanto se recomienda que compren los vuelos con salida el 5 de mayo. Se hará reservas para la noche del 4 de mayo en el Hotel San Pablo (Bogotá).

OBJETIVO

La segunda reunión del proyecto Fontagro se focalizará en los avances experimentales durante el año 1 de ejecución del proyecto en los cinco países y favorecerá el intercambio de ideas respecto a mejoras metodológicas y de gestión posibles de incorporar al proyecto. Esta reunión tendrá un énfasis especial en los experimentos de metano entérico, para lo cual se contará con la presencia de expertos de Nueva Zelanda.

PAÍSES E INVESTIGADORES PARTICIPANTES

PAÍS	INVESTIGADOR
Argentina	Guillermo Berra
Chile	Marta Alfaro
Colombia	Edgar Cárdenas Rocha Juan Carulla Otoniel Pérez Jaime Garzón Julián
Nueva Zelanda	David Pacheco (vía Skype) César Pinares
Republica Dominicana	Gregorio García Joaquín Caridad
Uruguay	Verónica Ciganda Yoana Dini (vía Skype)

DINÁMICA DE LA REUNIÓN

La propuesta de la agenda es trabajar, al igual que en la 1era reunión del Proyecto, en base a dos módulos temáticos y un módulo de gestión/coordinación del proyecto. Los módulos temáticos (Óxido Nitroso y Metano Entérico) tendrán un componente de presentaciones sobre los avances logrados en el año 1 del proyecto en cada país y un componente de “Mesa redonda” moderada por un investigador y en la cual se espera que todos los investigadores participen activamente a fin de contribuir a mejorar la ejecución de actividades durante el Año 2. La Mesa Redonda será culminada con una breve síntesis a cargo de uno de los investigadores en la que quedarán resumidos los aprendizajes, principales dificultades planteadas y alternativas para superarlas. El Módulo de Metano Entérico, se extenderá durante todo el día 2 y parte del día 3 ya que se contará con expertos de Nueva Zelanda que estarán contribuyendo al proyecto.

Agenda de Trabajo
2 al 4 de mayo de 2013, Villavicencio, Colombia

Jueves 2 de mayo de 2013

Hora	Tema	Responsable
9:00	Bienvenida Presentación de Asistentes Repaso general de avance de actividades planificadas 1era Reunión.	Ruben Valencia (Dir CI-La Libertad) -Edgar Cárdenas Verónica Ciganda

Módulo 1. Avances Generales y Situación Financiera		
Hora	Tema	Responsable
9:30	Informe Financiero Año 1	Verónica Ciganda
10:00	Publicaciones, Workshops y Cursos realizados.	Marta Alfaro
10:20	Estudiantes de posgrado/grado y pasantías ofrecidas y realizadas en cada país.	Pedro Núñez
10:40	Avances en Página Web	Edgar Cárdenas
10:40 -11:00	<i>Coffee break</i>	
11:00	Mesa Redonda: “Debilidades y fortalezas encontradas y aportes para la mejora de la gestión del proyecto ” <i>*Debilidades/fortalezas por país y general.</i> <i>*Aportes/alternativas de mejora.</i>	Moderador: Laura Finster
11:45	Definición de lugar, fecha y objetivo de próxima reunión	Guillermo Berra
12:00:13:15	<i>Almuerzo</i>	

Módulo 2. Óxido Nitroso		
13:30 (25 min c/u + 5 min preguntas)	Avances experimentales en: Argentina Chile Colombia	Miguel Taboada Marta Alfaro Edgar Cárdenas /Juan Carulla
15:00 – 15:30	<i>Coffee break</i>	
15:30 (25 min c/u + 5 min preguntas)	Avances experimentales en: República Dominicana Uruguay	Pedro Nuñez Verónica Ciganda
16:30	Mesa redonda “Principales debilidades/fortalezas y alternativas para mejorar la ejecución de actividades en Óxido Nitroso en el Año 2”	Moderador: Edgar Cárdenas
17:15	Síntesis	Marta Alfaro
17:30	Fin del Día 1	

Viernes 3 de mayo de 2013

Módulo 3. Metano Entérico		
Hora	Tema	Responsable
8:45 (25 min c/u + 5 min preguntas)	Avances experimentales en: Colombia Uruguay Chile Argentina	Edgar Cárdenas Yoana Dini Marta Alfaro Guillermo Berra
10:45 – 11:15	<i>Coffee break</i>	
11:15	Mesa redonda “Principales debilidades/fortalezas y alternativas para mejorar la ejecución de actividades en Metano Entérico en el Año 2”	Moderador: Pedro Núñez
12:15	Síntesis	Guillermo Berra
12.30 – 13:45	<i>Almuerzo</i>	
14:00 (30 c/u +10 min preguntas)	Logros y problemáticas de la técnica SF6 a nivel mundial / Últimos avances técnica del SF6 en NZ Principales aspectos prácticos a tener en cuenta para el éxito de la técnica del SF6	César Pinares César Pinares
15:20	Técnicas medición de consumo a emplear bajo pastoreo	Juan Carulla/César Pinares
16:00 – 16:30	<i>Coffee break</i>	
16:30	Cálculos para la estimación de emisiones de metano basado en las concentraciones de SF6	César Pinares
17:00-17:30	Ronda de Preguntas y Consultas	
19:00	Comida típica Llanos orientales (Villavicencio)	Edgar Cárdenas

Sábado 4 de mayo de 2013

Módulo 3. Metano Entérico		
Hora	Tema	Responsable
8:00	Visita a Campo/laboratorio Demostración “hands-on” de técnica SF6	Edgar Cárdenas César Pinares
10:00 – 10:30	<i>Coffee break</i>	
10:30	Visita a campo/laboratorio Demostración “hands-on” de técnica SF6 Pasturas de los Llanos Orientales y experimentos N ₂ O	Edgar Cárdenas César Pinares Otoniel Perez/Jaime Garzón
12.30 – 13:45	<i>Almuerzo</i>	

14:00-16:30	Visita a Parque Zoológico Los Ocarros	Edgar Cárdenas
16:30	Retorno a Bogotá	

Fontagro Project
Second Meeting Summary

FONTAGRO Latin America Project

**CLIMATE CHANGE AND BEEF CATTLE PRODUCTION: QUANTIFICATION AND
MITIGATION OF METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM GRAZING
BEEF CATTLE.**

Meeting Date: 05/2-4/2013

Meeting Location: Villavicencio, Colombia

6 ATTENDANCE

	Name	Organization	Country	Present
1	Guillermo Berra	INTA	Argentina	Yes
2	Marta Alfaro	INIA	Chile	Yes
3	Edgar Cárdenas	UNAL	Colombia	Yes
4	Juan Carulla	UNAL	Colombia	Yes
5	Otoniel Pérez	UNAL	Colombia	Yes
6	Ma. Johanna Avila	UNAL	Colombia	Yes
7	Erika Luciana Gomez	UNAL	Colombia	Yes
8	Jaime Garzón	UNAL	Colombia	Yes
9	José Julián Ibañez	UNAL	Colombia	Yes
10	David Pacheco	AgResearch	New Zealand	Video-Skype
11	César Pinares	AgResearch	New Zealand	Yes
12	Gregorio Garcia	IDIAF	República Dominicana	Yes
13	Joaquín Caridad	IDIAF	República Dominicana	Yes
14	Yoana Dini	INIA	Uruguay	Video-Skype
15	Verónica Ciganda	INIA	Uruguay	Yes

7 MEETING LOCATION

Building: La Potra Hotel, Villavicencio, Colombia

8 AGENDA

The meeting was developed based on three modules of discussion, preceded by an introduction, and one field trip:

- Project Advances and Financial Situation (Day 1)
- Nitrous Oxide (Day 1)
- Enteric methane (Day 2)
- Field trip (Day 3)

- **Day one**

The meeting started with a presentation made by Dr. Ruben Valencia, Director of Corpoica-La Libertad. He introduced the audience to the general situation of R+D in Colombia. Colombia invests 0.6 % of its GDP (Gross Domestic Product) in R+D and counts with an important research capacity but still disarticulated. He emphasized the need to strength the research networks, the transdisciplinary work, and the extension of the research products.

The introduction was followed by a presentation from the project leader of Colombia, Edgar Cárdenas, in which he explained and described the three main Colombian ecosystems dedicated to beef production. Also, he mentioned the issue of the important expansion of the African palm tree crop and its effect on the geographical shift of the beef production systems.

- **Project Advances and Financial Situation**

Module 1 started with a review, presented by Verónica Ciganda, of the activities proposed in the first meeting in Uruguay. Most of the activities were achieved and some of them are underway (eg. Project website). Also, the general financial situation of the project was presented, showing different level of execution of the funds among the countries but the five of them are on processing.

A presentation about the publications of the project was given by Marta Alfaro. She showed that most of the publications up to now are from individual country efforts (Colombia the most) and she emphasized that we need scientific publications as a consortium focused on emission factors.

An update of the Project website was presented by Edgar Cárdenas. He stated the need from all the countries to provide Colombia with the information wanted to be included in the website.

The third annual meeting of the project was confirmed, by Guillermo Berra, to be held in Buenos Aires, Argentina, in May 2014. It is possible that a research group from Perú will join the third meeting, as a suggestion from César Pinares.

- **Nitrous Oxide**

Each country presented their own experimental advances (presentations are attached). The presentations were followed by a round-table discussion among all participants.

Under this module five presentations were offered:

- Experimental Advances in **Chile** (Marta Alfaro)
- Experimental Advances in **Dominicana Republic** (Gregorio García Lagombra)
- Experimental Advances in **Uruguay** (Verónica Ciganda)
- Proposed experiments in **Argentina** (Guillermo Berra)
- Proposed experiments in **Colombia** (Edgar Cárdenas)

- **Day two**

- **Methane**

Under this module, four presentations regarding the experiments were offered during the morning by scientists of the different countries:

- Experimental Advances by **Colombia** (Edgar Cárdenas)
- Experimental Advances in **Chile** (Marta Alfaro).
- Experimental Advances in **Uruguay** (Yoana Dini, through Skype)
- Advances in the telemetric technique in **Argentina** (Guillermo Berra)

In the afternoon, two presentations were given by the consultant Dr. César Pinares about the SF6 technique, and one presentation was given by Juan Carulla regarding animal intake techniques.

- **Day three**

- **Field trip**

On the morning of Day 3, all project members participated on a field day visiting the experimental station of Corpoica – La Libertad. The visiting included the lab where the SF6 permeation tubes are elaborated, the animals used for the enteric methane experiments and the plots possible used for the Nitrous Oxide determinations.

9 POST MEETING ACTION ITEMS

Action	Assigned To	Deadline
Elaboration of a SF6 internal project protocol including minimum experimental requirements.	Guillermo Berra Edgar Cárdenas	09/30/2013
Establish contacts to perform periodic videoconferences among the consortium	Guillermo Berra	06/30/2013
Sending country basic information of the project (CVs, researchers pictures, other documents) to be published on the website	Verónica Ciganda, Guillermo Berra, Laura Finster, Marta Alfaro, Joaquín Caridad, Gregorio García	07/31/2013
Elaboration of a formal request to David Pacheco, asking for the use of NZ logos on the website and	Edgar Cárdenas	07/31/2013

participation of NZ scientists		
Compiling and publishing information on the website	Edgar Cárdenas	08/30/2013
Updated of the list of students and internships	Gregorio García, Pedro Nuñez	07/31/2013
....		

5 NEXT MEETING

Next Meeting: Buenos Aires, Argentina – May 2014

6. PICTURES



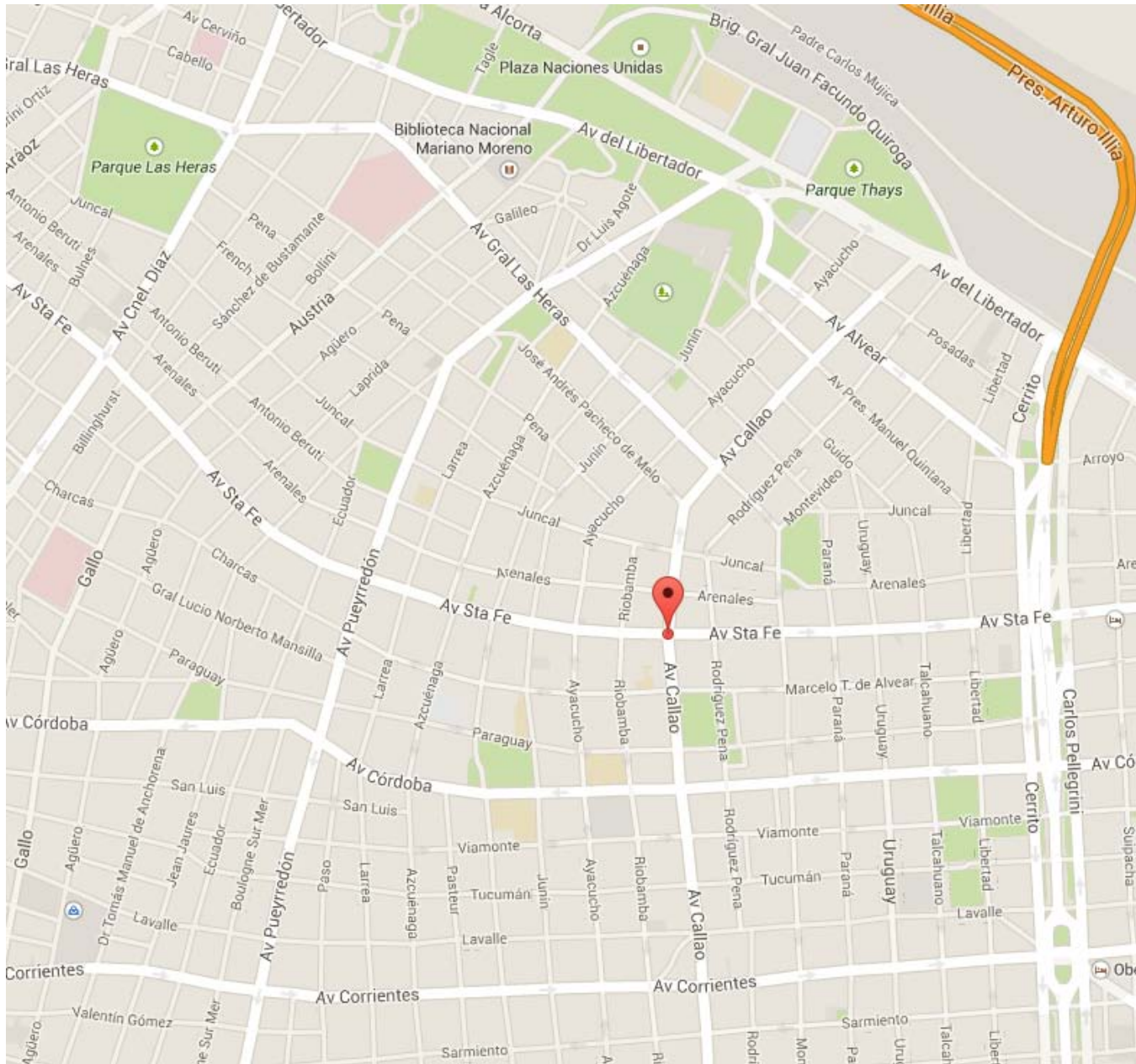
3. Tercera Reunión Interna

Proyecto FONTAGRO (FTG/RF-1028-RG)

“Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Óxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo”

4-5 de diciembre de 2014, Buenos Aires, Argentina.

- **Lugar de reunión:** Centro de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA), CNIA, INTA, Nicolás Repetto y de los Reseros, Hurlingham, Buenos Aires.
- **Traslados:** Está previsto contar con un medio de transporte, para efectuar el traslado de los participantes, desde la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) hasta el lugar de la reunión (CICVyA, INTA). El punto de encuentro será en la esquina de Santa Fe y Callao (la dirección y el horario exactos serán comunicados a la brevedad).
- **Alojamiento:** Se recomienda alojarse en hoteles cercanos al punto de encuentro. Existen numerosas alternativas, en cuanto a categoría y precio, que pueden consultarse en Booking.com.
- **Contactos:**
 - Guillermo Berra
berra.guillermo@inta.gob.ar
 - Laura Finster
finster.laura@inta.gob.ar



OBJETIVO

La tercera reunión del proyecto FONTAGRO se focalizará en los avances experimentales, en los cinco países participantes, desde el inicio del proyecto hasta el presente, y favorecerá el intercambio de ideas respecto de la estrategia a seguir durante la fase final del proyecto.

PAÍSES E INVESTIGADORES PARTICIPANTES

PAÍS	INVESTIGADOR
Argentina	Guillermo Berra Laura Finster Miguel Taboada Ricardo Bualó
Chile	Francisco Salazar
Colombia	Edgar Cárdenas Rocha
Nueva Zelanda	Hayden Montgomery (TBC)
República Dominicana	Pedro Núñez Gregorio García
Uruguay	Verónica Ciganda Yoana Dini (vía Skype)

DINÁMICA DE LA REUNIÓN

La propuesta de la agenda es trabajar, al igual que en las reuniones anteriores del proyecto, en base a dos módulos temáticos y un módulo de gestión/coordinación del proyecto. Los módulos temáticos (Óxido Nitroso y Metano Entérico) tendrán un componente de presentaciones, para cada país participante, sobre los avances logrados, desde el inicio del proyecto hasta la actualidad, y un componente de “Mesa redonda”, moderada por un investigador, en la cual se espera que todos los investigadores participen activamente. La Mesa Redonda será culminada con una breve síntesis, a cargo de uno de los investigadores, en la que quedarán resumidos los aprendizajes, principales dificultades planteadas y alternativas para la ejecución durante la fase final del proyecto.

Agenda de Trabajo
4 y 5 de diciembre de 2014, Buenos Aires, Argentina

Jueves 4 de diciembre de 2014

Hora	Tema	Responsable
09:00	Bienvenida Presentación de asistentes Repaso general de actividades planificadas para la Tercera Reunión.	Guillermo Berra Laura Finster

Módulo 1. Metano Entérico		
Hora	Tema	Responsable
09:30 (25 min c/u + 5 min preguntas)	Avances experimentales en: Colombia Uruguay Chile	Edgar Cárdenas Yoana Dini Marta Alfaro
11:00 – 11:30	<i>Coffee break</i>	
11:30 (25 min c/u + 5 min preguntas)	Argentina República Dominicana	Guillermo Berra Pedro Nuñez
12:30	Mesa redonda “Principales debilidades/fortalezas y estrategias para ejecución de fase final y posibilidades de publicaciones en conjunto.”	Moderador: Pedro Núñez
13:00	Síntesis	Guillermo Berra
13:10 – 14:30	<i>Almuerzo</i>	
14:30	Visita al Instituto de Patobiología Visita al Instituto de Suelos Visita al Instituto de Clima y Agua	Guillermo Berra Miguel Taboada Laura Finster
16:30 - 17:00	<i>Coffee break</i>	
17:00	Fin del Día 1 – Regreso a C.A.B.A.	

Viernes 5 de diciembre de 2014

Módulo 2. Óxido Nitroso		
09:00 (25 min c/u + 5 min preguntas)	Avances experimentales en: Uruguay Chile Colombia	Verónica Ciganda Marta Alfaro Edgar Cárdenas
10:30 – 11:00	<i>Coffee break</i>	
11:00 (25 min c/u + 5 min preguntas)	Avances experimentales en: República Dominicana Argentina	Pedro Nuñez Miguel Taboada

12:00	Mesa redonda "Principales debilidades/fortalezas y estrategias para ejecución de fase final y posibilidades de publicaciones en conjunto."	Moderador: Edgar Cárdenas
12:30	Síntesis	Marta Alfaro
12:40 – 14:00	<i>Almuerzo</i>	

Módulo 3. Avances Generales		
Hora	Tema	Responsable
14:00	Informe Financiero Año 1, 2 y 3	Verónica Ciganda
14:30	Publicaciones, Workshops y Cursos realizados.	Marta Alfaro
15:00	Estudiantes de posgrado/grado y pasantías ofrecidas y realizadas en cada país.	Pedro Núñez
15:30	Avances en Página Web	Edgar Cárdenas
16:00 – 16:30	<i>Coffee break</i>	
16:30	Mesa Redonda "Debilidades y fortalezas encontradas y aportes para la mejora de la gestión del proyecto " <i>*Debilidades/fortalezas por país y general.</i> <i>*Aportes/alternativas de mejora.</i>	Moderador: Laura Finster
17:00	<i>Fin de la reunión</i>	



First meeting, Colonia del Sacramento, Uruguay, 2012



Second meeting, Villavicencio, Colombia, 2013



Third meeting, Buenos Aires, Argentina, 2014.

Anexo 5.1 (in confidence)

Scientific Article Submitted to Animal Production Science

Dini Y., JI. Gere, C. Cajarville, V. Ciganda. **Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America.** Animal Production Science. Submitted 2016 manuscript ID is AN16803.



Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America

Journal:	<i>Animal Production Science</i>
Manuscript ID	AN16803
Manuscript Type:	Research paper
Date Submitted by the Author:	09-Dec-2016
Complete List of Authors:	Dini, Yoana; Instituto de Producción Animal, Nutrición Gere, Jose; Universidad Tecnologica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Cajarville, Cecilia; UdelaR, Facultad de Veterinaria Ciganda, Veronica; Instituto Nacional de Investigacion Agropecuaria
Keyword:	Feed quality, Grazing, Greenhouse Gases, Methane

SCHOLARONE™
Manuscripts

Only

1 Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle
2 grazing systems in South America.

3

4 Y. DINI ^{AB}, JI. GERE ^{CD}, C. CAJARVILLE ^A, V. CIGANDA ^{EF}

5 ^A Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República,
6 Uruguay.

7 ^B Becaria Doctoral ANII.

8 ^C UIDI, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional.

9 ^D Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

10 ^E Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Programa de Producción y Sustentabilidad
11 Ambiental. Ruta 50 km 11, Estación Experimental La Estanzuela, Colonia, Uruguay.

12 ^F Email: vciganda@inia.org.uy

13

14 Pasture quality on the emission of enteric CH₄.

15

16 **Introduction**

17 Greenhouse gases (GHGs) and their effects on global warming and Climate
18 Change (CC) are widely known. According to the "Climate Paris Agreement", which
19 was completed in December 2015, countries have pledged to be responsible for
20 periodically submitting their emission reduction commitments and plans for adaptation
21 to CC (Rogelj *et al.* 2016). In those countries in which agricultural production is mainly
22 based on pasture grazing systems, the emissions of methane (CH₄) produced by ruminal
23 fermentation strongly contribute to the total GHG emissions, and the main source of
24 CH₄ emission comes from enteric fermentation of the feed consumed by ruminants
25 (McCaughey *et al.* 1999; Ramirez-Restrepo *et al.* 2016).

