



Foto: Fabiano Alecrim

LEGUMINOSAS FORRAJERAS CON TANINOS: promisorio potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en mejoramientos de campo natural

Ing. Agr. Amb. MSc. Fabiano Alecrim^{1,2,3}, Lic. MSc. Claudia Simón¹, Bach. Julieta Mariotta¹, MV. Daniel Santander¹, MSc. Eyerus Muleta^{1,2,4}, Ing. Agr. PhD. Fernando Lattanzi⁵, Ing. Agr. PhD. Bruno José Rodrigues Alves⁶, Ing. Agr. MSc. Juan Pablo Marchelli⁷, Ing. Agr. PhD. Verónica Ciganda¹

²CLIFF-GRADS Programme

³Universidade Federal Fluminense - UFF/Brazil

⁴Jimma University - JU/Ethiopia

⁵Programa de Investigación en Pasturas y Forrajes - INIA

⁶Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa/Brazil

⁷Secretariado Uruguayo de la Lana - SUL

¹Programa de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental - INIA

En este artículo se presente una línea de investigación que analiza el desafío de generar tecnologías para intensificar predios basados en campo natural, que permitan aumentar su productividad y al mismo tiempo mitigar el impacto ambiental, de manera de lograr sistemas de producción económica y ambientalmente sostenibles.

INTRODUCCIÓN

En países que cuentan con una gran participación del sector agropecuario en su economía, como ocurre en América Latina, la ganadería y agricultura contribuyen sustancialmente en las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI). En Uruguay el 75 % de las emisiones totales de GEI proviene de estos sistemas de producción, siendo el óxido nitroso (N₂O) el segundo

gas con mayor emisión (SNRCC, 2021). Este gas, que tiene un poder de calentamiento global 289 veces mayor que el CO₂, se origina principalmente por la deposición de orina y heces del ganado bajo pastura y por el uso de fertilizantes nitrogenados en cultivos agrícolas.

Dependiendo de las condiciones de humedad, temperatura, pH, contenido de carbono, nitrógeno (N) y textura de los suelos bajo pastoreo, el N presente

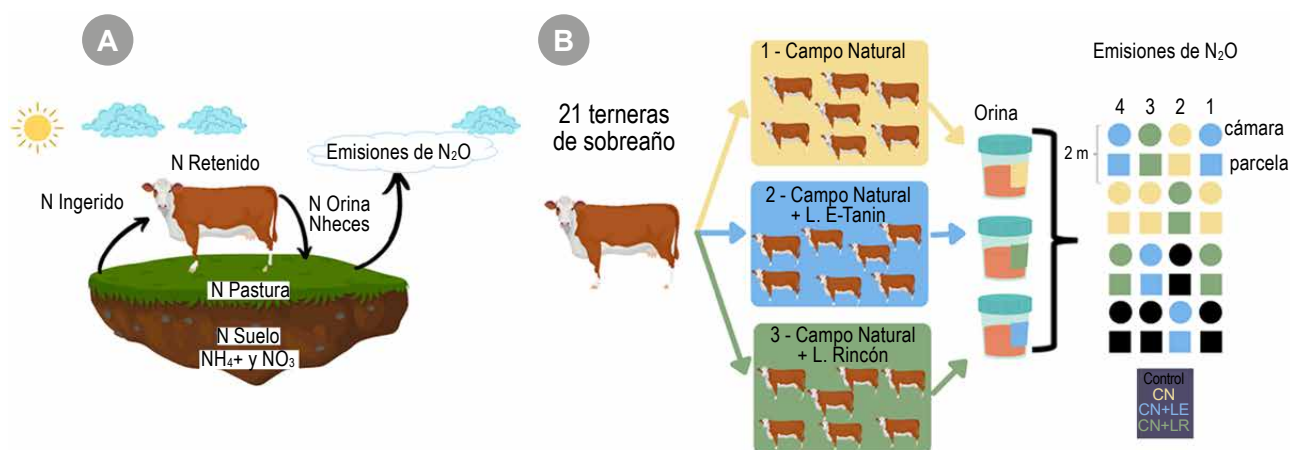


Figura 1 - Modelo conceptual y esquema experimental: A) Dinámica simplificada del balance del nitrógeno (N) en ecosistemas pastoriles; B) Esquema experimental de la evaluación del efecto del mejoramiento del campo natural (CN) con leguminosas de adecuado contenido de taninos en las emisiones de N_2O .