26 The amount and type of feed intake affects the fermentation processes in the
27 rumen. In absolute terms, CH₄ emissions are directly determined by the intake level,
28 i.e., the higher the dry matter intake (DMI) is, the greater the net emission will be (g/d)
29 (Moorby *et al.* 2015). However, there are precedents that have affirmed the effects of
30 diet quality on the production of CH₄ per unit of feed intake (Johnson and Jhonson,
31 1995; Velazco *et al.* 2016). While the effects of including grains in the diet on reducing
32 methanogenesis is known (Lovett *et al.* 2005), there are studies that have suggested that
33 it is not an effective strategy when there is a high allocation of high-quality forage
34 material (Muñoz *et al.* 2015). Therefore, it was proposed that incorporation of high
35 nutritional quality pasture forages leads to lower emissions of CH₄ per unit of DMI
36 (CH₄/kg DMI) compared to low-quality pure pastures (McCaughey *et al.* 1999; Lee *et al.*
37 2004; Hammond *et al.* 2011). Low-quality pastures have a positive effect on ruminal
38 methanogenesis because they provide higher levels of fiber that stimulate rumination
39 and generate a lower passage rate of intake by the rumen as well as a higher rate of
40 fermentation with higher levels of acetic and H₂ (Waghorn *et al.* 2006). However, these

41 results come from studies that investigated non-grazing and/or respiration chambers in
42 which complex variables, such as selective grazing or the feed rate did not interfere with
43 the results. Under pure grazing conditions, there are few precedents to evaluate the
44 effects of incorporating high nutritional quality pastures on enteric CH₄ emissions.
45 Therefore, there is a need for further studies to evaluate this mitigation strategy. The aim
46 of this study was to quantify CH₄ emissions from cattle under grazing conditions with
47 contrasting levels of pasture intake quality. This objective was based on the assumption
48 that grazing from a high-quality pasture can decrease the production of CH₄ per unit of
49 DMI compared to grazing from low-quality forage.

50

51 **Materials and methods**

52 The study was completed at the Experimental Station INIA La Estanzuela
53 (Colonia, Uruguay, GPS Coordinates: S Latitude 34° 20.727', W length 57° 42.665')
54 between June and October 2013. All procedures involving animals were approved by
55 the Bioethics Committee at the National Institute for Agricultural Research (INIA-
56 Uruguay).

57

58 *Experimental design, Animals, Pastures and Management*

59 The study was conducted with 20 Hereford heifers at two times during the year,
60 winter (June 11th to July 6th) and spring (September 30th to October 16th), using a
61 statistical experimental crossover design that included two treatments and two five-day
62 measurements. Treatments consisted of the supply to the animals through grazing
63 pastures with two divergent qualities, including a pasture with low nutritional value
64 (T1) and a pasture with high nutritional value (T2). The selection criteria for pasture
65 quality were NDF and CP content. The pastures with low nutritional values presented at
66 the beginning of the experimental period were 71% NDF and 8% CP, while the selected
67 high nutritional value pasture presented had 44.5% NDF and 25% CP. The winter
68 botanical composition in T1 was characterized by a predominance of *Cynodon dactylon*
69 in an advanced growth stage and *Lolium multiflorum* along with *Paspalum dilatatum*
70 and a scarcity of *Trifolium repens*. In spring, T1 showed a higher prevalence of *Lolium*
71 *multiflorum* in winter with the presence of *Cynodon dactylon*, *Paspalum dilatatum* and
72 *Trifolium repens*. The winter botanical composition of T2 was characterized by a
73 predominance of *Trifolium pratense* and *Bromus auleticus* along with *Trifolium repens*,
74 and a similar composition was observed in the spring.

75 Each treatment was randomly assigned to a group of 10 heifers blocked
76 according to live weight (LW). The LW of the animals was recorded at the beginning
77 and at the end of each measurement period and according to the assignment at each
78 station to receive a treatment. The average live weights were 363.09 ± 26.76 kg in the
79 winter and 401.51 ± 30.39 kg in spring. Both groups of heifers grazed the assigned
80 pastures for a period of 15 days (10 days of adaptation and a sampling period of 5 days),
81 and then the treatments were crossed.

82 Grazing was carried out on daily strips with an initial allocation of 5% of LW so
83 that forage availability was not restricting intake and permitted *ad libitum* pasture
84 intake. The initial availability of forage (> 5 cm) was determined daily in each strip by
85 cutting 3 random points using 0.2 m² tables.

86

87 *Determination of CH₄ emissions*

88 The determination of enteric CH₄ emissions was performed using the SF₆ tracer
89 technique (Johnson *et al.* 1994) adapted by Gere and Gratton (2010). Ten days before
90 the beginning of the measurements, each animal was given an oral permeation tube
91 filled with sulfur hexafluoride (SF₆) using a plastic dosing applicator, and the tube was
92 used as a marker for gas emissions. Immediately after, the animals were assigned to
93 treatments and began the adaptation period for the pasture. Permeation rates (PR) of SF₆
94 from the tubes were an average of 6.65 mg/d (± 1.08) and 6.59 mg/d (± 1.08) in winter
95 and spring, respectively. The collection of exhaled and burped gas was performed using
96 two 0.5 L stainless steel containers per animal. These containers were gas collectors
97 coupled to a muzzle and placed on each side of the head, and the containers remained
98 on the animal for five days. At the end of each period, the containers were removed
99 from the animals and post-sampling pressure was measured. Containers with pressure

100 values of 400 to 600 mb were considered valid (Gere, 2012). Five sub-samples were
101 extracted and stored in 12 mL vacutainers for determining CH₄ and SF₆ concentrations.
102 Subsequently, the containers were emptied and cleaned with N₂ and placed on the
103 animals assigned for the crossed treatment for a second five-day period of gas
104 collection.

105

106 *Determination of Dry Matter Intake (DMI)*

107 The DMI (kg/d) of the animals was measured indirectly using TiO₂ as an
108 external marker according to the technique described by Short *et al.* (1996). Briefly,
109 animals were given a gelatin capsule containing 10 g of TiO₂ (14.5 g, 69% purity) daily.
110 To achieve a ruminal steady state, the capsule regimen was initiated 8 days before the
111 beginning of the sampling period (Glindemann *et al.*, 2009). Every morning during the
112 sampling period, a fecal sample was collected via rectal retrieval from each cow and
113 identified. Upon arrival at the laboratory, individual samples were weighed, dried at 60
114 °C for 96 h and ground to pass through a 1-mm screen. Two grams from each single
115 sample were taken during the 5 days of determination to form a composite fecal sample
116 for each animal. Composite samples were analyzed for NDF, ADF, C and ADL. In
117 addition, the TiO₂ concentration was determined using a procedure described by Short
118 *et al.* (1996).

119 The mean daily DMI (kg/d) per animal was calculated using the fecal DM output
120 (kg/d) and the DMD (DMD %) according to Corbett and Freer (1995) (equation 1):

$$121 \quad \text{DMI (kg/d)} = \text{Fecal DM output (kg/d)} * 100 / (100 - \text{DMD}) \quad (1)$$

122 The mean daily fecal DM output was calculated from the daily TiO₂ dose and the TiO₂
123 concentration in the feces of individual animals according to the methods of Prigge *et*
124 *al.* (1981) (equation 2):

125 **Fecal DM output (kg/d) = TiO₂ dose (mg/d)/TiO₂ in feces (mg/kg DM) (2)**

126 Daily weight gain per animal was estimated with Beef Cattle Nutrient
127 Requirements Model 2016 (Version 1.0.37.3). The variables included in the model were
128 the initial supply of forage and its chemical composition, individual intake and live
129 weight. In animals in which the weight gain was negative (i.e., weight loss), the weight
130 was estimated using the following equation (equation 3) (Davis *et al.*, 1994).

131 **MEg = ADWT.6.2/km (3)**

132 where: MEg is the Metabolizable Energy required to gain weight; ADWT is the
133 variation of weights; km is the efficiency of metabolizable energy used for maintenance,
134 which was calculated with NEm values (Net Energy for maintenance) and ME
135 (Metabolizable Energy) was reported by Beef NRC for each animal that was evaluated.

136

137 *Chemical Analysis*

138 Forage samples were weighed and dried at 60 °C for 48 h. They were ground to
139 pass a 1-mm screen and analyzed to determine their chemical composition. The Dry
140 Matter (DM), Ash (A) and Total Nitrogen contents were analyzed according to AOAC
141 (1990; methods ID 934.01, ID 942.05 and ID 955.04, respectively). The neutral
142 detergent fiber (NDF) was analyzed with heat stable amylase and sodium sulfite. Acid
143 detergent fiber (ADF) and Acid detergent Lignin (ADL) were determined using the
144 methods of Van Soest *et al.* (1991), including residual ash. Organic Matter (OM) was
145 determined as: 100 - % of Ash. The *in vitro* digestibility of forage was determined
146 according to Terry and Tilley (1964) and Gross Energy (GE) was determined with an
147 adiabatic bomb calorimeter (Autobomb Gallenkamp; Loughborough, Leics, United
148 Kingdom).

149 The TiO₂ concentration in feces was determined using the procedure described
150 by Short *et al.* (1996) with a spectrophotometer (Thermo, model Genesys 10 μV).

151 A gas chromatograph (Perkin Elmer Clarus 600) with a Flame Ionization
152 Detector (FID) and an Electron Capture Detector (ECD) was used for determining CH₄
153 and SF₆, respectively. After obtaining a chromatographic analysis of samples, the
154 emissions of CH₄ per animal were calculated using the permeation rate (PR) of each SF₆
155 capsule and the concentrations of CH₄ and SF₆ (equation 4).

$$156 \quad \text{CH}_4 \text{ (g/d)} = \text{PR SF}_6 \text{ (g/d)} * [\text{CH}_4]/[\text{SF}_6] \quad (4)$$

157 where: PR SF₆ is the permeation rate of the SF₆ capsule, [CH₄] and [SF₆] are the
158 concentrations of the gases (in ppm and ppt, respectively) above atmospheric
159 concentrations.

160 *Statistical analysis*

161 Data for the chemical composition of pastures were analyzed using the MIXED
162 procedure in SAS (version 9.0; SAS Institute, Cary, NC, USA) according to the
163 following model (equation 5) and compared the different treatments:

$$164 \quad Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + P_k + (T \times E)_{ij} + e_{ijk} \quad (5)$$

165 where Y_{ijk} is the dependent variable, μ is the general mean, T_i the fixed effect of the
166 treatment (i = pasture low and high nutritional value), E_j is the fixed effect of season (j =
167 winter and spring), P_k is the effect of the period (analyzed as a random effect; k = 1 a 4),
168 (T x E)_{ij} is the interaction between treatment and station and e_{ijk} is the residual error.

169 Data for intake, live weight, daily gain, CH₄ emissions and emission intensity
170 were analyzed using the MIXED procedure in SAS (version 9.0; SAS Institute, Cary,
171 NC, USA), according to the following model (equation 6):

$$172 \quad Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_j + P_k + A_l + (T \times E)_{ij} + e_{ijkl} \quad (6)$$

173 where Y_{ijk} is the dependent variable, μ is the general mean, T_i the fixed effect of the
174 treatment ($i =$ pasture low and high nutritional value), E_j is the fixed effect of season ($j =$
175 winter and spring), P_k is the effect of the period (analyzed as random effect; $k = 1$ a 4),
176 A_l is the animal effect (analyzed as random effect; $l = 1$ a 10), $(T \times E)_{ij}$ is the interaction
177 between treatment and station and e_{ijkl} is the residual error.

178 The CH_4 emissions data showed a skewed distribution after application of the Shapiro-
179 Wilk test (Shapiro and Wilk, 2016), so a log transformation as Log10 was performed.

180 These normalized data were analyzed with PROC MIXED as described above.

181 The results were considered significantly different when $p \leq 0.05$, and a trend was
182 confirmed when $0.05 < p < 0.10$.

183

208 kg CO₂-eq). In contrast, the animals grazing in the low-quality pasture did not meet
209 their maintenance requirements, and they had a weight loss of 0.03 kg/d.

210 Discussion

211 The greater DMI observed in animals grazing on the high-quality pasture is
212 explained by the lower content of NDF and higher content of CP in the pasture. In
213 addition, animals grazing the low-quality pasture showed a relatively low intake of
214 approximately 2% LW, while animals in the high-quality pasture showed an intake close
215 to 3% LW. These results would explain the higher emissions in absolute terms (g/d) that
216 were observed for the high-quality pasture treatment. There were no differences in
217 NDFI, which indicated that intake was limited by the concentration of NDF in the food,
218 which was similar to the maximal NDF estimated based on LW (Mendoza *et al.*, 2003).
219 The higher DM intake in the high-quality pasture resulted in emissions of CH₄ (g/d) that
220 were 24% higher than emissions from the low-quality treatment, which was consistent
221 with the results of Moorby *et al.* (2015). The Y_m values that were obtained were similar
222 to the values reported in previous studies conducted under similar conditions but with
223 dairy cows (Dini *et al.* 2012) and sheep grazing on ryegrass with different intensities
224 and types of grazing (Savian *et al.* 2014). The emissions of CH₄ expressed by unit of
225 intake (CH₄/kg DMI) or as percentage of the GEI (Y_m) were 11% and 14% lower,
226 respectively, in animals that grazed on the high-quality pasture compared to the low-
227 quality pasture. These reduction in emissions achieved through using pastures with high
228 nutritional value is in the range of 12-25%, which was the range reported in the
229 literature (McCaughy *et al.* 1999; Hammond *et al.* 2011; Lee *et al.* 2004) for non-
230 grazing animals. There are several studies that highlight the incorporation of grains in
231 animal diets as a strategy for reducing CH₄ emissions by unit of intake (Lovett *et al.*
232 2005; Jiao *et al.* 2014; Muñoz *et al.* 2015). However, in this study, we found that it was

233 possible to reduce these emissions with grazing systems alone through improvement in
234 the forage quality that was offered. This result was confirmed by the results obtained for
235 emissions intensity (g CH₄/kg LW), which showed that emissions intensity was four
236 times lower in animals grazing high-quality pastures compared to animals grazing low
237 quality pastures. Therefore, the potential use of pasture quality as a strategy for
238 mitigating the emissions of enteric CH₄ raises the need to emphasize and strengthen
239 research to determine the extent to which emissions could be reduced through this
240 alternative. The results of this study seem to indicate that the increased allocation of
241 high-quality forage can be a competitive strategy for using grains in the diet, as
242 indicated by the results of Muñoz *et al.* (2015).

243 **Conclusions**

244 Enteric CH₄ emissions from grazing cattle were significantly lower in animals that
245 grazed on the high-quality pasture, which was expressed either through unit of intake
246 (DMI) or as percentage of the GEI (Y_m). Therefore, it is possible to use the quality of
247 pastures as a mitigation strategy for GHG emissions in grazing production systems.

248 However, further studies are necessary to evaluate the effects of different forage
249 mixtures on ruminal methanogenesis and to determine the limits of their mitigation
250 potential.

251

252 **Abstract**

253 Enteric methane (CH₄) emissions are directly related to the quantity and type of
254 feed intake. Existing mitigation strategies, e.g., the addition of legumes to grass-based
255 diets and increased use of grains, have been thoroughly researched and applied in
256 different production systems. In this paper, we propose a need to expand the capacity to
257 mitigate enteric CH₄ emissions in cattle under grazing conditions. The objective of this
258 paper was to contribute by providing data to evaluate a mitigation strategy under
259 conditions of using contrasting levels of pasture quality. The study was performed with
260 20 heifers twice during the year: winter and spring. The study employed a crossover
261 design with two treatments and two five-day measurement periods. The treatments were
262 two pastures with different qualities, including a pasture with a low nutritional value
263 (71% NDF and 8% CP) and a pasture with a high nutritional value (44.5% NDF and
264 25% CP). Enteric CH₄ emissions were measured with the SF₆ tracer technique. The
265 DMI (kg/d) was measured indirectly using TiO₂ as an external marker. The CH₄
266 emissions were lower in animals that grazed on the high-quality pasture, which were
267 expressed as % GEI (Y_m, 14% lower) and by unit of intake (g CH₄/kg MSI, 11%
268 lower). These results showed it is possible to reduce the CH₄ emissions by the pasture
269 system alone through improvement of the forage quality that is offered.

270

271 **Additional keywords:** enteric methane emission, SF₆ tracer technique, grazing
272 conditions, pasture quality

273

274

275 **Acknowledgments**

276 This study was supported financially by the Fontagro Project FTG/RF 1028 RG.
277 The authors wish to thank Bach. Julieta Mariotta and Ing. Agr. Juan Manuel Clariget for
278 their help and technical support. We gratefully acknowledge the Department of
279 Nutrition and Cattle (IPAV, Facultad de Veterinaria), the Nutrition Laboratory and the
280 Soils and Water Laboratory (INIA la Estanzuela) for data processing. We also thank Dr.
281 César Pinares-Patiño for their invaluable advice.

282

For Review Only

283 **References**

- 284 AOAC (1990) Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis,
285 15th edn. AOAC, Arlington,VA, USA.
- 286 Corbett JL and Freer M (1995) Ingestion et digestion chez les ruminants au pâturage.
287 Pages 871–900 in Jarrige R, Ruckebusch Y, Demarquilly C, Farce MH, and Journet
288 M, eds. Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion. INRA
289 Editions, Paris, France.
- 290 Davis KC, Tess MW, Kress DD, Doornbos DE, Anderson DC (1994) Life cycle
291 evaluation of five biological types of beef cattle in a cow-calf range production
292 system: I. Model development. *Journal of animal science* **72**, 2585–2590.
- 293 Dini Y, Gere J, Briano C, Manetti M, Juliarena P, Picasso V, Gratton R, Astigarraga L
294 (2012) Methane emission and milk production of dairy cows grazing pastures rich
295 in legumes or rich in grasses in Uruguay. *Animals* **2**, 288–300.
- 296 Gere JI, Gratton R (2010) Simple, low-cost flow controllers for time averaged
297 atmospheric sampling and other applications. *Latin American Applied Research* **40**,
298 377–381.
- 299 Gere JI (2012) La técnica de trazado por SF6 para medir emisiones de metano de
300 rumiantes en pastoreo: Desarrollos metodológicos y algunas aplicaciones. Tesis
301 Doctoral. Tandil, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas. UNCPBA. 142 p.
- 302 Glindemann T, Tas BM, Wang C, Alvers S, Susenbeth A (2009) Evaluation of titanium
303 dioxide as an inert marker for estimating faecal excretion in grazing sheep. *Animal*
304 *Feed Science and Technology* **152**, 186–197.
- 305 Hammond KJ, Hoskin SO, Burke JL, Waghorn GC, Koolgaard JP, Muetzel S (2011)
306 Effects of feeding fresh white clover (*Trifolium repens*) or perennial ryegrass
307 (*Lolium perenne*) on enteric methane emissions from sheep. *Animal Feed Science*

- 308 *and Technology* **166**, 398–404.
- 309 Jiao HP, Dale AJ, Carson AF, Murray S, Gordon AW, Ferris CP (2014) Effect of
310 concentrate feed level on methane emissions from grazing dairy cows. *Journal of*
311 *Dairy Science* **97**, 7043–7053.
- 312 Johnson K, Huyler M, Westberg H, Lamb B, Zimmerman P (1994) Measurement of
313 methane emissions from ruminant livestock using a sulfur hexafluoride tracer
314 technique. *Environmental Science & Technology* **28**, 359–362.
- 315 Johnson KA, Johnson DE (1995) Methane emissions from cattle. *Journal of animal*
316 *science* **73** 2483–2492.
- 317 Lee JM, Woodward SL, Waghorn GC, Clark DA (2004) Methane emissions by dairy
318 cows fed increasing proportions of white clover (*Trifolium repens*) in pasture.
319 *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* **66**, 151–155.
- 320 Lovett DK, Stack LJ, Lovell S, Callan J, Flynn B, Hawkins M, O'Mara FP (2005)
321 Manipulating Enteric Methane Emissions and Animal Performance of Late-
322 Lactation Dairy Cows Through Concentrate Supplementation at Pasture. *Journal of*
323 *Dairy Science* **88**, 2836–2842.
- 324 McCaughey WP, Wittenberg K, Corrigan D (1999) Impact of pasture type on methane
325 production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science* **79**, 221–
326 226.
- 327 Mendoza MG, Pinos JM, Ricalde V, Aranda IE, Rojo RR (2003) Simulation model to
328 estimate the caloric balance of cattle grazing. *Interciencia* **28**, 202–207.
- 329 Moorby JM, Fleming HR, Theobald VJ, Fraser MD (2015) Can live weight be used as a
330 proxy for enteric methane emissions from pasture-fed sheep? *Scientific Reports* **5**,
331 17915. <http://www.nature.com/articles/srep17915>.
- 332 Muñoz C, Hube S, Morales JM, Yan T, Ungerfeld EM (2015) Effects of concentrate

- 333 supplementation on enteric methane emissions and milk production of grazing
334 dairy cows. *Livestock Science* **175**, 37–46.
- 335 Prigge EC, Varga GA, Vicini JL, and Reid RL (1981) Comparison of Ytterbium
336 Chloride and Chromium Sesquioxide as Fecal Indicators. *Journal of Animal*
337 *Science* **53**, 1629–1633.
- 338 Ramírez-Restrepo CA, Clark H, Muetzel S (2016) Methane emissions from young and
339 mature dairy cattle. *Animal Production Science* **56**, 1897–1905.
- 340 Rogelj J, Elzen M, Höhne N, Fransen T, Fekete H, Winkler H, Schaeffer R, Sha F, Riahi
341 K, Meinshausen M (2016) Paris Agreement climate proposals need a boost to keep
342 warming well below 2 °C. *Nature* **534**, 631–639.
- 343 Savian JV, Neto AB, de David DB, Bremm C, Schons RMT, Genro TCM, do Amaral
344 GA, Gere J, McManus CM, Bayer C, de Faccio Carvalho PC (2014) Grazing
345 intensity and stocking methods on animal production and methane emission by
346 grazing sheep: Implications for integrated crop-livestock system. *Agriculture,*
347 *Ecosystems and Environment* **190**, 112–119.
- 348 Shapiro ASS, Wilk MB (2016) Biometrika Trust An Analysis of Variance Test for
349 Normality (Complete Samples) Published by: Oxford University Press on behalf of
350 Biometrika Trust Stable **52**, 591–611.
- 351 Short FJ, Gorton P, Wiseman J, Boorman KN (1996) Determination of titanium dioxide
352 added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal Feed Science and*
353 *Technology* **59**, 215–221.
- 354 Terry RA, Tilley JMA (1964) The digestibility of the leaves and stems of perennial
355 ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in*
356 *vitro* procedure. *Grass and Forage Science* **19**, 363–372.
- 357 Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral

- 358 detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition.
359 *Journal of Dairy Science* **74**, 3583–3597.
- 360 Velazco JI, Herd RM, Cottle DJ, Hegarty RS (2016) Daily methane emissions and
361 emission intensity of grazing beef cattle genetically divergent for residual feed
362 intake. *Animal Production Science*, -.
- 363 Waghorn GC, Woodward SL, Tavendale M, Clark DA (2006) Inconsistencies in rumen
364 methane production-effects of forage composition and animal genotype.
365 *International Congress Series* **1293**, 115–118.

For Review Only

366

For Review Only

Table 1. Forage mass, chemical composition and in vitro digestibility of the pastures used in the study

	Low-quality pasture		High-quality pasture		SEM *	P treatment	P season	P treatment*season
	Winter ¹	Spring ²	Winter ³	Spring ⁴				
Available forage (kg DM/ha)	4149.38 ± 127.87	3215.01 ± 187.57	2625.98 ± 195.50	2430.45 ± 138.52	144.68	<.0001	0.2930	0.0182
DM (%)	48.24 ± 3.73	27.92 ± 1.17	19.57 ± 0.86	18.32 ± 0.48	2.00	<.0001	0.0698	<.0001
CP (%)	9.41 ± 0.27	11.55 ± 0.23	21.14 ± 0.51	22.81 ± 0.35	0.36	<.0001	0.0417	0.5258
ADF (%)	33.90 ± 0.30	30.30 ± 0.88	27.42 ± 0.79	26.77 ± 0.86	0.99	<.0001	0.0260	<.0001
NDF (%)	70.42 ± 0.36	54.93 ± 1.54	42.43 ± 0.79	40.92 ± 0.94	0.69	<.0001	0.2808	0.0379
Ash (%)	10.96 ± 0.28	11.40 ± 0.15	11.19 ± 0.29	9.82 ± 0.15	0.17	0.0002	0.5986	<.0001
ADL (%)	8.37 ± 0.26	6.70 ± 0.69	9.08 ± 0.37	8.11 ± 0.42	0.46	0.0246	0.1548	0.4433
OM (%)	89.04 ± 0.28	88.60 ± 0.15	88.81 ± 0.29	90.18 ± 0.15	0.17	0.0002	0.5986	<.0001
DMD (%)	35.05 ± 0.55	65.52 ± 1.06	63.27 ± 0.62	71.18 ± 0.14	1.81	<.0001	0.0360	<.0001
OMD (%)	31.09 ± 0.47	56.83 ± 0.95	55.97 ± 0.59	63.96 ± 0.17	1.65	<.0001	0.0368	<.0001

Available forage (kg DM/ha) = forage offered; DM= Dry Matter; CP= Crude Protein; ADF= Acid Detergent Fiber; NDF= Neutral Detergent Fiber; Ash; ADL= Acid Detergent

Lignin; OM= Organic Matter; DMD= Dry Matter Digestibility; OMD=Organic Matter Digestibility; *SEM= Standard error of means (n= 10/treatment). ^{1,2}Area assigned= 0.07 ha;

^{3,4}Area assigned= 0.15 ha. The data presented here are average per period.

Table 2. *Effects of pasture quality (treatment) and season on intake of nutrients*

	Low-quality pasture		High-quality pasture		SEM ₁	P treatment	P season	P treatment*season
	Winter	Spring	Winter	Spring				
DMI	5.53 ± 0.49	10.08 ± 0.54	10.07 ± 1.40	12.80 ± 0.52	1.369	<.0001	0.2650	0.1063
OMI	4.07 ± 0.41	6.19 ± 0.23	6.53 ± 1.03	7.61 ± 0.31	1.059	0.0002	0.4624	0.1455
NDFI	3.89 ± 0.35	5.51 ± 0.24	4.29 ± 0.61	5.24 ± 0.22	0.654	0.5459	0.3767	0.1590
ADFI	1.86 ± 0.16	3.04 ± 0.14	2.70 ± 0.34	3.43 ± 0.16	0.332	0.0023	0.2462	0.1354
CPI	0.53 ± 0.05	1.16 ± 0.06	2.12 ± 0.29	2.92 ± 0.12	0.250	<.0001	0.2296	0.8625
GEI	21.99 ± 1.91	43.17 ± 2.20	40.94 ± 5.64	57.86 ± 2.40	5.280	<.0001	0.1733	0.2782
GEI/Kg LW	0.06 ± 0.01	0.11 ± 0.004	0.12 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.015	<.0001	0.2663	0.1966
GEI/Kg P^{0.75}	0.27 ± 0.02	0.48 ± 0.02	0.50 ± 0.07	0.65 ± 0.03	0.064	<.0001	0.2388	0.2131
DMI %LW	1.53 ± 0.13	2.50 ± 0.11	2.82 ± 0.41	3.20 ± 0.12	0.381	<.0001	0.3979	0.0806
DMI % P^{0.75}	6.66 ± 0.58	11.20 ± 0.52	12.25 ± 1.76	14.31 ± 0.54	1.651	<.0001	0.3588	0.0854
OMI %LW	1.13 ± 0.11	1.54 ± 0.05	1.83 ± 0.30	1.91 ± 0.07	0.318	<.0001	0.4794	0.8562
OMI %P^{0.75}	4.90 ± 0.48	6.89 ± 0.21	7.95 ± 1.29	8.52 ± 0.33	1.300	0.0002	0.5967	0.1245
NDFI %LW	1.08 ± 0.09	1.37 ± 0.05	1.20 ± 0.18	1.31 ± 0.05	0.181	0.4423	0.5674	0.1699
NDFI %P^{0.75}	4.69 ± 0.41	6.13 ± 0.22	5.22 ± 0.77	5.86 ± 0.22	0.787	0.4602	0.5134	0.1673
ADFI%LW	0.50 ± 0.04	0.75 ± 0.03	0.76 ± 0.10	0.86 ± 0.04	0.008	0.0021	0.3809	0.1174

ADFI%P^{0.75}	2.20 ± 0.19	3.40 ± 0.13	3.30 ± 0.42	3.83 ± 0.16	0.040	0.0024	0.3417	0.1213
------------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------	--------	--------	--------

DMI= Dry Matter Intake (kg/d); OMI= Organic Matter Intake (kg/d); NDFI= Neutral Detergent Fiber Intake (kg/d); ADFI= Acid Detergent Fiber Intake (kg/d); CPI= Crude Protein Intake (kg/d); GEI= Gross Energy Intake (Mcal/d); GEI/Kg LW= Gross Energy Intake per kg Live weight (Mcal/kg); GEI/Kg P^{0.75}= Gross Energy Intake per kg of metabolic weight (Mcal/kg); DMI %LW= Dry Matter Intake as a percentage of live weight (%); DMI %P^{0.75}= Dry Matter Intake as a percentage of metabolic weight (%); OMI %LW= Organic Matter Intake as a percentage of live weight (%); OMI % P^{0.75}= Organic Matter Intake as a percentage of metabolic weight (%); NDFI %LW= Neutral Detergent Fiber Intake as a percentage of live weight (%); NDFI %P^{0.75}= Neutral Detergent Fiber Intake as a percentage of metabolic weight (%); ADFI %LW= Acid Detergent Fiber Intake as a percentage of live weight (%); ADFI %P^{0.75}= Acid Detergent Fiber Intake as a percentage of metabolic weight (%); ¹SEM= Standard error of means (n= 10/treatment).

Table 3. *Effects of pasture quality (treatment) and season on CH₄ emissions*

	Low-quality pasture		High-quality pasture		SEM ¹	P treatment	P season	P treatment*season
	Winter	Spring	Winter	Spring				
Emissions	109.22 ± 7.10	163.50 ± 21.33	160.18 ± 10.84	177.00 ± 23.80	-	-	-	-
Emissions, log₁₀	2.03 ± 0.03	2.18 ± 0.05	2.20 ± 0.03	2.22 ± 0.06	0.036	0.012	0.075	0.093
Ym	7.89 ± 1.07	5.22 ± 0.77	7.00 ± 1.44	4.24 ± 0.59	-	-	-	-
Ym, log₁₀	0.86 ± 0.06	0.68 ± 0.06	0.78 ± 0.10	0.59 ± 0.07	0.089	0.037	0.440	0.460
CH₄/kg DMI	23.58 ± 3.19	16.83 ± 2.45	21.61 ± 4.89	14.32 ± 2.07	-	-	-	-
CH₄/kg DMI, log₁₀	1.34 ± 0.06	1.19 ± 0.06	1.27 ± 0.10	1.12 ± 0.07	0.092	0.064	0.551	0.410
CH₄/kg OMI	33.44 ± 5.27	27.39 ± 4.38	36.72 ± 8.09	23.99 ± 3.55	-	-	-	-
CH₄/kg OMI, log₁₀	1.48 ± 0.07	1.40 ± 0.05	1.49 ± 0.11	1.35 ± 0.07	0.107	0.201	0.710	0.683
CH₄/kg NDFI	33.50 ± 4.54	30.68 ± 4.64	51.62 ± 10.85	34.96 ± 5.10	-	-	-	-
CH₄/kg NDFI, log₁₀	1.49 ± 0.06	1.45 ± 0.05	1.65 ± 0.10	1.51 ± 0.07	0.092	0.340	0.741	0.976
CH₄/kg ADFI	66.48 ± 9.89	55.61 ± 8.37	79.22 ± 13.79	53.21 ± 8.48	-	-	-	-
CH₄/kg ADFI, log₁₀	1.78 ± 0.07	1.70 ± 0.05	1.85 ± 0.09	1.69 ± 0.07	0.082	0.877	0.585	0.950

Emissions= daily CH₄ emissions (g/d); Y_m= Methane yield (%); CH₄/kg DMI= CH₄ emission per kilo of dry matter intake (g/kg); CH₄/kg OMI= CH₄ emission per kilo of organic matter intake (g/kg); CH₄/kg NDFI= CH₄ emission per kilo of neutral detergent fiber intake (g/kg); CH₄/kg ADFI= CH₄ emission per kilo of acid detergent fiber (g/kg); 'SEM= Standard error of means (n=10/treatment).

For Review Only

Anexo 5. (in confidence)

Scientific Article Submitted to Agrociencia

Dini Y., V. Ciganda. **Avances en la estimación del consumo bovino en Uruguay utilizando marcadores externos: Óxido de Titanio.** Agrociencia. Submitted 2016. Manuscrito ID 1239.

ISSN 2301-1548

agrociencia
Uruguay

INICIO ACERCA DE... ÁREA PERSONAL NÚMEROS DISPONIBLES ENVIAR ARTÍCULOS

Inicio > Usuario/a > Autor/a > Envíos > #1239 > **Revisión**

#1239 Revisión

RESUMEN **REVISIÓN** EDITAR

Envío

Autores Yoana Dini, Verónica S. Ciganda 

Título Avances en la estimación del consumo bovino en Uruguay utilizando marcadores externos: Óxido de Titanio.

Categoría Artículo de investigación

Editor/a Daniela Paladino 
Fernando Garcia Prechac 
Mariana Carriquiry 

Revisión por pares

Ronda 1

Versión de revisión	1239-5196-1-RV.DOC	2016-07-21
Iniciado		2016-08-05
Última modificación		2016-12-09
archivo subido		Ninguno

Decisión editorial

Decisión	—
Notificar a editor/a	 Editar el registro de autor/a  2016-09-23
Versión del / de la editor/a	Ninguno
Versión del / de la autor/a	Ninguno



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA



INIA
URUGUAY



SMVU
SOCIEDAD DE MEDICINA VETERINARIA DEL URUGUAY

USUARIO/A
Su identificación actual es...
vciganda

- [Mi Perfil](#)
- [Salir](#)

AUTOR/A

Envíos

- [Activo](#) (1)
- [Archive](#) (0)
- [Nuevo envío](#)

CONTENIDO DE LA REVISTA

4 **Autores:** Dini Yoana^{1,3}, Ciganda Verónica^{2,*}

5 ¹UdelaR, Facultad de Veterinaria, Dpto. de Nutrición Animal. ²Instituto Nacional de Investigación
6 Agropecuaria, Programa de Producción y Sustentabilidad Ambiental. Ruta 50 km 11, Estación
7 Experimental La Estanzuela, Colonia. ³Becaria Doctoral ANII.

8 *E-mail: vciganda@inia.org.uy

9

10

11

12

13

14

15

16

1

2

3

4

5

6

7

8

9 Estimación de consumo animal por Óxido de Titanio

10

1 **Avances en la estimación del consumo bovino en Uruguay utilizando**
2 **marcadores externos: Óxido de Titanio.**

3 **Autores:** Dini Yoana^{1,3}, Ciganda Verónica S.^{2,*}

4 ¹UdelaR, Facultad de Veterinaria, Dpto. de Nutrición Animal. ²Instituto Nacional de Investigación
5 Agropecuaria, Programa de Producción y Sustentabilidad Ambiental. Ruta 50 km 11, Estación
6 Experimental La Estanzuela, Colonia. ³Becaria Doctoral ANII.

7 *E-mail: vciganda@inia.org.uy

8

9 **Resumen**

10 **Avances en la estimación del consumo bovino en Uruguay utilizando marcadores**
11 **externos: Óxido de Titanio.**

12 El consumo de materia seca no es una variable fácil de determinar en animales bajo condiciones
13 de pastoreo. Si bien existen numerosas técnicas que permiten la estimación de la misma con
14 determinaciones directas e indirectas el comportamiento selectivo animal en condiciones de
15 pastoreo incorpora otra fuente de variabilidad a esta determinación. Es por ello que la estimación
16 por métodos directos (i.e. oferta y rechazo) ha generado importantes imprecisiones. En este
17 sentido las técnicas de estimación indirecta permiten disminuir dicha variabilidad siempre que se
18 logre una estabilidad del marcador seleccionado en el tracto digestivo animal. El uso de dióxido
19 de titanio (TiO₂) se ha presentado como una alternativa al óxido de cromo (Cr₂O₃) por tener una
20 alta precisión en la estimación del consumo y ser inocuo para el operario. Por lo cual, el objetivo
21 de este estudio fue la estimación del consumo animal utilizando la técnica de TiO₂ como
22 marcador externo en rumiantes bovinos en condiciones de pastoreo en Uruguay. Si bien se trata
23 de una primera aproximación a nivel nacional, la técnica resultó de fácil implementación y se
24 obtuvieron valores de flujo del marcador constantes. Los resultados también mostraron una

1 elevada asociación entre los valores medidos y estimados del consumo de materia seca
2 ($r^2=0.87$) mostrando el cuadrado medio del error un valor inferior a 1.5 kg d⁻¹.

3 **Palabras clave:** Consumo Animal, Marcador Externo, Óxido de Titanio, Pastoreo

4 **Summary**

5 **Advances in the estimation of cattle feed intake in Uruguay using external markers:**
6 **Titanium oxide.**

7 Dry matter intake (DMI) by grazing animals is a challenging variable to be measured. Although
8 there are many direct and indirect techniques use to determine DMI, the fact of herbage selection
9 by animals involves an extra source of variability for such determination. For this reason, the
10 direct determination of DMI, as the difference between herbage offered and herbage refused, has
11 lead to important imprecision. On the other hand, indirect techniques allow to reduce such
12 variability once the external marker provided to the animal reaches stability inside its intestinal
13 tract system. The external marker titanium dioxide (TiO₂) has been used as an alternative to
14 chromium oxide (Cr₂O₃) because its high precision in DMI estimation and because its
15 manipulation does not causes any human health problems. Therefore, the objective of this study
16 was to determine DMI by grazing beef cattle in Uruguay using the indirect technique based on
17 TiO₂ as external marker. This study has been the first approach of using the technique at national
18 level and it has not only showed that it is easy and simple to carry out, but it also showed
19 constant values of the marker flux within the animal intestinal tract system. The results also
20 showed a high association ($r^2=0.87$) between measured and estimated DMI values with a RMSE
21 <1.5 kg d⁻¹.

22 **Key words:** Animal intake, External marker, Titanium oxide, Grazing conditions

23

1 Introducción

2 La determinación del consumo de materia seca (MSI) es de fundamental importancia
3 para la nutrición animal de los rumiantes y para conocer la cantidad de nutrientes disponibles
4 para las funciones de mantenimiento, producción y preñez del animal (National Research
5 Council, 2001). En condiciones de pastoreo, el consumo de forraje es una información muy
6 importante y necesaria para evaluar el estado nutricional de los rumiantes en diferentes
7 sistemas. Sin embargo, la medición directa de la ingesta de forraje de rumiantes en pastoreo no
8 es simple de implementar ya que no se dispone de metodologías fáciles y precisas. Este tipo de
9 mediciones se basan mayoritariamente en la diferencia existente entre la estimación de forraje a
10 través de corte y pesado previo al pastoreo (i.e. estimación de oferta) y la estimación del forraje
11 posterior al mismo (i.e. estimación de rechazo). El tamaño de la superficie de corte o muestreo,
12 la distribución de los puntos de muestreo, el número de muestras, la altura de corte así como el
13 tipo de pastura generan importantes imprecisiones en esta metodología (Latinga *et al.*, 2004).

14 El consumo de forraje de animales en pastoreo ha sido también estimado en forma indirecta
15 utilizando diversos métodos basados en marcadores inertes externos e internos. Algunos
16 ejemplos de marcadores externos son los n-Alcanos, el óxido de cromo (Cr_2O_3), tierras extrañas,
17 el polietilenglicol, el óxido de titanio (TiO_2), y el iterbio. Entre los marcadores internos se han
18 utilizado principalmente técnicas que requieren de disponer de los valores de la proteína fecal o
19 de la composición de la fibra ingerida. Los marcadores externos son administrados por vía oral,
20 donde la concentración del marcador se determina en muestras fecales para estimar la excreción
21 fecal. Owens y Hanson (1992) afirman que un marcador inerte ideal debe tener las siguientes
22 propiedades: no se puede absorber o ser afectado por el tracto digestivo, no debe influir en la
23 fermentación ruminal, debe detectarse a bajas concentraciones, debe ser inerte y no debe ser
24 tóxico. En general, una propiedad crucial de un marcador inerte es una recuperación alta y

1 constante en las heces. En este sentido, Owens y Hanson (1992), usan el término de flujo (g/d)
2 como forma de determinar el correcto tránsito del marcador en el tracto digestivo. Dicho flujo se
3 calcula como el cociente entre la dosis y la concentración del marcador. Este cálculo asume que
4 se ha logrado un estado de equilibrio del marcador en el rumen. Para ello, Glindemann *et al.*
5 (2009) reportan que cuando el TiO_2 es utilizado como marcador externo, se logra un equilibrio
6 entre el consumo y la excreción del TiO_2 en rumen en al menos 5 días luego de la administración
7 inicial de TiO_2 .

8 En el pasado, el Cr_2O_3 era uno de los marcadores inertes más comúnmente utilizados para
9 predecir la excreción fecal en rumiantes en pastoreo (Glindemann *et al.*, 2009). Sin embargo,
10 estudios en rumiantes alimentados con forraje han demostrado que la recuperación fecal de
11 Cr_2O_3 a menudo es muy variable entre los animales (93-113%), así como también se reportan
12 variaciones diurnas significativas (Titgemeyer *et al.*, 2001). Pese a su mayor recuperación en
13 heces (en comparación a la recuperación fecal del TiO_2 : 93-95%; Titgemeyer *et al.*, 2001) el
14 Cr_2O_3 no está aprobado como un aditivo de la dieta animal debido a sus efectos nocivos sobre la
15 salud humana, cuando el mismo es inhalado.

16 El uso de n-alcános (Dove y Mayes, 2006) también ha sido amplia y exitosamente utilizado para
17 la determinación del consumo animal en pastoreo (Fajardo *et al.*, 2015; Trujillo *et al.*, 2013). Sin
18 embargo, si el forraje presenta algún grado de heterogeneidad (varias especies y/o avance en
19 estado fenológico) se generan algunas dificultades para la estimación del consumo. Para
20 sobrellevar esta limitante se debe hacer un buen ajuste o valoración en laboratorio de la
21 concentración de alcános en las especies o partes de plantas que el animal consume (Alvarado
22 com. pers., 2016).

23 Diversas comparaciones entre Cr_2O_3 y TiO_2 en cerdos (Jagger *et al.*, 1992), en vacunos
24 (Titgemeyer *et al.*, 2001) y en ovejas (Myers *et al.*, 2006) han demostrado que el TiO_2 es una
25 alternativa al Cr_2O_3 como marcador para estudios en rumiantes. En el caso de Titgemeyer *et al.*

1 (2001) reportaron en vacunos recuperaciones fecales de Cr_2O_3 y TiO_2 que no fueron diferentes
2 estadísticamente entre sí (Cr_2O_3 : $P \geq 0,25$; y TiO_2 : $P \geq 0,17$), siendo la recuperación promedio
3 de TiO_2 de 94,6% y la de Cr_2O_3 de 112,3%. Si bien estos valores reportados no muestran
4 diferencias estadísticas, los autores enfatizan que se deben realizar un mayor número de
5 trabajos que usen el TiO_2 como marcador externo, destacándose la inocuidad del mismo para la
6 salud humana. De Souza *et al.* (2015) plantean que el TiO_2 es superior al Cr_2O_3 como marcador
7 externo en vacas lecheras, ya que lograron un menor error en la estimación del forraje
8 consumido.

9 Existen diferentes trabajos que reportan el uso de TiO_2 como marcador externo para la
10 determinación de consumo animal, utilizándose a su vez diferentes especies, entre ellas aves,
11 ovinos y vacunos. Originalmente, la técnica fue reportada por Short *et al.* (1996) quienes
12 describen el procedimiento para el análisis de TiO_2 en los excrementos de pollo basados en
13 modificaciones del procedimiento de Leone (1973). Short *et al.* (1996) fue posteriormente
14 modificado por Titgemeyer *et al.* (2001) para el análisis de TiO_2 en muestras fecales bovinas.

15 Otros estudios reportan el uso exitoso de la técnica en ratas (Krawielitzki *et al.*, 1987), cerdos
16 (Jagger *et al.*, 1992), vacas lecheras (Hafez *et al.*, 1988) y ovinos (Glindemann *et al.*, 2009).

17 En Uruguay, las mediciones del consumo de forraje en animales en condiciones de pastoreo
18 se han realizado utilizando principalmente la metodología de oferta y rechazo de forraje (Beretta
19 *et al.*, 2013). Asimismo, se han reportado algunos casos donde se utilizan mediciones indirectas
20 utilizando marcadores externos como el Cr_2O_3 (Dini *et al.*, 2012) o los Alcanos (Fajardo *et al.*,
21 2015; Trujillo *et al.*, 2013). Sin embargo, aún no existen reportes a nivel nacional de trabajos
22 científicos que hayan basado la estimación del consumo animal de materia seca utilizando el
23 TiO_2 como marcador externo en condiciones de pastoreo.

1 La hipótesis de este trabajo es que la utilización de la técnica del TiO₂ como marcador
2 externo para la determinación de consumo de forraje en rumiantes en condiciones de pastoreo
3 logra una estimación precisa del mismo a través de una elevada y constante recuperación del
4 marcador en las heces.

5 El objetivo de este estudio es la estimación del consumo animal utilizando la técnica de TiO₂
6 como marcador externo en rumiantes bovinos en condiciones de pastoreo en Uruguay.

7 **Materiales y métodos**

8 En la Estación Experimental de INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay, se realizó un
9 experimento durante la primavera del año 2013. Se evaluaron 20 vaquillonas Hereford y se
10 utilizó un diseño estadístico experimental del tipo "cross over" incluyendo dos tratamientos y dos
11 períodos de cinco días de medición. El tratamiento 1 (T1) consistió en el pastoreo animal sobre
12 una pastura sembrada compuesta principalmente por *Bromus catharticus* (Cebadilla) y *Trifolium*
13 *pratense* (Trébol rojo). El tratamiento 2 (T2) consistió en el pastoreo animal sobre un campo
14 natural degradado con predominancia *Cynodon dactylon* (gramilla) y *Paspalum sp.* .

15 El pastoreo fue realizado en franjas diarias, con una asignación inicial del 5% del PV a fin de no
16 restringir el consumo en pastoreo permitiéndose el consumo *ad libitum* de la pastura. La
17 disponibilidad inicial de forraje (>5 cm) así como del forraje remanente, se determinó en cada
18 franja diaria mediante corte de 3 puntos al azar utilizando cuadros de 0,2 m². Las muestras de
19 forraje se pesaron en fresco y se llevaron a estufa a 60 °C durante 48 h para la determinación de
20 materia seca (MS).

21 En cada tratamiento el consumo animal de forraje fue determinado utilizando la técnica del TiO₂
22 como marcador externo. Previo al comienzo de las mediciones los animales realizaron un
23 período de acostumbramiento a la dieta de ocho días durante el cual se les suministró
24 diariamente TiO₂ puro a razón de 10 g/animal (Titgemeyer *et al.*, 2001) para asegurar una

1 adecuada recuperación del marcador en heces (Pinares Patiño com. pers) y lograr la
2 estabilización ruminal del TiO_2 (Glindemann, 2009). La dosificación diaria fue realizada utilizando
3 cápsulas de gelatina de cerdo conteniendo los 10 g de TiO_2 (Figura 1) las cuales fueron
4 suministradas a los animales a través de un lanza-bolo comercial (Figura 2).