en la orina y heces del ganado sufre procesos de transformación en el suelo, generando emisiones de N_2O a la atmósfera (Figura 1A). Estudios recientes han reportado la capacidad inhibitoria de los taninos sobre las emisiones de GEI (Orzuna-Orzuna *et al.*, 2021). Los taninos son compuestos orgánicos, naturalmente presentes en numerosas especies, que tienen la capacidad de unirse a proteínas vegetales y disminuir drásticamente su degradabilidad ruminal; es decir, reducen su utilización por parte de los microorganismos. En dietas ricas en N, como por ejemplo aquellas con leguminosas, esto permitiría mejorar la eficiencia de uso de la proteína vegetal ya que, en lugar de generar un exceso de N en el rumen que es convertido en urea y excretado en orina, es absorbida directamente en el duodeno, lo que favorece la producción animal.

Los taninos están presentes en las leguminosas del género *Lotus*, siendo el cultivar E-Tanin desarrollado por INIA caracterizado por su adecuado contenido en taninos: suficiente para generar efectos positivos, pero no excesivo como para afectar el consumo de materia seca. El mejoramiento del campo natural a través de la incorporación de E-Tanin no solo contribuiría a mejorar su productividad y valor nutritivo, sino también a mitigar emisiones GEI.

En este artículo presentamos una línea de investigación actualmente en curso financiada por INIA, Procisur, Fontagro y el CLIFF-GRADS Programme, que analiza la dinámica del N en el sistema suelo-planta-animal-atmósfera para cuantificar el potencial de mitigación de emisiones de N_2O proveniente de la orina en mejoramientos de campo natural con leguminosas de adecuado contenido en taninos pastoreados por bovinos.

CÓMO Y DÓNDE LLEVAMOS ADELANTE EL TRABAJO EXPERIMENTAL

La investigación fue iniciada en setiembre del año 2021 en el Centro de Investigación y Experimentación Dr. A. Gallinal (CIEDAG-SUL) ubicado en Cerro Colorado, Florida.

E-Tanin fue introducido en tapices naturales en 2014, en una superficie aproximada de 5 ha, a una dosis de 5 kg semilla/ha, al voleo, mezclado con fertilizante fosfatado (tratamiento "CN+LE"). En un área similar de 4.5 ha se introdujo *Lotus cv El Rincón* (tratamiento "CN+LR") a partir de semillas presentes en las heces de los animales. Finalmente, un área de 9 ha de campo natural sin leguminosas es usado como testigo (tratamiento "CN").

En los tres tratamientos se cuantificó la disponibilidad de forraje, la proporción de leguminosas y la composición química y luego se asignaron siete terneras de sobre año (242 ± 7 kg) a cada uno (Figura 1B). Los animales tuvieron un período de acostumbramiento de al menos 15 días.

Luego del período de acostumbramiento, los animales fueron conducidos diariamente a los Bretes donde se les suministró dióxido de titanio (TiO_2), un marcador que sirve para estimar el consumo de materia seca y la producción de heces. Para esto, se recolectaron muestras individuales de heces y orina durante los últimos cinco días para determinar las concentraciones de este marcador y de N. La cantidad de N excretado en las heces se calculó a partir de la producción fecal de los animales con su respectiva concentración de N.



Figura 2 - Instalaciones de las bases de las cámaras y parcelas en campo natural para mediciones de emisiones y evolución de nitrógeno mineral en suelo después de aplicación de orina.