5 Intercalar Figura 1

6 Intercalar Figura 2

7 Durante el período de mediciones se colectaron diariamente las heces de cada animal una sola
8 vez al día. Las mismas fueron pesadas individualmente y se llevaron a estufa a $60^\circ C$ para la
9 determinación del contenido de materia seca (MS). A partir de las colectas diarias, se obtuvo una
10 muestra compuesta por animal en cada período de medición (pool semanal). Cada muestra
11 compuesta de cada animal se confeccionó utilizando 2 gr del total de heces colectadas
12 diariamente, se mezclaron y molieron utilizando un tamiz de malla de 1 mm. Cada pool fue
13 ingresado al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela para determinar su
14 composición química: MS, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (L)
15 y cenizas (C).

16 La concentración de TiO_2 en heces se analizó en laboratorio utilizando el procedimiento descrito
17 por Short *et al.* (1996) y por Myers *et al.* (2004). Para ello se tomó una submuestra de heces de
18 cada muestra compuesta por animal. La submuestra fue pesada y se la llevó a cenizar por 13
19 horas a $580^\circ C$. A esto se le agregó H_2SO_4 7.4 M y se realizó la digestión del material. Con un
20 previo filtrado y dilución la muestra se llevó a un espectrofotómetro, donde se realizó la lectura
21 colorimétrica a 410 nm. Al mismo tiempo se elaboró una escala a partir de una solución patrón
22 de 300 ppm de Ti obteniendo un rango de 0 a 30 ppm de Ti, la cual permitió obtener los valores
23 de Ti en heces y la posterior estimación del consumo animal (MSI, $kg\ d^{-1}$). En primer lugar, se

1 calculó la producción de MS fecal (kg d^{-1}), a partir de la dosis de TiO_2 y de la concentración de
2 TiO_2 en las heces utilizando la ecuación 1 (Pinares Patiño *et al.*, 2003):

$$3 \text{ MS fecal (kg d}^{-1}\text{)} = \text{dosis de TiO}_2 \text{ (mg d}^{-1}\text{)}/\text{concentración de TiO}_2 \text{ en heces (mg kg}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

4 La MSI (kg d^{-1}) de cada animal se calculó a partir de la MS en heces y la digestibilidad (DMS)
5 del alimento consumido (pastura o campo degradado en este caso) utilizando la ecuación 2
6 (Corbett y Freer, 1995 citado por Pinares Patiño *et al.*, 2003):

$$7 \text{ MSI (kg d}^{-1}\text{)} = \text{MS fecal (kg d}^{-1}\text{)} \times 100/(100 - \text{DMS}) \quad (2)$$

8 Los datos de consumo animal y peso vivo animal fueron corridos por PROC MIXED de SAS
9 (versión 9.0; SAS Institute, Cary, NC, USA), utilizando el siguiente modelo:

$$10 \quad Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_j + P_k + A_l + (T \times E)_{ij} + e_{ijkl}$$

11 Donde Y_{ijkl} es la variable dependiente, μ es la media general, T_i es el efecto fijo del tratamiento
12 ($i = 1$ y 2), E_j es el efecto fijo de la estación ($j = 1$ y 2), P_k es el efecto del periodo (analizado
13 como efecto aleatorio; $k = 1$ a 4), A_l es el efecto animal (analizado como efecto aleatorio: $l = 1$ a
14 10), $(T \times E)_{ij}$ es la interacción entre tratamiento y estación y e_{ijkl} es el error residual.

15 Los resultados obtenidos de MSI medidos a través de la técnica del TiO_2 fueron comparados con
16 los datos de MSI estimada como el consumo máximo esperable para esta categoría animal
17 (Mendoza *et al.*, 2003). La precisión de los resultados obtenidos con la técnica del TiO_2 respecto
18 a los consumos estimados a partir de las ecuaciones citadas por Mendoza *et al.* (2003) fue
19 calculada utilizando el cuadrado medio del error (RMSE).

20 **Resultados y Discusión**

21 La tasa de flujo del marcador TiO_2 en el tracto digestivo mostró valores constantes entre
22 animales y entre tratamientos (Cuadro 1). Esta estabilidad muestra la ocurrencia de un correcto
23 pasaje del marcador por el tracto digestivo de los animales lo cual estaría indicando la precisión
24 de los resultados obtenidos.

1 Intercalar Cuadro 1

2 Estos resultados coinciden con los reportados por Owens y Hanson (1992) quienes afirman que
3 cuando se logra una estabilización ruminal del TiO_2 y se llega a un estado de equilibrio, la
4 concentración del marcador será constante en las muestras de heces, lo que permite calcular la
5 tasa de flujo (ml/d ó g/d) como el cociente entre la dosis suministrada del marcador (mg/d) y la
6 concentración del marcador en las heces (mg/ml ó mg/g). A su vez, De Souza *et al.* (2015) y
7 Sampaio *et al.* (2011) también encontraron una destacada estabilidad del uso del TiO_2 como
8 marcador externo y sugieren la selección de esta técnica para determinar consumo en pastoreo
9 debido a su elevada precisión.

10 Los menores valores de consumo (MSI, $kg\ d^{-1}$) obtenidos en el Campo Natural Degradado (T1)
11 respecto a la pastura cultivada (T2) (Figura 3) estarían asociados a la inferior calidad nutricional
12 de T1 (Cuadro 2). El mismo presentó valores de FDN 15% superiores a los de la pastura artificial
13 y de digestibilidad de la MS significativamente inferiores. Esto coincide con Garcia *et al.* (2003)
14 quienes demostraron que la performance animal está más relacionada con la ingesta de forraje
15 que con la de calidad del mismo, debido a que la tendencia de los rumiantes en pastoreo para
16 mantener su calidad de la dieta es el de la selección de forraje.

17 Intercalar Figura 3

18 Intercalar Cuadro N°2

19 La comparación entre los resultados de MSI obtenidos en ambos tratamientos a través de la
20 técnica del TiO_2 respecto a los estimados a partir del consumo máximo esperable para esta
21 categoría animal (Mendoza *et al.*, 2003) mostró una asociación importante entre ambas
22 metodologías ($r^2=0.87$). (Figura 4). A su vez, la MSI medida a través del TiO_2 mostró una
23 sobreestimación inferior a $1.5\ kg\ d^{-1}$ respecto a los valores estimados (Figura 4). Estos

1 resultados ratifican la confiabilidad en la utilización de la técnica del TiO_2 y su independencia
2 respecto al conocimiento o disponibilidad de información de la composición química de la pastura
3 en estudio.

4 Intercalar Figura 4

5 Si bien la técnica del TiO_2 resultó de fácil implementación y se obtuvieron valores de flujo del
6 marcador constantes, así como estimaciones de consumo esperables, se considera que el
7 incremento en la dosificación, pasando de una a dos veces por día mejoraría aún más la
8 precisión de la misma. Esto es ratificado por Owens y Hanson (1992) y Pinares Patiño (com.
9 pers.) quienes plantean que la dosificación dos veces al día podría reducir la variación de la
10 concentración en las heces. Sin embargo, Owens y Hanson (1992) también plantean que el
11 incremento en la frecuencia de la dosificación podría alterar el comportamiento de los animales
12 en pastoreo afectando los resultados, lo que hace necesario contar con mayor cantidad de
13 estudios en este tema.

14

15 **Conclusión**

16 La utilización del método de estimación de consumo con el marcador externo TiO_2 resultó exitosa
17 y simple de implementar en las condiciones de producción nacionales. De todas formas, es
18 necesario continuar con estudios de validación de este método con mediciones de consumo
19 automáticas o manuales de alta precisión. La repetición de este trabajo duplicando el número de
20 dosificaciones, teniendo en cuenta además su efecto en el comportamiento animal e incluyendo
21 la colecta diaria total de heces por animal aportará importante información nacional respecto al
22 potencial de la técnica del TiO_2 y sobre su precisión en la estimación del consumo animal.

23

24 **Agradecimientos**

1 Se agradece al Dr. Cesar Pinares Patiño por su disposición frente a las frecuentes consultas
2 realizadas, aportando su valiosa experiencia para realizar este estudio. Se agradece
3 especialmente la participación de la Bach. Julieta Mariotta quien facilitó la realización de los
4 trabajos de campo y laboratorio.

5 **Bibliografía**

6 Beretta V, Simeone A, Bentancur O. 2013. Manejo de la sombra asociado a la restricción del
7 pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Agrociencia*, 17 (1):
8 137-140.

9 Corbett JL, Freer M. 1995. Ingestion et digestion chez les ruminants au pâturage. En: Jarrige R,
10 Ruckebusch Y, Demarquilly C, Farce M, Journet M. (Eds.). *Nutrition des ruminants domestiques*,
11 ingestion et digestion. Paris, France: INRA Editions. 871-900.

12 De Souza J, Batstel F, Welter K, Mendes Silva M, Fleury Costa D, Portela Santos F. 2015.
13 *Tropical Animal Health Production*, 47:265–268.

14 Dini Y, Gere J, Briano C, Manetti M, Juliarena P, Picasso V, Gratton R, Astigarraga L. 2012.
15 Methane Emission and Milk Production of Dairy Cows Grazing Pastures Rich in Legumes or Rich
16 in Grasses in Uruguay. *Animals*, 2: 288-300.

17 Dove H, Mayes R. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds
18 and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores.
19 *Nature Protocols*, 1 (4): 1680-1697.

20 Fajardo M, Mattiauda D, Motta G, Genro T, Meikle A, Carriquiry M, Chilbroste P. 2015. Use of
21 mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation
22 Holstein cows. *Livestock Science*, 181: 51-57.

- 1 Garcia F, Carrere P, Soussana JF, Baumont R. 2003. The ability of sheep at different stocking
2 rates to maintain the quality and quantity of their diet during the grazing season. *Journal*
3 *Agriculture Science*, 140: 113-124.
- 4 Glindemann T, Tas B, Wang C, Alvers S, Susenbeth A. 2009. Evaluation of titanium dioxide as
5 an inert marker for estimating faecal excretion in grazing sheep. *Animal Feed Science and*
6 *Technology*, 152: 186-197.
- 7 Hafez S, Junge W, Kalm E. 1988. Estimate of digestibility in dairy cows using an indicator method
8 in comparison to the Hohenheimer feed value test. *Archiv fur Tierernahrung*, 38 (10): 929-945.
- 9 Jagger S, Wiseman J, Cole DJA, Craigon J. 1992. Evaluation of inert markers for the
10 determination of ileal and fecal apparent digestibility values in the pig. *British Journal of Nutrition*,
11 68: 729-739.
- 12 Krawielitzki K, Schadereit R, Borgmann E, Evers B. 1987. Cr₂O₃ and TiO₂ as markers for
13 estimating passage rate and protein digestibility in rats. *Archives of Animal Nutrition*, 37: 1085-
14 1099.
- 15 Latinga E, Neuteboom J, y Meijs J. 2004. Sward Methods. In: P. Penning, Herbage intake
16 handbook (2nd ed., pp. 23-52). Reading: *The British Grassland Society*.
- 17 Leone JL. 1973. Collaborative study of the quantitative determination of titanium dioxide in
18 cheese. *Journal of AOAC International*, 56: 535-537.
- 19 Mendoza M, Pinos J, Ricalde V, Aranda I, Rojo R. 2003. Modelo de simulación para estimar el
20 balance calórico de bovinos en pastoreo. *Interciencia*. 28: 202-207.

- 1 Myers WD, Ludden PA, Nayigihugu V, Hess BW. 2006. Excretion of titanium dioxide and chromic
2 oxide in duodenal digesta and feces of ewes. *Small Ruminant Research*, 63: 135-214.
- 3 Myers WD, Ludden PA, Nayigihugu V, Hess BW. 2004. A procedure for the preparation and
4 quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *Journal Animal Science*, 82: 179-183.
- 5 National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised edition.
6 National Academy Press. Washington DC, USA.
- 7 Owens F, Hanson CF. 1992. External and internal markers for appraising site and extent of
8 digestion in ruminants. *Journal Dairy Science*, 75: 2605-2617.
- 9 Pinares Patiño CS, Baumont R, Martin C. 2003. Methane emissions by Charolais cows grazing a
10 monospecific pasture of timothy at four stages of maturity. *Canadian Journal of Animal Science*,
11 83: 769-777.
- 12 Sampaio C, Detmann E, Valente T, Costa V, Valadares Filho S, Queiroz A. 2011. Fecal excretion
13 patterns and short term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle.
14 *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(3): 657-665.
- 15 Short FJ, Gorton P, Wiseman J, Boorman KN. 1996. Determination of titanium dioxide added as
16 an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal Feed Science and Technology*, 59: 215-
17 221.
- 18 Titgemeyer EC, Armendariz CK, Bindel DJ, Greenwood RH, Löest CA. 2001. Evaluation of
19 titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *Journal Animal Science*, 79: 1059-1063.
- 20 Trujillo AI, Casal A, Peñagaricano F, Carriquiry M, Chilibroste P. 2013. Association of SNP of
21 neuropeptide Y, leptin, and IGF-1 genes with residual feed intake in confinement and under
22 grazing condition in Angus cattle. *Journal Animal Science*, 91: 4235-4244.

Anexo 6

Resúmenes, Seminarios y otros eventos de difusión

~~Anexo 1.~~ Publicaciones del proyecto como presentación de resultados del proyecto en congresos científicos y artículos divulgativos.

~~Anexo 1.1~~ Óxido nitroso, Conferencia GALA

EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO EN UNA PRADERA PERMANENTE FERTILIZADA CON DISTINTAS FUENTES DE NITROGENO EN UN SUELO VOLCANICO DEL SUR DE CHILE

Nitrous oxide emissions from a permanent grassland fertilized with different nitrogen sources in a volcanic soil of Southern Chile

Marta Alfaro, Erika Vistoso, Francisco Salazar, Sara Hube, Luis Ramírez y Ana Rosas

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Remehue), Casilla 24-O, Osorno, Chile, E-mail correspondencia: malfaro@inia.cl

INTRODUCCIÓN

Las emisiones de óxido nitroso (N_2O) por adición de urea en suelos volcánicos en el sur de Chile son bajas (Vistoso et al., 2012). Esto estaría asociado a la baja nitrificación que ocurre en este tipo de suelos en el sur de Chile (Cárdenas et al., 2013). Sin embargo, se desconoce si las emisiones de $N-N_2O$ aumentan cuando el nitrógeno (N) es adicionado de forma orgánica líquida y en altas cantidades como ocurre en las manchas de orina bajo condiciones de pastoreo con vacas lecheras. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de fuentes de nitrógeno inorgánica y orgánica sobre las emisiones de $N-N_2O$ en un suelo volcánico del sur de Chile y evaluar sus implicancias productivas, cuando se combinan con estrategias de mitigación de estas emisiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se extendió entre el 27 de septiembre 2012 y el 23 de septiembre de 2013 en una pradera permanente de cinco años de antigüedad dominada por *Lolium perenne* L., sin pastoreo, ubicada en INIA Remehue (serie Osorno, Typic Hapludand; 40°31' S 73°03' O, sin restricciones de fertilidad). Los tratamientos fueron: control (N = 0), 100 kg N ha⁻¹ como N amoniacal (urea, 46% N) y 700 kg N ha⁻¹ como orina bovina, solos o en combinación con la adición de inhibidores de la nitrificación en el marco de la evaluación de una estrategia de mitigación de las emisiones. Esta estrategia incluyó

para la aplicación de primavera, un inhibidor de la ureasa (0,25 g n-butil triamida tiofosfórica kg⁻¹ N) y, para la aplicación de otoño, un inhibidor de la nitrificación (10 kg Diciandamida ha⁻¹). Los tratamientos fueron aplicados a parcelas de 2x1m, distribuidas en un diseño de bloques completos al azar con cinco réplicas. Las parcelas además recibieron una fertilización base de 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ (SFT), 120 kg KO ha⁻¹ (KCl), 40 kg S ha⁻¹ (yeso agrícola) y 20 kg Mg ha⁻¹ (MgO). Las emisiones de N-N₂O fueron cuantificadas a los t0, t20 y t40 minutos en cada fecha de muestreo, por todo el periodo de evaluación utilizando cámaras estáticas (Saggar et al., 2004). La producción de materia seca se determinó por corte directo y secado a 65°C hasta peso constante en un horno de ventilación forzada. Se calculó la emisión total de N-N₂O y el factor de emisión (FE) en cada tratamiento, como la emisión efectiva de N-N₂O en relación al N adicionado como fertilizante (%). Los resultados fueron analizados mediante ANOVA y test de Tukey (p≤0,05; Genstat 12.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La emisión acumulada de los tratamientos varió entre 0,4±0,03 y 1,9±0,13 kg N-N₂O ha⁻¹ año⁻¹ para el tratamiento control y con aplicación de orina, respectivamente (p≤0,05). La estrategia de mitigación redujo las emisiones de N-N₂O en un 37% sólo cuando los inhibidores se usaron en combinación con urea (p≤0,05; Figura 1a), debido probablemente al exceso de N aportado por la orina, que limitó la acción de los inhibidores. Los FE medidos se encuentran por debajo del valor por defecto reportado por el IPCC para esta forma de N (1%). La estrategia de mitigación redujo el FE por uso de urea en praderas en un 64%, desde 0,28 a 0,1% (p≤0,05). El FE por uso de N en la forma de orina fue de 0,12%, en promedio para los tratamientos con y sin estrategia de mitigación (p>0,05).

Los rendimientos de materia seca obtenidos fueron más altos en los tratamientos con adición de orina (p≤0,05; Figura 1b), debido probablemente a la mayor cantidad de N total aplicado en estos tratamientos. El uso de la estrategia de mitigación no afectó el rendimiento de forraje de la pradera (p>0,05; Figura 1b), debido probablemente a la dinámica diferencial de adsorción de N en estos suelos, lo que impide un exceso de N disponible en la solución de suelo disponible para el crecimiento de las plantas o susceptible de ser perdido a la atmosfera, en concordancia con los resultados de Cárdenas et al. (2013).

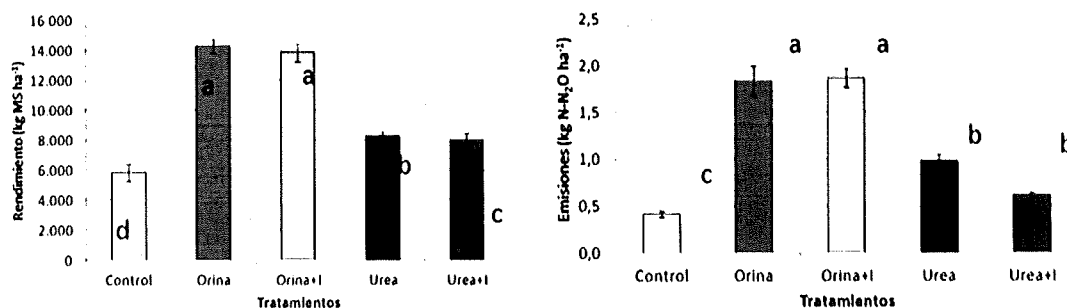


Figura 1. Emisiones totales (kg N-N₂O ha⁻¹) y rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) por tratamiento, incluyendo una estrategia de mitigación con uso de inhibidores de la nitrificación (+) durante el periodo de evaluación de septiembre 2012-septiembre 2013.

CONCLUSIONES

Las emisiones de N-N₂O aumentaron 4,7 veces, en promedio, con la aplicación de N (P<0,05). Los FE cuantificados fueron bajos, siendo entre 3 (urea) y 10 veces (urea+mitigación) más bajos que los sugeridos por el IPCC para el uso de este tipo de N. El FE se redujo en un 64% por implementación del uso de inhibidores, sólo en combinación con urea. La reducción de las emisiones no resultó en un aumento del rendimiento de la pradera, lo que puede limitar la adopción de esta medida de mitigación por parte de los productores.

REFERENCIAS

- CARDENAS, L.M., HATCH, D.J., SCHOLEFIELD, D., JHURREEA, D., CLARK, I.M., HIRSCH, P.R., SALAZAR, F., RAO-RAVELLA, S. ALFARO, M. 2013. Potential mineralisation and nitrification in volcanic grassland soils in Chile. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59: 1-12
- SAGGAR, S., ANDREW, R., TATE, K., HEDLEY, C., RODDA, N., TOWNSEND, J. 2004. Nutrient Cycling *Agroecosystems* 68:243-255.
- VISTOSO, E., ALFARO, M., SAGGAR, S., SALAZAR, F. 2012. Effect of nitrogen inhibitors on nitrous oxide emissions and pasture growth following an autumn application in a volcanic soil. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72:133-139.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto Fontagro FTG/RF-1028-RG y por INIA.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON CONCENTRADO SOBRE LAS EMISIONES DE METANO Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE VACAS LECHERAS EN LACTANCIA TARDÍA

Effects of autumn concentrate supplementation on methane emissions and production performance of late lactation dairy cows

Denisse Herrera¹, Sara Hube², Jorge Morales², Emilio Ungerfeld³ y Camila Muñoz^{2*}

¹Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Medicina Veterinaria, Santiago, Chile. ²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue, Osorno, Chile. *E-mail autor correspondencia: camila.muñoz@inia.cl. ³Científico visitante INIA Remehue, Osorno, Chile.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos digeridos por los rumiantes les proporcionan la energía y los nutrientes necesarios para fines de mantención y productivos. La generación de gas metano (CH₄) ocurre como consecuencia de la fermentación de los alimentos por actividad microbiana en el rumen. Uno de los problemas que provocan las emisiones de CH₄ al ser liberadas a la atmósfera, es su contribución al fenómeno del calentamiento global al ser un gas de efecto invernadero (GEI). Además, las emisiones de metano representan una pérdida de alrededor del 5 a 7% de la energía bruta que entregan los sustratos alimenticios (Hristov et al., 2013). Existen diferentes estrategias para reducir las emisiones de CH₄, una de las cuales es la manipulación de la dieta. Recientemente, se han realizado las primeras mediciones de metano entérico en Chile en bovinos de leche a pastoreo (Muñoz et al., 2013). En dicho estudio, el aumento de la suplementación con concentrado (1 vs. 5 kg por vaca/d) de vacas lecheras en lactancia media resultó en un incremento de la producción diaria de leche y CH₄ total, sin afectar las emisiones de CH₄ por unidad de producto. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la suplementación con concentrados en sobre las emisiones de CH₄ entérico y la producción de vacas lecheras en lactancia tardía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en INIA Remehue, Osorno, durante el mes de Abril de 2014. Se utilizaron 24 vacas Holstein Friesian múltiparas con una producción inicial de leche de 15,2 ± 3,5 kg, 253 ± 18 días en lactancia y una masa corporal promedio de 597 ± 39 kg. Las vacas fueron asignadas al azar a 1 de 2 tratamientos. Los tratamientos consistieron en 2 niveles de suplementación: 4 y 8 kg de concentrado (TCO) por animal, ofrecidos en 2 raciones iguales durante la ordeña. Las vacas recibieron una dieta diaria compuesta por una oferta de 2 kg de materia seca (MS) de pradera medida >3cm, 8 kg de heno de pradera

(TCO) y el tratamiento asignado. Se utilizó una pradera de ballica perenne (*Lolium perenne*) manejada en franjas utilizando cerco eléctrico temporal. El experimento tuvo una duración de 3 semanas, 2 semanas de adaptación a la dieta y 1 semana de medición. La emisión de CH₄ entérico fue medida los últimos siete días del ensayo, mediante la técnica de gas marcador hexafluoruro de azufre (SF₆; Johnson et al., 2007). Los consumos aparentes grupales de pradera fueron estimados con plato medidor de forraje pre- y post-pastoreo. Los datos se analizaron mediante análisis de medidas repetidas con un modelo mixto incluyendo el efecto aleatorio del animal, y los efectos fijos del tratamiento, el día de medición, las interacciones y el residual. La significancia estadística fue declarada en $P < 0,05$ y las interacciones se eliminaron si $P > 0,10$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los consumos grupales diarios estimados fueron 12,3 y 15,2 kg MS para los tratamientos 4 y 8 kg de concentrado, respectivamente (Cuadro 1). No hubo diferencia en producción diaria de leche entre tratamientos ($P > 0,05$). El aumento de la suplementación con concentrado incrementó las emisiones diarias de CH₄ total ($P < 0,05$). Sin embargo, la emisión de CH₄ por unidad de MS ingerida fue menor para el tratamiento de 8 kg de concentrado que para el tratamiento de 4 kg de concentrado ($P < 0,05$). La emisión de CH₄ por unidad de leche no fue afectada por los tratamientos ($P > 0,05$). Esto puede estar relacionado con el bajo potencial de producción de leche de vacas en lactancia tardía, por lo que la respuesta a la suplementación fue baja y no resultó en menos CH₄ por litro de leche.

Cuadro 1. Efecto de la suplementación con concentrado sobre la producción de leche y las emisiones de metano (CH₄) de vacas lecheras a pastoreo.

	4 kg concentrado	8 kg concentrado	ES	P
Producción leche (kg/d)	9,6	11,1	0,97	0,288
CH ₄ (g/d)	290	321	9,08	0,026
CH ₄ (g/kg MS ingerida)	23,6	21,1	0,64	0,014
CH ₄ (g/kg de leche)	35,8	33,7	5,66	0,796

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente ensayo, el aumento de la suplementación con concentrado resultó en un incremento de la producción diaria de CH₄ total, y en una disminución de CH₄ por unidad de consumo. Sin embargo, las emisiones de CH₄ entérico por kg de leche no fueron afectadas. Para vacas en lactancia tardía, el aumento de la suplementación con concentrado no contribuye a disminuir las emisiones de CH₄.

REFERENCIAS

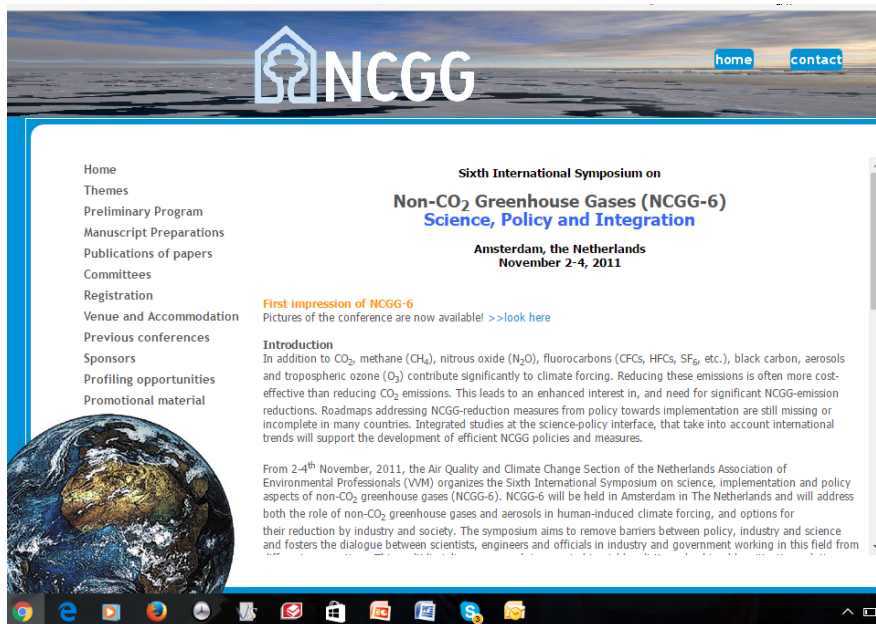
HRISTOV, A.; OH, J.; FIRKINS, J.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; WAGHORN, G.; MAKKAR, H.; ADESOGAN, A.; YANG, W.; LEE, C.; GERBER, P.; HENDERSON, B.; TRICARICO, J. 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science* 91:5045-5069.

JOHNSON, K.; WESTBERG, H.; MICHAL, J.; COSSALMAN, M. 2007. The SF6 tracer technique: methane measurement from ruminants". En: *Measuring methane production from ruminants*. Springer: 2007, pp:33-67.

MUÑOZ, C., HUBE, S., MORALES, J., TORRES, A., UNGERFELD, E.M., 2013. Efecto de la suplementación con concentrados sobre las emisiones de metano entérico de vacas lecheras en pastoreo - resultados preliminares, XXXVIII Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal, Frutillar, pp:99-100.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por FONTAGRO, proyecto FTG/RF-1028-RG.



Climate Change and Beef Cattle Production in South American Countries: Quantification and Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Grazing Beef Cattle.

Laura Finster, INIA Castelar, Los Reseros y las Cabañas S/N Cautelar 1712, Buenos Aires, Argentina. Ph:+54 4481-5627, lfinster@cnia.inta.gov.ar

Marta Alfaro, INIA Remehue. Casilla 24-O, Osorno, Chile. Ph: +56-64-450421, malfaro@inia.cl

Edgar Cárdenas, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, eacardenasr@unal.edu.co

Pedro Nuñez, IDIAF, Rafael Augusto Sánchez nº 89, Ensanche Evaristo, Republica Dominicana. Ph:8095678999, Fax: 8095679199, pnunez@idiaf.gov.do

Harry Clark, NZAGRC, New Zealand, harry.clark@nzagrc.org.nz

Verónica Ciganda*, INIA La Estanzuela. Ruta 50, Km 11, Colonia, Uruguay. Ph:+598-45748000, Fax:+598-45748012, vciganda@inia.org.uy

Abstract

The south American region contributes with just 5% of the global GHG emissions and most of it comes from the livestock production sector as N₂O and CH₄. However, these values are based on the IPCC default emission factors which have a high intrinsic level of uncertainty. The involvement of several south American researchers with the LEARN initiative successfully promoted the consolidation of a regional research project on climate change and livestock agriculture supported by FONTAGRO and the NZAGRC. The general objective is to improve the estimation of national greenhouse gas inventories (CH₄

and N₂O) for Argentina, Chile, Colombia, Uruguay and Dominican Republic and to develop mitigation options adapted to the farming conditions of each country. We have assembled an international research team that uniquely combines the local expertise in production systems, animal nutrition and soil processes with New Zealand's high quality and long experience in CH₄ and N₂O determinations, which is essential for a definitive outcome. The technique of closed flux static chambers will be used for N₂O, while telemetric and SF₆ techniques will be used for CH₄ determinations. The National Research Institute for Agriculture (INIA) in Uruguay will coordinate the project through the integration of southamerican researchers with New Zealand institutions as the NZAGRC. This kind of research network could be a good model to other regional associations within the GRA frame.

**: corresponding author*

Introduction

The livestock production is an important source of income to the economies of most South and Central American countries and constitutes a significant sector of the countries exports. This is mainly supported by the high population of animals on the region: 28% of the global bovine population is located in South and Central America with approximately 387 millions of cattle heads. Almost one quarter of those animals is distributed among the countries of the consortium being Argentina, Colombia and Uruguay the ones with the highest bovine population (Figure 1).

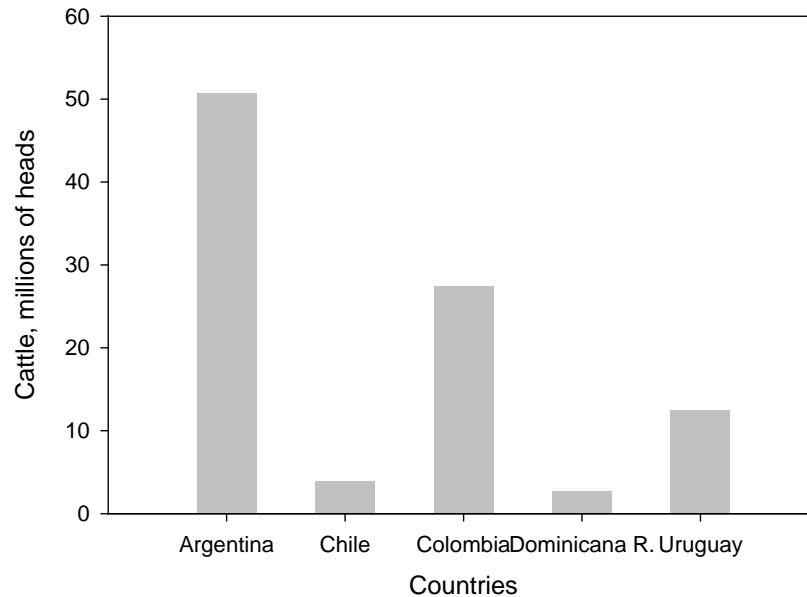


Figure 1. Total bovine population in the countries of the consortium: Argentina, Chile, Colombia, Dominicana Republic and Uruguay (FAOSTAT, 2009).

Within and among South and Central American countries there is a wide range of animal productions systems from extensive grassland systems, systems with some supplementation and systems where animals are totally confined (feedlots). Such variability, defines, in average, low production efficiencies and also reveals country specific characteristics.

South American countries contribute with just 5% of the global GHG emissions and most of it comes from the livestock production sector as N_2O and CH_4 . In the case of Argentina, Chile, Colombia, Dominican Republic, and Uruguay agriculture contributes to total GHG emissions in a range from 27% to 76% of the total national emissions (Table 1).

Table 1. Relative contribution of agriculture to total national GHG emissions for the Latin American countries of the consortium.

Country	Relative
---------	----------

	Contribution, %
Argentina	44
Chile	27
Colombia	45
Dominicana Rep.	32
Uruguay	76

Methane emissions from enteric fermentation and nitrous oxide from bovine depositions (urine and feces) are the main sources of GHG emissions from the agriculture sector of such countries. Thus, there is a great challenge to develop management strategies to reduce the emissions from the animal production systems without risking our biodiversity and economic competitiveness.

In the last years, there has been a growing awareness among scientists and the society of the countries of the consortium about the contribution of grazing animal systems on GHG emissions. In general, national inventories have been elaborated based on IPCC default emission factors (EFs) applying, in most cases, the Tier 1 methodology because little local research has been performed to actually measure and quantify the amount of GHG emitted from grasslands. Thus, considerable uncertainties surround the EFs used to calculate national emissions. Therefore, there is an urgent need among the countries of the consortium to elucidate country specific EFs both for CH₄ and N₂O and to develop mitigation techniques to reduce GHG emissions from the agricultural sectors.

Background of the Consortium

In the last years, some Latin American scientists have been recipients of LEARN fellowships to get training with experts in New Zealand in enteric methane or nitrous oxide determination techniques, according to their specialization. Those experiences, plus the efforts from the Cooperative Program for the Agriculture Development of the South (PROCISUR), the LEARN Secretariat and National Research Institutions triggered the creation of the present consortium integrated by Argentina, Chile, Colombia, Dominican Republic, and Uruguay.

In 2009, LEARN, PROCISUR and the National Research Institute of Chile co-organized an international Workshop titled “Greenhouse gases emissions and methodologies to measure nitrous oxide emissions from agricultural soils” in Osorno, Chile. Apart from the technical objectives of such workshop, there were two of them that were specifically related to identify the gaps and improve the bonds of the participants: “...to establish key issues for GHG studies in PROCISUR countries, including equipment, infrastructure and human resources, and to develop an extended network for research on GHG emissions: LEARN, PROCISUR and other countries...”. During this workshop, a strong idea arose among

Latin American scientists of preparing a proposal on GHG from agriculture for the next request of grant proposals from the Regional Fund for Agricultural Technology (FONTAGRO).

In middle 2010, a pre-proposal, coordinated by Uruguay and elaborated by all members of the consortium, was approved by FONTAGRO. In early 2011, the final proposal titled "Climate Change and Beef Cattle Production in Southamerican Countries: Quantification and Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Grazing Beef Cattle", was approved and the New Zealand Government joined FONTAGRO and the Inter-American Development Bank to support the project through the technical advice of the New Zealand Agricultural Greenhouse Research Center. It is expected that the project will begin with its first activities in late 2011 and will last for three years.

The project

The aim of the project is to contribute to the mitigation of climate change caused by greenhouse gases emissions (CH_4 and N_2O) from the livestock production sectors and the general objective is to reduce the uncertainty in the development of national greenhouse gases (CH_4 and N_2O) inventories of the countries within the consortium and to develop mitigation options adapted to the farming conditions of each country.

The key components of the project are to: 1. calculate emission factors and quantify enteric CH_4 emissions in grassland production systems for each country; 2. evaluate mitigation options for enteric CH_4 based on diets that differ in composition and digestibility and could be influenced by pasture management practices; 3. calculate country-specific N_2O emission factors and evaluate N_2O mitigation options through the use of different grass types and soil nitrogen mineralization inhibitors; and 4. strengthen research capacities on GHG quantification and mitigation in the countries within the consortium.

On each country, at least one experiment in enteric methane emissions and one in nitrous oxide emissions will be carried out. Traditional SF_6 tracer technique (Johnson et al., 1995) and the telemetric technique developed by Berra et al. (2008) will be used to determined enteric CH_4 . Soil N_2O emissions will be measured using the closed flux chambers technique following chamber design and sampling protocol suggested by Rochette and Eriksen-Hamel (2008). Treatments will include, depending on each country priorities, bovine urine, N-fertilizer and nitrogen mineralization inhibitors.

The project members will participate in training courses during the first and second year of the project focused on CH_4 and N_2O field techniques determinations and gas chromatography techniques. Most of those trainings will be under the responsibility of the scientific experts from New Zealand.

The project activities will be coordinated by the National Agricultural Research Institute of Uruguay and implemented by the National Research Institutes and Universities of all the countries of the consortium.

Final remarks

This joint effort between countries with similar national circumstances in terms of emissions of greenhouse gases from the livestock sector is expected to contribute to improving the IPCC databases, by obtaining specific emission factors for the region.

It will also allow making a baseline for the design of feasible mitigation strategies for Latin America and the Caribbean.

The technical support of New Zealand, a country with high quality and long experience in research on greenhouse gases, will help deliver new and locally relevant knowledge and strengthen capacities for livestock mitigation research in the region.

The establishment of this research consortium, by working step by step and taking advantage of existing institutional arrangements, could be the cornerstone for building a regional network in the framework of the Global Research Alliance.

References

Berra G, Valtorta SE, Finster L. 2008. "Dispositivo para la recolección de gases ruminales para la determinación de metano entérico producido por rumiantes y método de aplicación del mismo". Solicitud P20080100780 del 25 de febrero de 2008 (in process).

FAOSTAT. 2009. Available from <http://faostat.fao.org/site/575/default.aspx>. Last access August 29th 2011.

Rochette, P., Eriksen-Hamel, N.S., 2008. Chamber measurements of soil nitrous oxide flux: are absolute values reliable? *Soil Sci. Soc. Am.* 72, 331–342.

V CONGRESO DE LA ASOCIACION URUGUAYA DE PRODUCCION ANIMAL 2014



3 – 4 Diciembre de 2014

SEDE: FACULTAD DE AGRONOMIA - MONTEVIDEO

Aportando a la innovación,
transformación y
valorización de la
producción animal
sostenible

Premio

Al mejor trabajo
seleccionado para
presentación oral

Fecha límite de envío de
trabajos cortos:

31 de octubre

Enviar en formato doc ó docx a:
aupa.alpa@gmail.com

Conferencias

PLENARIA I: Utilización de recursos genéticos en producción animal en el Uruguay con especial referencia a ovinos. **Raúl Ponzoni, Facultad de Agronomía, Uruguay.**

PLENARIA II: Marcadores moleculares como herramienta para la selección animal. **Néstor Sepúlveda, Universidad de la Frontera, Chile.**

PLENARIA III: Producción porcina en el Uruguay: desafíos y oportunidades. **Hugo Petrocelli, Facultad de Agronomía, Uruguay.**

PLENARIA IV: Ganadería de base pastoril: amenaza u oportunidad para Uruguay país agroexportador. **Laura Astigarraga, Facultad de Agronomía, Uruguay.**

PARALELAS:

-Nutrición de peces. **María Salhi, Facultad de Ciencias, Uruguay.**

-Compuestos bioactivos en las carnes. **Cristina Cabrera, Facultad de Agronomía, Uruguay**

-Nanobiosensores y salud animal. **Lorena Betancor, Universidad ORT, Uruguay.**

- La pastura de calidad en la lechería del futuro. **José Luis Repetto, Facultad de Veterinaria, Uruguay.**

-Trazabilidad de la carne, bio-seguridad y seguridad nacional. El Sistema de cajas negras. **Daniel Abraham, INAC, Uruguay.**

-Utilidad de la ecografía testicular en la evaluación de reproductores. **Daniilo Fila, Facultad de Veterinaria, Uruguay.**

-Programación fetal por subnutrición en el cordero. **Raquel Pérez, Facultad de Agronomía, Alejandro Bielli, Facultad de Veterinaria, Uruguay.**

- Buenas Prácticas de Manejo y su impacto en la calidad de la carne - **Marcia del Campo, INIA, Uruguay.**

- Apicultura en Uruguay: Producción y Desafíos - **Karina Antúnez, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, Uruguay.**

- Herramientas nutricionales para la obtención de productos aviares funcionales: carne y huevos - **Ali Saadoun, Facultad de Ciencias.**

- Herramientas moleculares para la mejora genética en ovinos: una realidad o sólo promesas - **Gabriel Ciappesoni. (INIA)**

- Herramientas genómicas aplicadas a la reproducción del esturión siberiano producido en Uruguay - **Denise Vizziano, Facultad de Ciencias, Uruguay.**

- Pasturas: Base del Uruguay Productivo - **Pablo Boggiano, Facultad de Agronomía, Uruguay.**

- Los recursos genéticos de nuestras pasturas: la riqueza inexplorada - **Pablo Speranza, Facultad de Agronomía, Uruguay.**

- Producción Sostenible de Carne y Lana en Sistema Pastoriles: Desafíos y Oportunidades - **Fabio Montossi (INIA-Uruguay).**

MINI SIMPOSIO:
PASTURAS, EL
ORO VERDE
DEL URUGUAY.

MINI SIMPOSIO:
LA LECHE, EL
ORO BLANCO
DEL URUGUAY.

MINI SIMPOSIO:
HERRAMIENTAS
BIOLÓGICAS
PARA LA
PRODUCCION
ANIMAL.

Co-Organizan



INFORMES E INSCRIPCIONES
www.fagro.edu.uy/aupa

EMISIÓN DE METANO DE BOVINOS DE CARNE EN CONDICIONES DE PASTOREO: EFECTO DE LA CALIDAD DE PASTURAS UTILIZADAS EN URUGUAY.

*Yoana Dini^{1,2,3}, Verónica Ciganda¹ y Cecilia Cajarville²

¹Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Programa de Producción y Sustentabilidad Ambiental, La Estanzuela, Colonia.



²UdelaR, Facultad de Veterinaria, Dpto. de Nutrición Animal. ³Becaria Doctoral ANII.

Contacto: [*yoanadini@gmail.com](mailto:yoanadini@gmail.com)



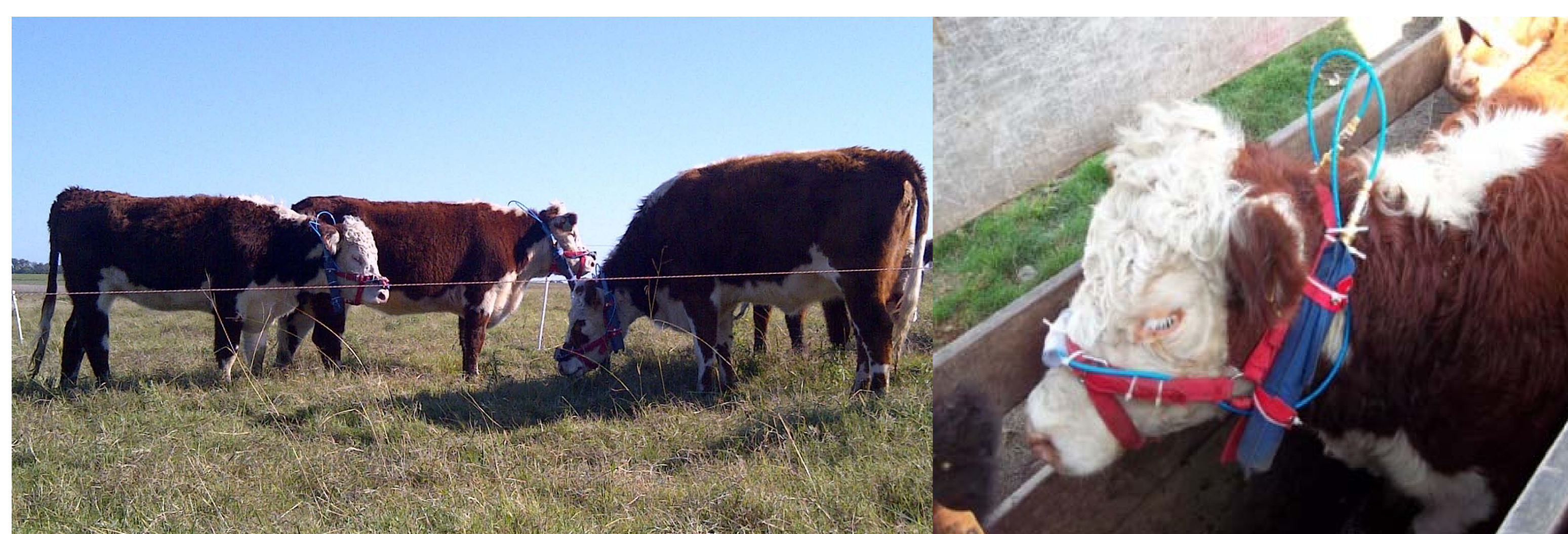
1. Introducción

-El metano (CH₄) representa el 80% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) en Uruguay, siendo los vacunos de carne los principales responsables debido a su importancia numérica en el país.

- Los sistemas de producción de carne en Uruguay se desarrollan principalmente sobre pasturas de campo natural de valores nutritivos limitados y elevados contenidos de fibra lo que les otorga un potencial de generar emisiones de CH₄ entérico superior a los sistemas más intensivos.

2. Objetivo

Cuantificar las emisiones de CH₄ entérico en vacunos en condiciones de pastoreo sobre campos de bajo y alto valor nutritivo (VN).



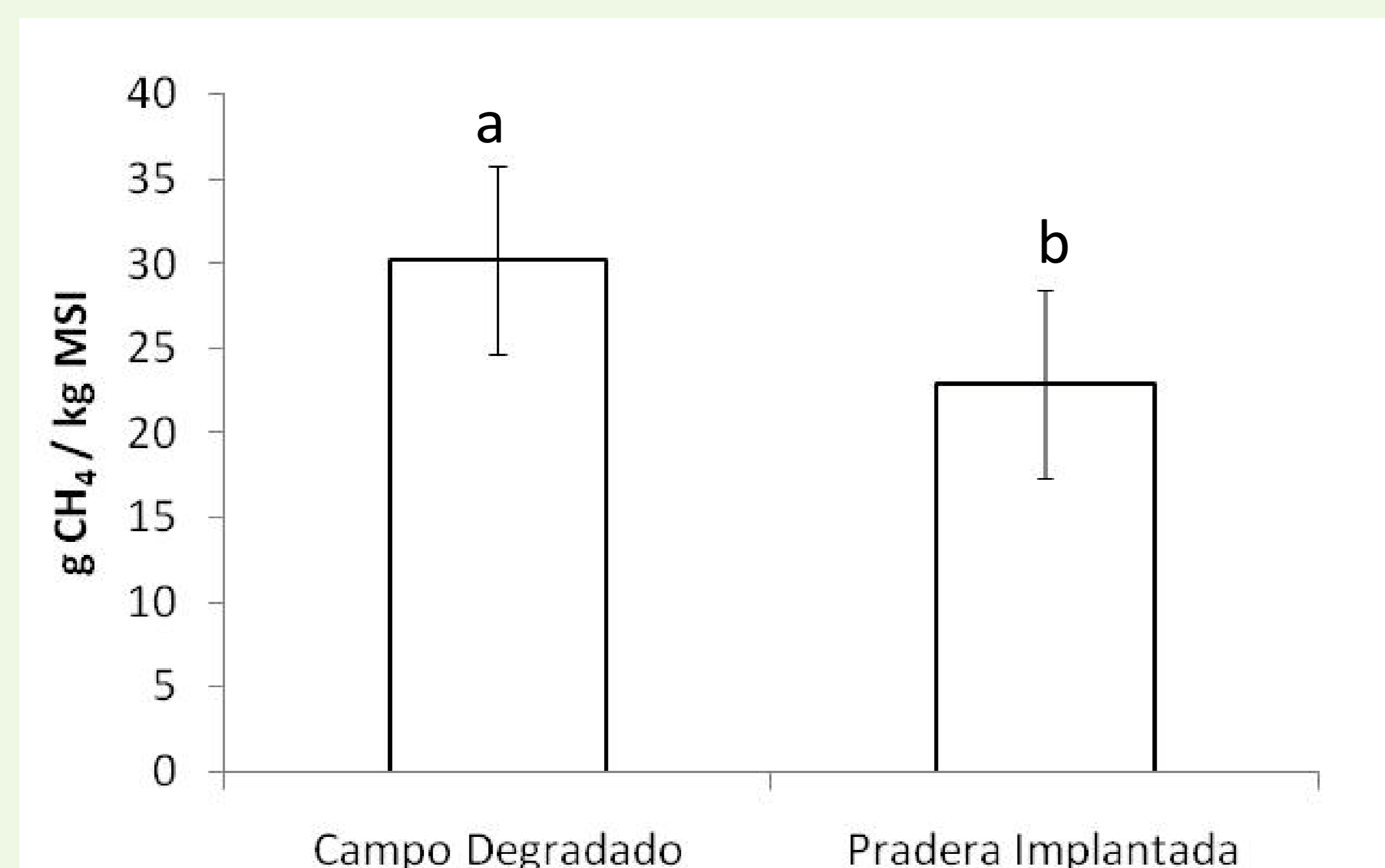
3. Materiales y métodos

- El experimento se realizó en la Estación Experimental INIA La Estanzuela (34° 40' S; 56° 20' W; Estanzuela, Colonia, Uruguay) en 2013.
- Se utilizaron 20 vaquillonas Hereford (363 ± 25 kg PV), las que fueron bloqueadas por peso.
- Tratamientos: 1) pastura implantada de alto VN (27,4% FDA y 63,1% digestibilidad) y 2) campo natural degradado de bajo VN (33,9% FDA y 35,6% digestibilidad).
- Las emisiones de CH₄ entérico fueron determinadas mediante la técnica de Johnson et. al (1994) adaptada por Gere y Gratton (2010).
- La determinación de consumo se realizó mediante el uso de Oxido de Titanio (TiO₂) como marcador externo (Short et al., 1996).

4. Resultados

- Las pasturas difirieron en su composición química inicial, siendo la Pradera implantada la de mayor VN con valores superiores en PC (21,3 g/kg MS, p<0,05) e inferiores en FDA y FDN (29,6 y 41,7 g/kg MS, p<0,05 respectivamente). El consumo también difirió entre tratamientos, siendo mayor en la Pastura implantada (p<0,05) (Cuadro 1).

Fig 1. Emisión de CH₄ por unidad de consumo



Cuadro 1. Efecto del tipo de pastura en el consumo de los animales

Composición Química	Tratamiento	
	Campo degradado	Pradera Cultivada
MSI, kg d ⁻¹	4,22 ± 0,91 b*	6,85 ± 2,04 a
FDNI	2,97 ± 0,64 a	2,86 ± 0,85 a
FDAI	1,46 ± 0,31 b	2,03 ± 0,61 a
PCI	0,38 ± 0,08 b	1,46 ± 0,44 a
MOI	3,52 ± 0,76 b	5,71 ± 1,70 a
EBI, Mcal d ⁻¹	17,22 ± 3,99 b	28,2 ± 8,40 a

*Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas, P< 0,05. ^aMateria seca ingerida, ^bFibra detergente neutro ingerida, ^cFibra detergente ácido ingerida, ^dProteína cruda ingerida, ^eMateria orgánica ingerida, ^fEnergía bruta ingerida

- La emisión de CH₄ por unidad de alimento ingerido fue significativamente mayor en los animales pastando Campo Degradado respecto a la Pastura Implantada (30,3, vs. 22,9 g de CH₄/kg MSI, p<0,1) (Fig. 1)

5. Conclusiones

La emisión de CH₄ estuvo determinada por las características de la dieta y el nivel de consumo de los animales, sin embargo se requieren más trabajos que permitan obtener conclusiones más robustas en términos de emisiones (CH₄/kg MSI) en bovinos de carne y de factores de emisión nacionales.

Emisión de metano de bovinos de carne en condiciones de pastoreo: efecto de la calidad de pasturas utilizadas en Uruguay.

Yoana Dini^{1,2,3}, Verónica Ciganda^{1*} y Cecilia Cajaville²

¹Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Programa de Producción y Sustentabilidad Ambiental, La Estanzuela, Colonia, Uruguay. ²UdelaR, Facultad de Veterinaria, Dpto. de Nutrición Animal. ³Becaria Doctoral ANII. *vciganda@inia.org.uy

Resumen

El metano (CH₄) representa el 80% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) en Uruguay (DINAMA, 2010), siendo los vacunos de carne los principales responsables debido a su importancia numérica en el país. Los sistemas de producción de carne en Uruguay se desarrollan principalmente sobre pasturas de campo natural de valores nutritivos limitados y elevados contenidos de fibra lo que les otorga un potencial de generar emisiones de CH₄ entérico superiores a los sistemas más intensivos. El objetivo de este trabajo fue cuantificar las emisiones de CH₄ entérico en vacunos en condiciones de pastoreo de campos de bajo y alto valor nutritivo. Se observaron diferencias en la emisión de CH₄/kg MSI (p<0,1), siendo mayor en la pastura de bajo valor nutritivo (Campo natural degradado).

Introducción

En Uruguay, la ganadería es responsable de más del 90% de las emisiones de metano (CH₄), siendo el rodeo de bovinos de carne más del 92,5% del stock nacional (DIEA, 2013), manejado en su mayoría en base a la utilización del campo natural (CN). Las emisiones de CH₄ entérico son afectadas por la cantidad y tipo de alimento consumido y es conocido el efecto de la calidad de la dieta en la producción de CH₄ por unidad de alimento ingerido (Archimède *et al.*, 2011). La calidad del CN en nuestro país es variable según la región, la estación del año y el manejo, aunque generalmente se lo vincula con pasturas de bajo valor nutritivo, con inferior calidad que las pasturas implantadas y con elevada emisión de CH₄. En nuestro país no hay antecedentes de medición de las emisiones de CH₄ de vacunos de carne y existe la necesidad de cuantificar las emisiones nacionales bajo el sistema de producción dominante. El objetivo de este trabajo fue cuantificar las emisiones de CH₄ entérico en vacunos en condiciones de pastoreo sobre campos de bajo y alto valor nutritivo (VN).

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la Estación Experimental INIA La Estanzuela (34° 40' S; 56° 20' W; Estanzuela, Colonia, Uruguay) en 2013. Se utilizaron 20 vaquillonas Hereford (363 ± 25 kg PV) las que fueron bloqueadas por peso y asignadas a dos tratamientos: 1) pastura implantada de alto valor nutritivo (27,4% FDA y 63,1% de digestibilidad) y 2) campo natural degradado de bajo valor nutritivo (33,9% FDA y 35,6% de digestibilidad). El pastoreo fue realizado en franjas diarias. Las emisiones de CH₄ entérico fueron medidas durante un período de 5 días y estimadas mediante la técnica de Johnson *et. al* (1994) adaptada por Gere y Gratton (2010). En cada animal se colocaron 2 colectores de acero inoxidable de 0,5 L para la recolección del gas exhalado y eructado, que se mantuvieron durante todo el muestreo (5 d). Las concentraciones de CH₄ y SF₆ fueron determinadas por cromatografía gaseosa. La emisión de CH₄ por animal se calculó utilizando la tasa de liberación de la cápsula de SF₆ y los resultados obtenidos de la concentración de CH₄ y SF₆. Para la determinación de consumo se empleó Oxido de Titanio (TiO₂) como marcador externo (Short *et al.*, 1996). En las muestras de forraje (n=20) se determinó Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA) y lignina en forma secuencial (Van Soest *et al.*, 1991), proteína cruda (PC) y Cenizas (AOAC, 1991) y la digestibilidad *in vitro* del forraje (Tilley y Terry, 1963). La Energía Bruta (EB) se determinó empleando una bomba calorimétrica adiabática.

Resultados y Discusión

Las pasturas presentaron diferencias significativas en su composición química inicial, siendo la Pradera implantada la de mayor VN con valores superiores en PC (21,3 g/kg MS, $p < 0,05$) e inferiores en FDA y FDN (29,6 y 41,7 g/kg MS, $p < 0,05$ respectivamente). El consumo de MS también difirió entre tratamientos, siendo mayor en la Pastura implantada (6,8 kg MS/d, $p < 0,05$). La emisión de CH_4 por unidad de alimento ingerido fue significativamente mayor en los animales pastando Campo Degradado (30,3, $p < 0,1$) y en la pastura implantada las emisiones fueron de 22,9 g de CH_4 /kg MSI (Fig. 1). Estos resultados concuerdan con Archimède *et al.* (2011) quienes plantean que la emisión de CH_4 por unidad de consumo está asociada a las características de la dieta y al nivel de consumo de los animales.

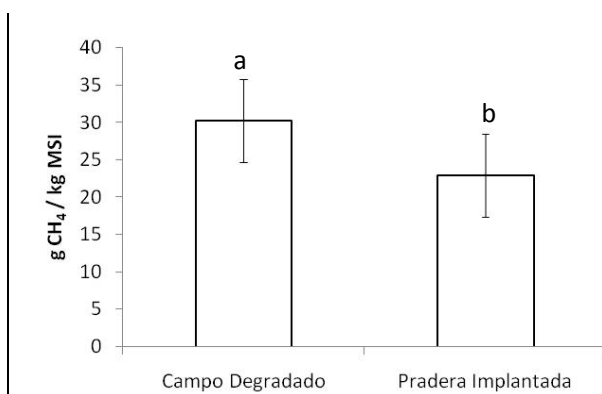


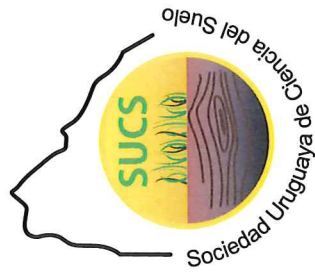
Figura 1. Emisión de CH_4 por unidad de consumo según tratamiento

Conclusiones

La emisión de CH_4 estuvo determinada por las características de la dieta y el nivel de consumo de los animales. Los resultados obtenidos son primarios y muestran una aproximación a las mediciones de CH_4 entérico en pasturas de bajo VN (asociado a CN), sin embargo se requieren más trabajos que permitan obtener conclusiones más robustas en términos de emisiones (CH_4 /kg MSI) y de factores de emisión nacionales.

Referencias

- A.O.A.C., 1990. Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of analysis. 15th ed. AOAC, Arlington VA.
- Archimède H, Eugène M, Magdeleine C, Boval M, Martin C, Morgavi D, Lecomte P, Doreau M. 2011. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166: 59-64.
- Gere J, Gratton R. 2010. Simple, Low-Cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. *Latin. Am. Appl. Res.* 40: 377-382.
- Johnson K, Huyler M, Westberg H, Lambar B, Zimmerman P. 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF_6 tracer technique. *Environ. Sci. Technol.* 28: 359.
- Short F, Gorton P, Wiseman J, Boorman K. 1996. Determination of titanium dioxide added as a marker in chicken digestibility studies. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59: 2: 15-221.
- Tilley J y Terry R. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18:104-11.
- Van Soest P, Robertson J, Lewis B. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy. Sci.* 74: 3583-3597.



VIII Encuentro de la SUCS
Suelos 2016
13 y 14 de Setiembre
Parque de Vacaciones de UTE-ANTEL
Minas - Lavalleja - Uruguay

*"Suelo, Agua y Aire:
Oportunidades y Desafíos para
una producción ambientalmente amigable"*

sucs.org.uy

Se deja constancia que

Verónica Ciganda

ha presentado la exposición

"Emisiones de óxido nítrico en sistemas pastoriles"

en el marco del VIII Encuentro de la SUCS

realizado el 13 y 14 de setiembre del 2016 en

"Parque de Vacaciones para Funcionarios de UTE y ANTEL"

Minas - Lavalleja - Uruguay



Ing.Agr. (Ph.D) Mario Pérez Bidegain
Presidente

EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO EN SISTEMAS PASTORILES.

Verónica S. Ciganda^{1*}

¹Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental “La Estanzuela”, Colonia, Uruguay.

*vciganda@inia.org.uy

El óxido nitroso (N₂O) es un gas de efecto invernadero cuya principal fuente de emisión en el Uruguay es la actividad agropecuaria (>90%) contribuyendo la ganadería pastoril en más del 80% a través de las deposiciones en el suelo del N amoniacal (N-NH₄⁺) contenido en la urea de la orina de los rumiantes. En general, nuestros inventarios nacionales calculan y reportan las emisiones de N₂O del sector ganadero según los factores de emisión (FE) (i.e. proporción del N perdido como N₂O del total de N que llega al suelo) establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), los cuales pueden resultar en valores que sobreestiman las emisiones nacionales. Por lo tanto, es necesario conocer cuantitativamente las emisiones reales de nuestro país y elaborar FE locales específicos así como también evaluar alternativas de manejo que permitan disminuir la intensidad de las emisiones.

La concentración del N de la orina excretada por los rumiantes varía en función del contenido de proteína cruda (PC) de la pastura ingerida y de la eficiencia en la retención del N en los productos animales, ya sea leche, carne o lana. Se ha reportado que la eficiencia de retención de N por los rumiantes varía generalmente entre el 5 y 20% del N ingerido, siendo el resto excretado al suelo en altas concentraciones. A su vez, las excreciones de orina se realizan en superficies reducidas (aprox. 0.32 m²) determinando cargas de N al suelo que pueden alcanzar valores de hasta 1000 kg N ha⁻¹, lo cual excede la capacidad de ser utilizado por las plantas resultando en la existencia de un remanente de N en el suelo. Una vez en el suelo, la urea de la orina es rápidamente hidrolizada y dependiendo de las condiciones fisicoquímicas del mismo, principalmente del contenido de humedad, oxígeno y carbono así como de su grado de acidez (pH), actúan bacterias nitrificadoras o desnitrificadoras del NH₄⁺ produciendo N₂O o N₂ como productos finales, respectivamente.

A nivel nacional, se han llevado a cabo algunos estudios con el objetivo de cuantificar las emisiones de N₂O provenientes de la orina bovina de razas carniceras bajo dietas de pasturas de calidad contrastante y elaborar factores de emisión específicos para el país. Además, algunos estudios también se han focalizado en determinar la asociación de las emisiones con la diversidad microbiana del suelo.

Las mediciones de N₂O fueron realizadas utilizando la metodología de cámaras estáticas de flujo cerrado y se realizaron muestreos de suelos para análisis fisicoquímicos y de diversidad microbiana. Los resultados de estos trabajos aportan información valiosa sobre las emisiones de N₂O en sistemas ganaderos reales de producción y realizan una contribución importante al desarrollo de factores de emisión nacionales de N₂O.

VIII Encuentro de la SUCS

“Cuantificación de Emisiones Producidas por la Actividad Ganadera en el Uruguay”

Verónica Ciganda,
Yoana Dini, Pablo Torres, Carla Romero, Julieta Mariotta, Ma.
Teresa Federici, Cecilia Cajarville

Minas, Lavalleja
13 y 14 de setiembre, 2016





ASOCIACION ARGENTINA DE PRODUCCION ANIMAL

Fundada el 14 de octubre de 1968

Sede legal y administrativa: Tte. Gral. Juan D. Perón 725, 2° p. (C1038AAO) Capital Federal
Correspondencia a: Ruta Nac. 226 Km, 73,5 - C.C. 276 (7620) Balcarce
Línea directa (02266) 43-9125 - Conmutador 43-9100 - Int. 125 - Fax (02266) 43-9101
E-mail: eeabalcarce.aapa@inta.gob.ar/eeabalcarce.rapa@inta.gob.ar
www.aapa.org.ar

Balcarce, agosto de 2016

De nuestra consideración:

Agradecemos la deferencia que ustedes han tenido al enviar su resumen para ser presentado en el 39E Congreso Argentino de Producción Animal, que se realizará entre los días 19 al 21 de octubre, en la ciudad de Tandil, Buenos Aires.

Dicho resumen titulado:

“Avances en la estimación del consumo de bovinos en condiciones de pastoreo: utilización del Óxido de Titanio como marcador externo. Comunicación”, cuyos autores son: Dini, Y.F. y Ciganda, V.S., ha sido evaluado por el Comité Científico Técnico de la AAPA y ha sido **ACEPTADO** para su presentación en el 39° Congreso Argentino de Producción Animal, en la Sección **Nutrición y Alimentación Animal (NA)**. La forma de presentación será MURAL.

Le recordamos la *importancia* de su *participación* como *autor* durante la instancia de *discusión* de los trabajos, dado el lugar *prioritario* que ha sido asignado a esta actividad en la programación de este Congreso

Se invita a los autores a presentar el trabajo completo para su publicación en la *Revista Argentina de Producción Animal*, previa aceptación del Comité Editorial.

Sin otro particular, los saludamos cordialmente.

Secretaría AAPA

Nota. De no presentar los posters de cada trabajo aceptado, el primer autor no podrá presentar trabajos de investigación en el próximo congreso, en calidad de autor o co autor. En caso de que ninguno de los autores puede asistir, se puede enviar el poster con terceras personas. Considerando que el espacio necesario para cada poster tiene un costo, se ha establecido un máximo de seis (6) resúmenes por inscripción del primer autor.

Avances en la estimación del consumo de bovinos en condiciones de pastoreo: utilización del Óxido de Titanio como marcador externo. Comunicación.

Dini, Y.F.^{1,3} y Ciganda, V.S.^{*2}

¹UdelaR, Facultad de Veterinaria, Dpto. de Nutrición Animal. ²Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-La Estanzuela, Colonia, Uruguay. ³Becaria Doctoral ANII.

*E-mail: vciganda@inia.org.uy

Advances in the estimation of bovine herbage intake under grazing conditions: utilization of Titanium Oxide as external marker. Communication.

Introducción

En Uruguay, la materia seca ingerida (MSI) por rumiantes en pastoreo se ha determinado principalmente cuantificando la oferta y rechazo del forraje, lo cual presenta imprecisiones importantes. Algunos estudios han utilizado mediciones indirectas a través de los marcadores externos Oxido de Cromo y Alcanos. Sin embargo, aún no existen reportes a nivel nacional de la estimación de MSI utilizando el Óxido de Titanio (TiO₂), el cual plantea ventajas en la facilidad de su manejo, su seguridad y estabilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar la factibilidad de utilizar la técnica de TiO₂ para la estimación de la MSI en bovinos en condiciones de pastoreo en Uruguay.

Materiales y métodos

En INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay, se realizó un experimento utilizando un diseño estadístico “cross over”, con dos tratamientos (pastura artificial, PA, y campo natural degradado, CND) y dos períodos de cinco días de medición en la primavera de 2013. Se asignaron a cada tratamiento 10 vaquillonas permitiéndoles 10 días de acostumbramiento a la pastura suministrándole, desde el inicio y hasta el final del experimento, una vez al día a cada animal 10 g de TiO₂ en una cápsula de gelatina utilizando un lanza-bolo de uso comercial. El pastoreo fue en franjas diarias con una asignación de 5% del PV a modo de no restringir el consumo. Las heces de cada animal fueron colectadas una vez al día, se pesaron y secaron a 60°C para determinar su contenido de materia seca (MS) y se utilizaron para formar un pool de heces por animal y por período, el cual fue molido, tamizado y analizada su concentración de TiO₂ (Myers et. al., 2004) y su composición química: fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (L), ceniza (C). En las pasturas se realizaron las mismas determinaciones y se evaluó la digestibilidad *in vitro* (DMS, %). La MSI (kg/d) por animal fue calculada como: $MSI (kg/d) = MS \text{ en heces diaria} (kg/d) * 100 / (100 - DMS)$. La MS en heces diaria (kg/d) fue

calculada como: dosis diaria de TiO₂ (mg/d)/TiO₂ en heces (mg/kg MS). Los resultados de MSI obtenidos en ambos tratamientos fueron comparados con las estimaciones de consumo máximo esperable (Mendoza et. al., 2003).

Resultados y Discusión

El contenido en heces de TiO₂ no difirió entre ambos tratamientos ($\bar{y}_{CND} = 0,29\%$ y $\bar{y}_{PA} = 0,28\%$) y mostró un comportamiento estable entre las mediciones (CV <15,5%). El consumo promedio de MS en CND y PA fue de 10.1 y 12.8 kg d⁻¹, respectivamente (Fig 1a). La mayor MSI para PA coincide con la mejor calidad de la pastura (DMS_{PA} = 71,18 y DMS_{CND} = 64,52, p<,0001; %FDN_{PA}=40,92 y %FDN_{CND}= 54,93, p<,0001). La MS fecal fue 27,1% y 21,5 % de la MSI para CND y PA, respectivamente, y comparable al 28,6% reportado por De Souza et. al. (2015) utilizando la misma técnica con DMS=74%. La fuerte asociación ($r^2=0,87$) entre los valores obtenidos utilizando TiO₂ y los estimados para consumo máximo esperable (Fig 1b), con un cuadrado medio del error (RMSE) < 1,48 kg d⁻¹, respalda la utilización de la técnica del TiO₂.

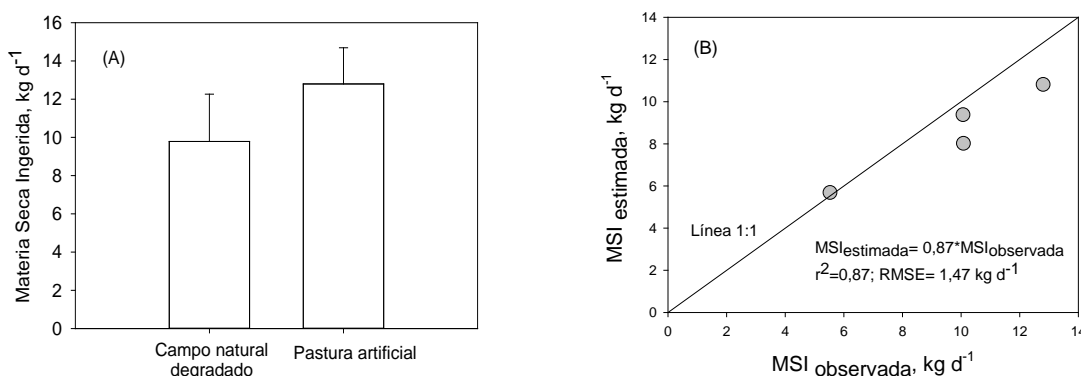
Conclusiones

La técnica de medición de MSI utilizando TiO₂ como marcador externo resultó ser simple, económica e inocua para el operario. Se obtuvieron valores confiables que favorecen su utilización; sin embargo, es necesaria su validación respecto a otras técnicas de medición de la MSI.

Bibliografía

- Myers, W; Ludden, P; Nayigihugu, V and Hess, B. 2004. J. Anim. Sci. 2004, 82:179-183.
- de Souza, J; Batistel, F; Welter, K; Mendes, M; Fleury, D y Portela, F. 2015. Trop. Anim. Health. Prod. 47:265–268.
- Mendoza, M; Pinos, J; Ricalde, V; Aranda, I; Rojo, R. 2003. Interciencia. 28: 202-207.

Figura 1: Materia seca ingerida (MSI, kg d⁻¹) por bovinos en condiciones de pastoreo medida utilizando TiO₂ como marcador externo (A) y su relación con la MSI estimada máxima esperable (B) (Mendoza et. al., 2003).



SIMPOSIANTE

Ciganda Verónica

Uruguay



RAFV 2016

“Effect of Grazing Cattle Management on Nitrous Oxide Emissions and Soil Microbial Diversity. Perspectives and Search of Potential Mitigation Strategies.”

**Verónica Ciganda,
Pablo Torres, Ma. Teresa Federici**

Corrientes
14 de noviembre, 2016



EFFECTO DEL MANEJO PASTORIL SOBRE LA DIVERSIDAD MICROBIANA DEL SUELO Y LA EMISIÓN DE GAS ÓXIDO NITROSO. PERSPECTIVAS EN LA BÚSQUEDA DE POSIBLES ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN.

EFFECT OF GRAZING CATTLE MANAGEMENT ON THE SOIL MICROBIOLOGY DIVERSITY AND NITROUS OXIDE EMISSIONS. PERSPECTIVES OF SEARCHING FOR POTENTIAL MITIGATION STRATEGIES.

Torres P.^{1,2}, Federici M.T.¹ y Ciganda V.^{1*}

¹Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay.

²Becario Maestría ANII

*vciganda@inia.org.uy

El óxido de nitroso (N₂O) es un gas de efecto invernadero cuya principal fuente de emisión en el Uruguay es la actividad agropecuaria (>90%), contribuyendo la ganadería pastoril en más del 80% a través de las deposiciones en el suelo del N amoniacal contenido en la urea de la orina bovina. La urea es rápidamente hidrolizada y dependiendo de las condiciones fisicoquímicas del suelo actúan bacterias nitrificadoras o desnitrificadoras produciendo N₂O o N₂, respectivamente. El objetivo de este trabajo ha sido cuantificar las emisiones de N₂O provenientes de la orina bovina y determinar su asociación con la diversidad microbiana del suelo. Se realizaron mediciones de N₂O en cámaras de flujo cerrado y muestreos de suelos durante un año para análisis fisicoquímicos y de diversidad microbiana. Se extrajo el ADN del suelo y se ajustó la técnica DGGE para el gen 16S rDNA. Se analizaron los patrones de bandas y se obtuvieron dendrogramas que evidencian que las comunidades microbianas varían en función del tiempo de colecta y tratamiento utilizado, los cuales se asociarán a la emisión de N₂O y parámetros físico- químicos del suelo. Los resultados de este trabajo contribuirán a la búsqueda de nuevas alternativas de mitigación de las emisiones de N₂O en sistemas pastoriles.



NEW ZEALAND
AGRICULTURAL GREENHOUSE GAS
Research Centre

Grasslands Research Centre
Tennent Drive
Private Bag 11008
Palmerston North, 4442
New Zealand

Tel +64 6 351 8334
Fax +64 6 351 8333
www.nzagrc.org.nz

8 February 2012

Ing. Agr. Verónica S. Ciganda, PhD.
Investigador Adjunto
INIA-La Estanzuela
Ruta 50 Km 11500
Colonia, URUGUAY

Dear Dr Verónica S. Ciganda,

Workshop on measurement and mitigation of greenhouse gases in South-East Asian livestock systems: building capability to meet the challenge
13-15 March 2012
Bangkok, Thailand

As Co-chair of the Livestock Research Group of the Global Research Alliance, I am pleased to invite you to present at *the Workshop on measurement and mitigation of greenhouse gases in South-East Asian livestock systems: building capability to meet the challenge* to be held in Bangkok, Thailand from 13-15 March 2012.

The purpose of this important workshop, hosted by the government of Thailand, is to improve understanding of the diversity of livestock management systems in the South-East Asian region, the greenhouse gas emissions and the special characteristics of those systems. A key goal of the workshop is to identify opportunities for future collaboration and coordinated capacity building activities in livestock mitigation research across South-East Asia countries.

In addition to contributing your general expertise, we invite you to give two presentations titled: "Nitrous oxide from agricultural soils (fertiliser, and pasture, range and paddock manure) – overview of specific mitigation techniques", and "Case study from Latin America – FONTAGRO project experience". These are set down in the agenda on 15 March 2012.

Please contact your nearest Royal Thai Embassy for information on whether you will be required to obtain an entry visa.

We look forward to seeing you in Bangkok in March.

Yours sincerely,

Dr Harry Clark
Director

Leading Partners in Science

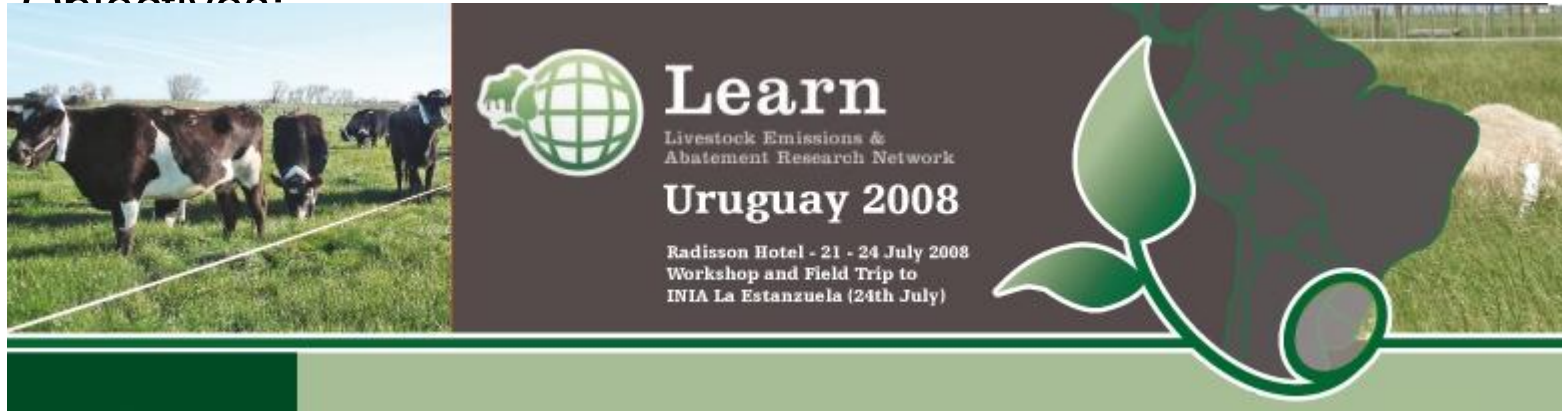


Background to the FONTAGRO project

LEARN workshop on GHG Measurement and Mitigation in Grazing Livestock Systems

- Montevideo, Uruguay, June 2008

- Objectives:



- Fellowship recipients identified, e.g. Veronica Ciganda
- Beginning of a cooperation between LEARN (NZ) and PROCISUR
- Some ideas for cooperation, mostly bilateral, e.g. SF6 trial between AgResearch (NZ) and UNICEN (Argentina), N2O cooperation between Lincoln University (NZ) and INIA (Uruguay).
- Interest in a follow-up workshop

LEARN-PROCISUR workshop on measurement and mitigation of nitrous oxide

- Osorno, Chile, August 2009



- Identification of training needs and opportunities in the region
- Outcomes:
 - More fellowship recipients
 - Stocktake of existing activity and availability and quality of activity data required for the emission estimates
 - Identification of priority issues including: equipment, infrastructure, human resources
 - Beginnings of a regional project to meet the identified needs

Mobilising extra resources (funding and technical)

-  Agriculture Development Fund (FONTAGRO):
• Fund of Latin American and Caribbean countries that supports and innovation in agriculture.
• 
• NZ Ministry of Agriculture and Forestry
• Targeted funding for research projects aligned with the objectives of the Global Research Alliance on Greenhouse Gases
• Participating countries' institutional and national institutions
-  Technical
• NZ Agricultural GHG Research Centre
• 
• Linked to the broader activities of the Livestock Research Group of the Global Research Alliance

South-East Asia Capacity Building Workshop: Measurement and Mitigation of Greenhouse Gases

Climate Change and Beef Cattle Production in South American Countries:

Quantification and Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Grazing Beef Cattle.

March 15th, 2012

Bangkok, Thailand

Verónica Ciganda



Colombia

República Dominicana

Uruguay

Chile

Argentina

Fontagro Project Countries

Project Participants

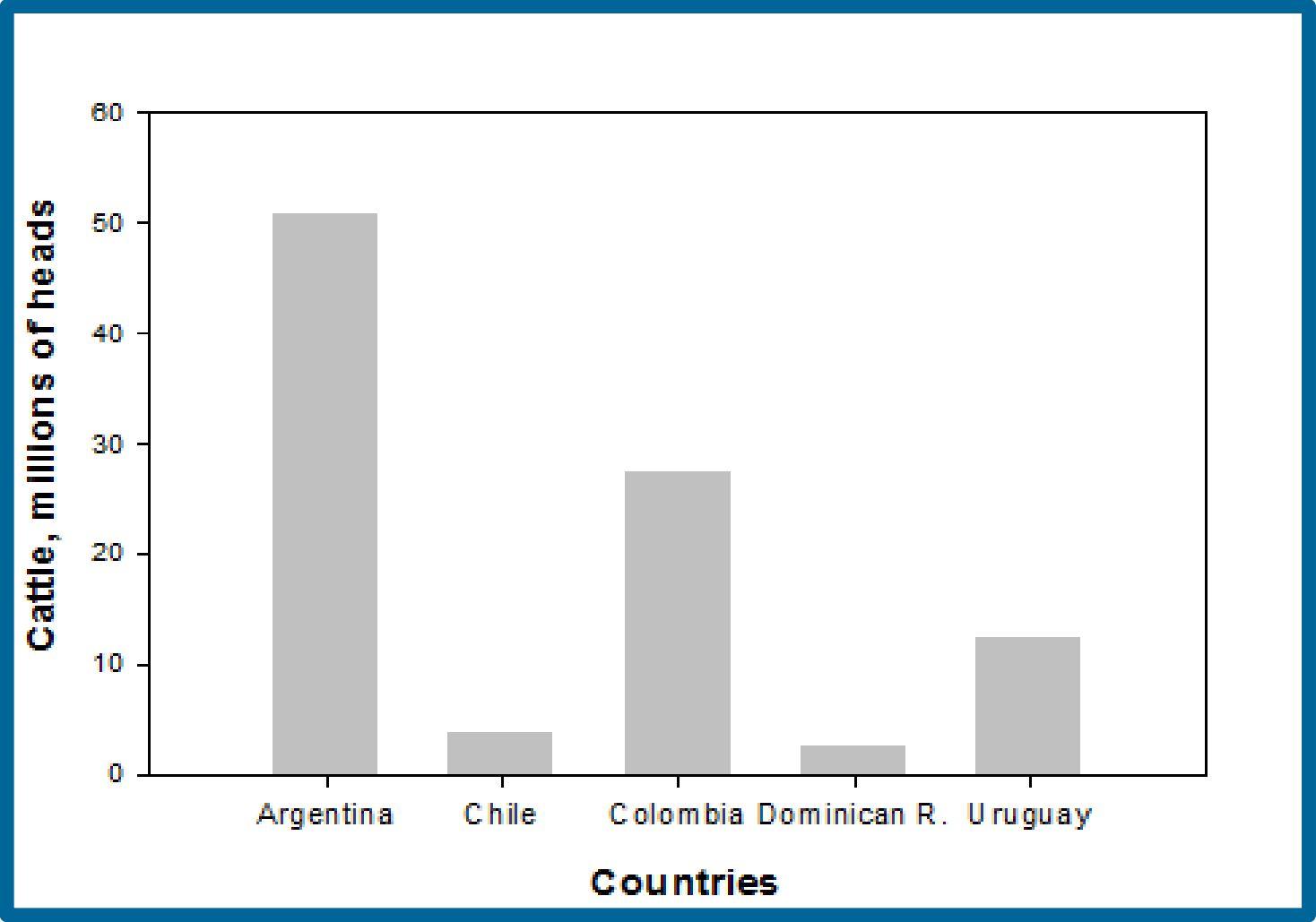
Country	Researcher	Institution
Argentina	Guillermo Berra Laura Finster	INTA
Chile	Marta Alfaro Camila Munoz	INIA
Colombia	Edgar Cárdenas Rocha	Univ. Nac. de Colombia
R. Dominicana	Pedro Nuñez	IDIAF
Nueva Zelanda	Harry Clark David Pacheco	NZAGRC
Uruguay	Pilar Irisarri Verónica Ciganda	UdelaR INIA



Southamerican Region

- Livestock production is a main economic activity
- 28% of global bovine population
- 387 millions of cattle heads
- Wide variability of animal production systems

Climate Change and Beef Cattle Production in South American Countries



Relative Contribution of Agriculture Activities to total National GHG emissions on each country.

Country	Relative Contribution %
Argentina	44
Chile	27
Colombia	45
Dominican Rep.	32
Uruguay	76

● CH₄ y N₂O

● **However!...**

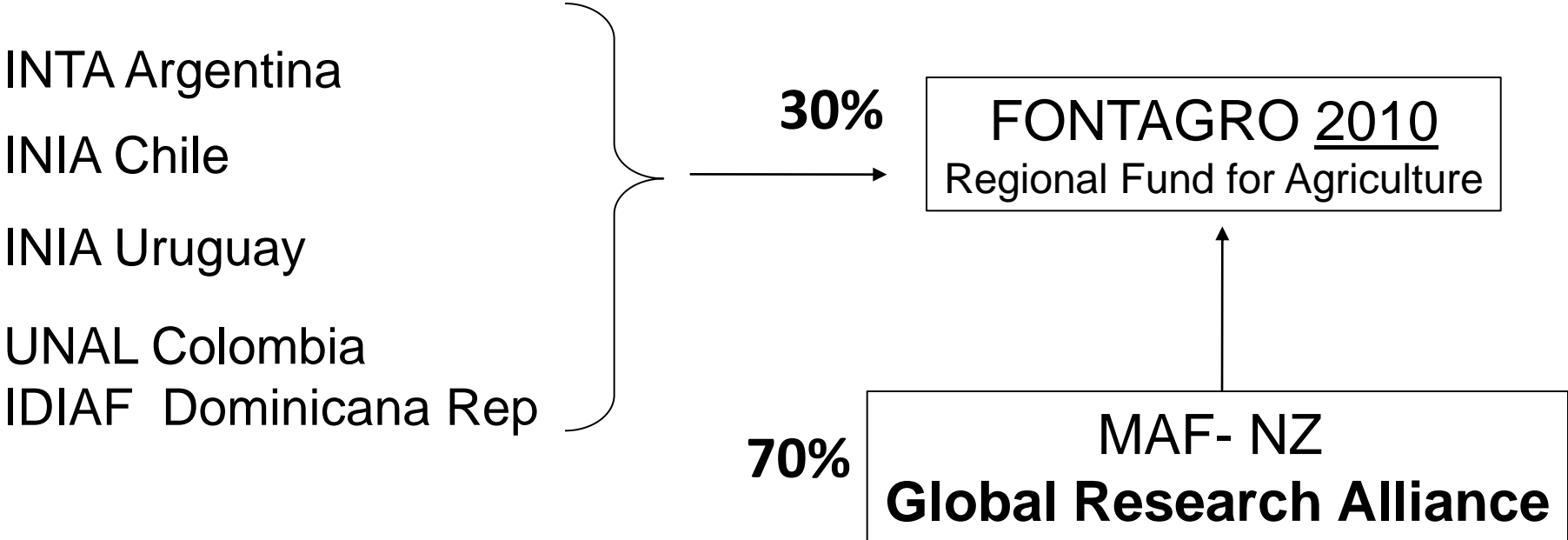
- Utilization of Default Emission Factors
- **Important uncertainties around estimated emissions**

● **Therefore...**

- there is an urgent need among the countries of South and Central America to elucidate country specific EFs (CH₄ and N₂O);

and
- to develop mitigation techniques to reduce GHG emissions from the agricultural sectors.

The Research Consortium



Funds for this network are for 3 years
2011 - 2014

● *Long Term Objective*

to contribute to the mitigation of climate change caused by GHG emissions (CH_4 and N_2O) from the livestock production sectors.

● *General Research Objective*

to reduce the uncertainty in the development of national GHG's (CH_4 and N_2O) inventories of the countries within the consortium and to develop mitigation options adapted to the farming conditions of each country.

Key Research Components

● CH₄ – Enteric methane

1. Calculate emission factors and quantify enteric CH₄ emissions in grassland production systems for each country;
2. Evaluate mitigation options for enteric CH₄ based on diets that differ in composition and digestibility and could be influenced by pasture management practices;

● N₂O – Nitrous oxide

3. Calculate country-specific N₂O emission factors and evaluate N₂O mitigation options through the use of different grass types and soil N₂O mineralization inhibitors;

● Human Resources

4. Strengthen research capacities in GHG quantification and mitigation in the countries within the consortium

Strategies and Methodology

- At least one experiment in enteric CH₄ emissions and one in N₂O emissions in each country.
- Training courses, in conjunction with NZ researchers, on methodologies at selected countries with participation of all the members of the consortium
- Annual meetings to share results, standarize methodologies, and define and adjust protocols .
- Incorporation of grad students, exchange of students among countries.

Strategies and Methodology

● N₂O – Nitrous oxide

Closed static chambers



● CH₄ – Enteric methane

SF₆



Telemetric



Final Remarks

- This joint effort between countries with similar national circumstances is expected to contribute to improving the IPCC databases, by obtaining specific emission factors for the region.
- This project will set a baseline for the design and testing of feasible mitigation strategies for Latin America and the Caribbean.
- The local scientific knowledge and expertise in combination of the technical support of New Zealand in GHG research, will help deliver new and locally relevant knowledge and strengthen capacities for livestock mitigation research in the region.
- This research consortium could be the cornerstone for building new regional networks in the framework of the Global Research Alliance.

Thanks!

Success factors

- Identification of motivated individuals who took ownership of the project
- Specific tasks were identified and milestones were set and met
- Participating institutions/countries built on their existing strengths
- The project built on existing regional infrastructure: familiarity, already established interpersonal relationships, cost effective
- All the above helped to ensure funding support of national institutions and external funding support because the project demonstrated clear benefits:
 - cooperation rather than competition
 - efficient use of resources
 - enhanced regional network
 - links to broader international research effort
- Project experience has also influenced the way in which the funder will operate in the future



The Organizing Committee wants to thank

Verónica Ciganda


In her role as a speaker at the Pre Congress Course “**STRATEGIES FOR A SUSTAINABLE BEEF AND SHEEP MEAT PRODUCTION IN THE PAMPA REGION**” of the 60TH INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, the 17th of August, 2014 at Punta del Este, Uruguay.

Fabio Montossi
Organizing Committee

Ricardo Robaina
Organizing Committee

Rosa Márquez
Organizing Committee

Ali Saadoun
Organizing Committee



Reunión
INIA y MGAP – Unidad de Agua y Ambiente

**Impacto Ambiental de la Producción Agropecuaria
Actividades de Investigación y Extensión**

23 de julio de 2015
INIA -La Estanzuela, Colonia.



RESEARCH PROGRAM ON
**Climate Change,
Agriculture and
Food Security**



Reducing the costs of GHG Estimates in Agriculture to Inform Low Emissions Development

International Workshop

Program and Invitation

10-12 November 2014, Rome, Italy

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Dear Dr. Cárdenas,

We are pleased to invite you to an international workshop on “*Reducing the costs of GHG Estimates in Agriculture to Inform Low Emissions Development*” to be held from 10 to 12 November 2014 in Rome. The workshop will be jointly organized by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

The objective of the workshop is to support use of lower cost methods for estimating GHG emissions to effectively design interventions, monitor and evaluate climate change mitigation in agriculture. The workshop will identify and further develop lower cost methods by linking national needs to recent innovations among practitioners and scientists.

A draft agenda is attached for your information. Logistical details will be sent upon receiving confirmation of availability to attend the workshop.

We look forward to receiving your reply soon as practicable. Please reply directly to Julianna White at jwhite19@uvm.edu. Thanks for your cooperation.

We are very much looking forward to meeting you in Rome.

Yours sincerely,

Kaisa Karttunen
Senior Natural Resources Officer
FAO

Lini Wollenberg
Theme Leader, Pro-Poor Climate Change
Mitigation
CCAFS

Background and Objectives

The agricultural sector seems likely to be able to achieve food security goals and adapt to climate change while also reducing global greenhouse emissions. Addressing mitigation in the agriculture sector will become increasingly important due to the scale of global emissions from agriculture and increases in population growth, consumption of meat and dairy products, and use of nitrogen fertilizers.

Yet planning, monitoring or evaluating agricultural mitigation has been limited by the need for methods for GHG estimations in agriculture that are both *precise*, meaning scientifically adequate and comparable, location and practice specific for a given purpose, and *low cost*, allowing for their application at large scales, by non-scientists and adapted to the context of developing countries. Agriculture planners have also lacked the information about the methods that are available. This workshop seeks to address these limitations by bringing policy makers and scientists together, with a focus on how to meet the needs of developing countries.

Our aim is to develop rigorous low cost data and methods that will effectively enable planning, monitoring and evaluating climate change mitigation in agriculture at the national level. Lower cost quantification of GHGs should support NAMA development and implementation as well as increase the acceptance of mitigation actions in agriculture in the regulatory and voluntary carbon markets. In the workshop, participants will tackle the following major challenges: collection of agricultural activity data, procurement of environmental bio-physical data, and generation of emission and carbon stock change factors.

The output of this workshop will be a peer-reviewed scientific paper summarizing innovations in low-cost GHG quantification and where better methods are needed to meet national needs.

Below please find a detailed programme of the workshop and further practical information.

For more information about the meeting, please contact Meryl Richards at meryl.richards@uvm.edu or Kaisa Karttunen at Kaisa.Karttunen@fao.org.

Workshop program

DAY 1: Monday, 10 November 2014

08:30-09:00 | Arrival and Registration – {Philippines Room C277}

09:00-09:30 | Welcome and Objectives

09:30-10:30 | **Opening Panel: Challenges for agricultural GHG quantification**

Policy makers describe the purpose, needs and challenges related to estimating GHG emissions from agriculture in their countries. Some information will be gathered from participants before the workshop.

The panelists will address 4 questions:

1. What is driving the need for GHG estimates? (For example, is it for prioritization at the national level, or requirements of international funding sources? Provide examples of initiatives)
2. What approaches are you currently using to estimate GHG emissions from agriculture and mitigation impact of projects and policies?
3. Any innovations for reducing costs?
4. What are the major challenges and priorities for improving estimates? Gaps in data and in methods to generate that data?

10:30-11:00 | Coffee/Tea Break

11:00-11:45 | **Plenary session: Emissions data guidelines of UNFCCC and climate finance mechanisms**

In this session, presenters will review the types and precision of data required for MRV of climate investment projects and for national reporting to UNFCCC.

The purpose of the session is to provide examples of required data to frame the discussions to follow in working group sessions.

Presentation 1 Developing NAMA MRV guidelines - NAMA facility

Presentation 2 National inventories and reporting requirements-UNFCCC

Presentation 3 Current and future MRV requirements of within investment projects of Global Environment Facility and World Bank

11:45-13:00 | **Working group session A: Innovations that decrease the costs of collecting biophysical and activity data**

Within the working groups, participants will analyze how to improve methods for collecting activity and biophysical data.

- What are the innovative characteristics of the method(s) discussed?
- What are the costs?
- What realistic improvements can be envisaged during the next five years for making the method more precise and lower its costs?

<i>Session 1</i> <i>Refining estimates with national survey data. The example of the Malawi Integrated Household Survey</i>	<i>Session 2</i> <i>Remote sensing approaches</i>	<i>Session 3</i> <i>Available soil databases</i>
--	--	---

13:00-14:00 | **Lunch**

14:00-15:30 | **Continuation of the working group session A: Approaches for improving low-cost collection of activity data and biophysical data**

Continued with a new set of topics

<i>Session 4</i> <i>Informed sampling for testing mitigation options to reduce costs</i>	<i>Session 5</i> <i>The potential for crowd sourcing and using mobile phone technology</i>	<i>Session 6</i> <i>Approaches to activity data collection in livestock systems</i>
---	---	--

15:30-16:00 | **Coffee/Tea Break**

16:00-17:00 | **Reporting back from A**

18:00-19:30 | **Get together cocktail party with IPCC workshop group (tentative)**

DAY 2: Tuesday, 11 November 2014

9:00 – 10:00 | **Plenary session: Where do we need more specific emission factors?**

Many countries still rely on Tier 1 emission factors and methods, due to a lack of more specific emission factors. This session will provide an overview of where more specific emission factors are most needed to frame the discussion on low-cost field measurement.

30 minute presentation: The IPCC emission factor database: Available data and major gaps
 Followed by a discussion addressing:
 What are the highest priorities for field measurements, geographically and in terms of agricultural activities for which information on GHG emissions is lacking?

10:00-11:00 | Presentations in plenary: Methods for low-cost field measurement

Field measurements of greenhouse gas emissions are necessary to generate more specific emission factors, parameterize models, and test novel mitigation practices. This session introduces several examples of currently available field measurement approaches. Presenters will address the characteristics of these approaches in terms of cost, and precision, and level of expert skill required. These presentations will provide material for further discussion during the working groups that follow.

Measuring soil carbon stocks and changes

Emissions from soils and manure: Low-cost chamber design and gas pooling

Quantifying enteric methane emissions when intake is uncertain

11:00-11:30 | Coffee/Tea Break

11:30-12:30 | Working group session B: Filling the gaps in emission factors and carbon stock change estimates

The working groups will address the following questions:

- What methods would be most appropriate for addressing the priorities discussed in the earlier plenary session?
- What are the trade-offs of these methods in terms of accuracy and cost? Do they meet the needs discussed during yesterday's opening plenary?

<i>Working Group 1</i> <i>Enteric fermentation</i>	<i>Working Group 2</i> <i>Soil and manure emissions</i>	<i>Working Group 3</i> <i>Soil and ABG carbon</i>
---	--	--

12:30-13:30 | Lunch

13:30-14:30 | Plenary session: Interaction of measurements and modeling

Models are critical for up-scaling emissions measurements. This session will address how to harmonize the needs of modeling and field measurement in order to improve the predicting capabilities of models and reduce measurement needs.

15:00-15:30 | Reporting from working group session B

14:30-15:00 | Coffee/Tea Break

15:30-17:00 | Facilitated discussion in plenary: What is the acceptable balance between accuracy and cost for national level emissions reductions?

Quantifying greenhouse gas emissions and removals from agriculture involves a balance between the resources required to collect the information and the accuracy and precision of the estimates. This balance is especially difficult for smallholder agriculture, where relatively small areas may be managed by thousands of farmers.

This discussion will seek to develop consensus and recommendations for acceptable levels of uncertainty and cost for different purposes.

17:00-18:30 | Tool bazar

Many process-based models and GHG calculators exist that provide GHG assessments. Models tend to be costly, as they data intensive and require expert knowledge. GHG calculators are less costly but tend to be more approximate, which makes them adequate tools for targeting and design of mitigation actions but less appropriate for MRV. Some, however (e.g. SHAMBA) are beginning to incorporate more complex models such that they can be used in the voluntary carbon market.

This evening session will allow participants to exchange knowledge about such tools, including their limitations and applicability for different purposes.

<i>Station 1</i> SHAMBA	<i>Station 2</i> Livestock life cycle analysis	<i>Station 3</i> Spatially explicit prioritization tool	<i>Station 4</i> EX-ACT http://www.fao.org/tc/exact/en
----------------------------	---	--	---

DAY 3: Wednesday, 12 November 2014

9:00-12:00 | Closing plenary and working groups: Action points needed for reducing the cost of GHG estimates in agriculture

[10:30-11:00] | [Coffee/Tea Break]

In the closing session, workshop participants will review the recommendations coming out of the working groups and plenaries to begin drafting the paper.

The objective is to support the development and use of for low-cost greenhouse gas quantification that meets the needs of developing countries at the national level. The paper will describe innovations to lower to cost of GHG estimates, and where better methods are needed.



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



Reducing the costs of GHG estimates in agriculture to inform low emissions development

International Workshop

Background and Objectives

The agricultural sector seems likely to be able to achieve food security goals and adapt to climate change while also reducing global greenhouse emissions. Addressing mitigation in the agriculture sector will become increasingly important due to the scale of global emissions from agriculture and increases in population growth, consumption of meat and dairy products, and use of nitrogen fertilizers.

Yet planning, monitoring or evaluating agricultural mitigation has been limited by the need for methods for GHG estimations in agriculture that are both *precise*, meaning scientifically adequate and comparable, location and practice specific for a given purpose, and *low cost*, allowing for their application at large scales, by non-scientists and adapted to the context of developing countries. Agriculture planners have also lacked the information about the methods that are available. This workshop seeks to address these limitations by bringing policy makers and scientists together, with a focus on how to meet the needs of developing countries.

Our aim is to develop rigorous low cost data and methods that will effectively enable planning, monitoring and evaluating climate change mitigation in agriculture at the national level. Lower cost quantification of GHGs should support NAMA development and implementation as well as increase the acceptance of mitigation actions in agriculture in the regulatory and voluntary carbon markets. In the workshop, participants will tackle the following major challenges: collection of agricultural activity data, procurement of environmental bio-physical data, and generation of emission and carbon stock change factors.

The output of this workshop will be a peer-reviewed scientific paper summarizing innovations in low-cost GHG quantification and where better methods are needed to meet national needs.

Below please find a detailed programme of the workshop and further practical information.

For more information about the meeting, please contact Meryl Richards at meryl.richards@uvm.edu or Kaisa Karttunen at Kaisa.Karttunen@fao.org.

Workshop program

DAY 1: Monday, 10 November 2014

08:30-09:00 | Arrival and Registration – {Philippines Room C277}

09:00-09:30 | Welcome and Objectives

09:30-10:30 | Opening Panel: Challenges for agricultural GHG quantification

Policy makers describe the purpose, needs and challenges related to estimating GHG emissions from agriculture in their countries. Some information will be gathered from participants before the workshop.

The panelists will address 3 questions:

1. What approaches are you currently using to estimate GHG emissions from agriculture as part of your work (or the work of your institution)?
2. Have you developed any innovations to reduce the cost of greenhouse gas estimates?
3. What are the major challenges and priorities for improving estimates of agricultural greenhouse gases?

Panelists:

Fahmuddin Agus, Indonesian Soil Research Institute

César Cortés, Ministry of Agriculture and Rural Development, Colombia

Mai van Trinh, Viet Nam Academy of Agricultural Sciences' Agricultural Environment Institute

Michael Okumu, Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Kenya

Michael Phiri, Zambia Environmental Management Agency

10:30-11:00 | Coffee/Tea Break

11:00-11:45 | Plenary session: Emissions data guidelines of UNFCCC and climate finance mechanisms

In this session, presenters will review the types and precision of data required for MRV of climate investment projects and for national reporting to UNFCCC. The purpose of the session is to provide examples of required data to frame the discussions to follow in working group sessions.

Presentation 1 UNFCCC inventory reporting needs, collecting data and using this information to inform NAMAs and LEDS – Stephen Ogle, Colorado State University

Presentation 2 Current and future MRV requirements of within investment projects of Global Environment Facility – Ulrich Apel, Global Environment Facility

Presentation 3 Clean Development Mechanism methodologies for the agriculture sector – Kenjiro Suzuki, Sustainable Development Mechanism Programme, UNFCCC

11:45-13:00 | **Working group session A: Innovations that decrease the costs of collecting biophysical and activity data**

Within the working groups, participants will analyze how to improve methods for collecting activity and biophysical data.

- What are the innovative characteristics of the method(s) discussed?
- How can the method(s) be applied to reduce cost of activity data collection?
- What are the tradeoffs between cost and uncertainty associated with the method(s)?

<p><u>Session 1</u></p> <p><i>Refining estimates with national survey data. The example of the Malawi Integrated Household Survey</i></p> <p>Presenter: George Phiri, EPIC Project Coordinator, FAO Malawi office</p>	<p><u>Session 2</u></p> <p>Remote sensing activity data: Open Foris suite</p> <p>Presenter: Alfonso Sánchez-Paus Díaz, FAO Forestry Department</p>	<p><u>Session 3</u></p> <p><i>Using new soil data products for GHG estimation</i></p> <p>Presenter: Freddy Nachtergaele, FAO Soils Unit</p>
---	--	---

13:00-14:00 | **Lunch**

14:00-15:30 | **Continuation of the working group session A: Approaches for improving low-cost collection of activity data and biophysical data**

Continued with a new set of topics

<p><u>Session 4</u></p> <p><i>Informed sampling for testing mitigation options to reduce costs</i></p> <p>Presenter: Mariana Rufino, Center for International Forestry Research</p>	<p><u>Session 5</u></p> <p><i>Crowdsourcing activity data: Geo-wiki</i></p> <p>Presenter: Linda See, International Institute for Applied Systems Analysis</p>	<p><u>Session 6</u></p> <p><i>Approaches to activity data collection in livestock systems</i></p> <p>Presenter: Ed Charmley, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation</p>
---	---	---

15:30-16:00 | **Coffee/Tea Break**

16:00-17:00 | **Reporting back from A**

DAY 2: Tuesday, 11 November 2014

9:00 – 10:00 | Plenary session: Available emission factor data and low-cost methods for ghg data estimation

Many countries still rely on Tier 1 emission factors and methods, due to a lack of more specific emission factors. This session will provide an overview of what data sources are available for more specific emission factors, where better data is needed, and low-cost methods for estimation.

30 minute presentation: Francesco Tubiello, FAO

Followed by a discussion addressing:

What are the highest priorities for field measurements, geographically and in terms of agricultural activities for which information on GHG emissions is lacking?

10:00-11:00 | Presentations in plenary: Methods for low-cost field measurement

Field measurements of greenhouse gas emissions are necessary to generate more specific emission factors, parameterize models, and test novel mitigation practices.

This session introduces several examples of currently available field measurement approaches.

Presenters will address the characteristics of these approaches in terms of cost, and precision, and level of expert skill required. These presentations will provide material for further discussion during the working groups that follow.

Soil carbon stocks and changes: Land Degradation Surveillance Framework
Vince Lang, Szent István University

Emissions from soils and manure: Low-cost chamber design and gas pooling
Klaus Butterbach-Bahl, International Livestock Research Institute

Developing country-specific emission factors for livestock systems in Colombia
Edgar Cardenas, Universidad Nacional de Colombia

11:00-11:30 | Coffee/Tea Break

11:30-12:30 | Working group session B: Filling the gaps in emission factors and carbon stock change estimates

The working groups will address the following questions:

- What methods are currently used by the participants?
- What are the trade-offs of these methods in terms of accuracy and cost?
- What method(s) are most suitable for developing higher-tier emission factors in developing countries, where cost is a consideration?

<i>Working Group 1</i> <i>Enteric fermentation</i> Leader: Carolyn Opio, FAO Natural Resources Department	<i>Working Group 2</i> <i>Soil and manure emissions</i> Leader: Klaus Butterbach-Bahl, International Livestock Research Institute	<i>Working Group 3</i> <i>Soil and ABG carbon</i> Leader: Stephen Ogle, Colorado State University
--	---	--

12:30-13:30 | Lunch

13:30-14:00 | Reporting from working group session B

14:00-15:00 | **Plenary session: Interaction of measurements and modeling**

Models are critical for up-scaling emissions measurements. This session will address how to harmonize the needs of modeling and field measurement in order to improve the predicting capabilities of models and reduce measurement needs.

Session organizers: William Salas, Applied Geosolutions, and Klaus Butterbach-Bahl, International Livestock Research Institute

15:00-15:30 | Coffee/Tea Break

15:30-17:00 | **Facilitated discussion in plenary: What is the acceptable balance between accuracy and cost for national level emissions reductions?**

Quantifying greenhouse gas emissions and removals from agriculture involves a balance between the resources required to collect the information and the accuracy and precision of the estimates. This balance is especially difficult for smallholder agriculture, where relatively small areas may be managed by thousands of farmers.

This discussion will seek to develop consensus and recommendations for acceptable levels of uncertainty and cost for different purposes, and how to collect information on uncertainty where it is currently unavailable.

18:00-19:30 | Get together cocktail party with IPCC workshop group

DAY 3: Wednesday, 12 November 2014

9:00-10:30 | Tool bazar

Many process-based models and GHG calculators exist that provide GHG assessments. Models tend to be costly, as they data intensive and require expert knowledge. GHG calculators are less costly but tend to be more approximate, which makes them adequate tools for targeting and design of mitigation actions but less appropriate for MRV. Some, however are beginning to incorporate more complex models such that they can be used in the voluntary carbon market.

This evening session will allow participants to exchange knowledge about such tools, including their limitations and applicability for different purposes.

<i>Station 1</i> Global Livestock Environmental Assessment Model – GLEAM Presenter: Carolyn Opio, FAO Natural Resources Department	<i>Station 2</i> Spatially explicit prioritization tool Presenters: Jon Hillier, Diana Feliciano, Sylvia Vetter, University of Aberdeen	<i>Station 3</i> EX-ACT http://www.fao.org/tc/exact/en Presenter: Louis Bockel, FAO Policy
--	---	--

10:30-11:00 | Coffee/Tea Break

11:00-12:00 | Closing plenary: Action points needed for reducing the cost of GHG estimates in agriculture

[10:30-11:00] [Coffee/Tea Break]

In the closing session, workshop participants will review the recommendations coming out of the working groups and plenaries to begin drafting the paper.

The objective is to support the development and use of for low-cost greenhouse gas quantification that meets the needs of developing countries at the national level. The paper will describe innovations to lower to cost of GHG estimates, and where better methods are needed.

DEVELOPING COUNTRY - SPECIFIC EMISSION FACTORS FOR LIVESTOCK SYSTEMS IN COLOMBIA

EDGAR ALBERTO CÁRDENAS ROCHA
Associate Professor

Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnic
National University of Colombia
Bogota

Workshop: "Reducing the costs of GHG estimates in agriculture to inform low emissions development"
10 - 12 November 2014 - Rome, Italy



An integration of mitigation and adaptation options for sustainable livestock production under climate change

- Homepage
- eLearning
- The Vision Document
- Project Programme ▶
- Project Partners and links to their homapages
- Project Management and Advisory Structure
- Model & Showcase farms
- Proceedings of Project Workshops and Symposia ▶
- Regional Trainings ▶
- Forthcoming Events
- Contact us
- Related Projects
- AnimalChange Brochure - download

“Produção Animal e Mudanças Climáticas na América Latina” Workshop / Taller “Ganadería y cambio climático en América Latina” / “Livestock and Climate Change” Workshop

Venue: Embrapa Informática Agropecuária - Campinas, Brazil

Date: 12-13 de fevereiro de/ febrero / February 2015

DIA 1 - Quinta-feira, 12 de fevereiro / DÍA 1 – Jueves, 12 de febrero / DAY 1 - Thursday, 12th February

- **Abertura / Bienvenida y presentación / Welcome**
 - Abertura / Bienvenida / Welcome
– **Dr. Kleber Xavier Sampaio de Souza (Chefe Geral da / Jefe en General / Chief General of Embrapa Informática Agropecuária)**
- **Sessão 1: Visão geral das mudanças climáticas / Sesión 1: Visión general sobre el cambio climático / Session 1: Climate Change Overview**
 - Cenários futuros para pastagens no Brasil / Escenarios futuros de la pastura en Brasil / Future scenarios of Brazilian pastures



Capital / Resilience of milk production systems to climate change: the capital approach

– **Dr. Luís Alberto Ambrósio (Instituto de Zootecnia)**

- **Sessão 2: Contribuições da pesquisa agropecuária para enfrentar as mudanças climáticas / Sesión 2: Investigación Agrícola para hacer frente al Cambio Climático / Session 2: Agricultural Research in Tackling Climate Change**
 - Potencial de sequestro de carbono na América Latina / Almacenamiento potencial de carbono en América Latina / Carbon sequestration potential in Latin America
– **Dr. Claudia Jantália (Embrapa Agrobiologia)**
 - Manejo de pastagens e mitigação das emissões de gases de efeito / Mitigación mediante mejora de la gestión de los pastos / Mitigation through improved pasture management
– **Dr. Paulo Carvalho (UFRGS)**
 - Estratégias de recuperação de pastagens / Estrategias para la regeneración de los pastos / Pasture regeneration strategies
– **Dra. Patrícia Anhão de Oliveira (Embrapa Pecuária Sudeste)**
 - Portfólio de pesquisa em Mudanças Climáticas da Embrapa / Portafolio de proyectos Embrapa sobre Cambio Climático / Embrapa's Climate Change Project Portfolio
– **Dr. Giampaolo Queiroz Pellegrino (Embrapa Informática Agropecuária)**
 - O Projeto AnimalChange / El Proyecto AnimalChange / AnimalChange project
– **Dr. Luís Gustavo Barioni (Embrapa Informática Agropecuária)**
 - O Projeto Pecuária / El Proyecto Pecuária / Pecuária Project
– **Dra. Patrícia Anhão de Oliveira (Embrapa Pecuária Sudeste)**
 - Contribuições da pesquisa agropecuária para enfrentar as mudanças climáticas na Argentina / Contribuciones de la Investigación agrícola para hacer frente al cambio climático en la Argentina / Agricultural research contributions to tackling climate change in Argentina
– **Dr. Jose Arroquy (INTA Santiago del Estero, Argentina)**
 - Contribuições da pesquisa agropecuária para enfrentar as mudanças climáticas no Chile / Contribuciones de la Investigación agrícola para hacer frente al cambio climático en la Chile / Agricultural research contributions to tackling climate change in Chile
– **Dr. Marta Alfaro (INIA Remehue, Chile)**
 - Contribuições da pesquisa agropecuária para enfrentar as mudanças climáticas no Uruguai / Contribuciones de la Investigación agrícola para hacer frente al cambio climático en la Uruguay / Agricultural research contributions to tackling climate change in Uruguay
– **Dr. Geronimo Cardoso (INIA Treinta y Tres, Uruguay)**

Agricultural research tackling climate change in Uruguay

G. Cardozo

V. Ciganda, L. Salvo & V. Pravia

AnimalChange Project Regional Workshop

Livestock and Climate Change

12th and 13th February 2015

Embrapa Agriculture Informatics, Campinas, SP, Brazil





18.5.2015 / INIA Noticias

Taller sobre intensificación sostenible de la ganadería familiar

Por: INIA LB

En el marco de la ejecución del Proyecto Mejora en la Sostenibilidad de la Ganadería Familiar de Uruguay (UFFIP), AgResearch (Nueva Zelanda), Instituto Plan Agropecuario, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) organizaron el Taller de Intensificación Sostenible "Sustainable Intensification of the family livestock farm sector: opportunities and constraints."

PROGRAMA

MÓDULO 1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADEROS FAMILIARES

- Bienvenida y Apertura. Santiago Cayota.
- Presentación del proyecto UFFIP. Trevor Jackson, Virginia Porcile.
- Sustentabilidad de explotaciones ganaderas familiares: trabajo desde el IPA. Francisco Dieguez.
- Propuesta tecnológica para la mejora de la productividad de la ganadería familiar. Raúl Gómez Miller.
- Estudio: Factores de cambio en la ganadería extensiva y posibles líneas de extensión; avances y consideraciones preliminares. Ignacio Arboleya, Eduardo Maldini.
- Intensificación sostenible de la ganadería: Uruguay 2030. Bruno Ferraro.

MÓDULO 2. EXPERIENCIA DE NUEVA ZELANDA Y LECCIONES APRENDIDAS

- Sustainable intensification: the New Zealand experience and lessons learnt. Liz Wedderburn.
- Life Cycle Assessment (LCA): resource use efficiency and environmental management in animal production systems. Stewart Ledgard.

MÓDULO 3. IMPACTOS DE LA INTENSIFICACIÓN EN LOS SISTEMAS GANADEROS

- Producción y conservación de campo natural: una sinergia posible. Marcelo Pereira.
- Manejo de suelos, agua y biodiversidad en sistemas ganaderos: riesgos de la intensificación y oportunidades de la gestión integral. Oscar Blumetto.
- Emisión de Gases de Efecto Invernadero en sistemas ganaderos: intensificación y amenazas. Gonzalo Becoña
- Trabajo en grupos y sesión de discusión plenaria .
- Sumario de consideraciones finales y recomendaciones. Marcos Martínez, Fabio Montossi, Hermes Morales.
- Mesa de cierre: Álvaro Roel, Mario Pauletti, Tabaré Aguerre.



PROYECTO MEJORA EN LA SOSTENIBILIDAD
DE LA GANADERÍA FAMILIAR DE URUGUAY
URUGUAY FAMILY FARMING IMPROVEMENT PROJCT

agresearch



inia
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
URUGUAY



Emisión de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Ganaderos: intensificación y amenazas

Ing. Agr. MSc. Gonzalo Becoña – **Plan Agropecuario**
Ing. Agr. (PhD) Valentín Picasso – **Facultad de Agronomía**
Ing Agr (PhD) Verónica Ciganda - **INIA**

Las Brujas
14 de mayo de 2015