En el tratamiento de CN se instalaron 16 cámaras de flujo cerrado de acero inoxidable para la medición de N_2O (Figura 2). La orina colectada previamente de los animales de cada tratamiento se aplicó (1 L) a las respectivas cámaras y parcelas (Chadwick *et al.*, 2000). Luego de aplicada la orina, se siguió un protocolo para la medición del gas emitido. Cada muestreo constó de la toma de tres muestras de aire, cada 20 minutos, comenzando inmediatamente luego del cierre de la cámara (Figura 3).

La concentración de N_2O de las muestras de aire colectadas fueron analizadas por cromatografía de gases. Adicionalmente, se muestrearon suelo y plantas contiguas a las cámaras para monitorear las concentraciones de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y pH en el suelo y la concentración de nitrógeno en las plantas.

RESULTADOS PRELIMINARES DEMUESTRAN LA POSIBILIDAD REAL DE REDUCIR LA EMISIÓN DE N_2O USANDO LEGUMINOSAS CON TANINOS

Los tratamientos con leguminosas CN+LE y CN+LR presentaron un 20 % de leguminosas en el forraje durante el período experimental. Esto representa una presencia moderada de leguminosas; claramente en todos los tratamientos las especies nativas dominaban el tapiz vegetal. Sin embargo, la concentración de proteína cruda en el forraje disponible fue 64 % y 37 % mayor en los tratamientos con leguminosas CN+LE y CN+LR, respectivamente, que en el CN sin leguminosas. Además, la presencia de leguminosas se asoció a menores niveles de fibra y mayor digestibilidad, en particular en CN+LE (Cuadro 1).



Figura 3 - Cierre de cámaras y toma de muestras de N_2O en campo natural tras aplicación de orina bovina.

Cuadro 1 - Caracterización del forraje en los tratamientos de campo natural sin leguminosas (CN), campo natural con Lotus cv E-Tanin (CN+LE) y campo natural con Lotus cv El Rincón (CN+LR).

	CN	CN+LE	CN+LR	SE
Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)	1049	2321	2093	136
Proporción de leguminosas (%)	-	20	21	-
Proteína cruda (%)	7,3	12	10	1
Nitrógeno (kg/ha)	12	44	32	-
Fibra detergente neutro (%)	69	57	65	4
Digestibilidad (%)	58	63	59	1
Concentración de taninos (%)	-	4,0	6,2	0,6

SE: Error estándar

MS: Materia seca

A pesar del similar consumo de materia seca, la excreción diaria de N en las heces fue un 45 % mayor en animales pastoreando CN+LE y CN+LR en comparación con animales pastoreando CN. Por el contrario, la concentración de N en la orina fue 11 % menor en animales pastoreando CN+LR y CN+LE vs. CN (Cuadro 2). Estos resultados en orina son más sorprendentes aun si consideramos que el consumo de N debe haber sido mayor en los animales de CN+LE y CN+LR, ya que el forraje disponible tenía más proteína.

Los complejos tanino-proteína que se forman en el rumen no se disocian completamente en el post rumen, incrementando la pérdida de N fecal y a su vez bajando la pérdida de N en la orina (Adejoro *et al.*, 2019). Es así que, una mayor excreción de N por las heces del animal se considera una forma de pérdida de N menos riesgosa para el medio ambiente debido a que el N presente en las heces se transforma más lentamente en el suelo que el nitrógeno presente en la orina, generando emisiones de N₂O más bajas (Chadwick *et al.*, 2000).

Como era de esperar, durante los primeros cinco días después de la deposición de orina se observaron emisiones acumuladas de N₂O más altas en los tratamientos con orina en comparación con el control

(Figura 5A). Más relevante es que hubo una tendencia hacia emisiones de N₂O menores en los tratamientos CN+LE y CN+LR que en CN. Esto reflejaría la menor concentración de N de la orina de los tratamientos con leguminosas con taninos. Por lo tanto, el uso de cultivares con niveles adecuados de taninos podrían constituir una estrategia que promueva la reducción de la cantidad de N en la orina del ganado depositado en los pastos para reducir las emisiones del sector, sin afectar el consumo de materia seca.

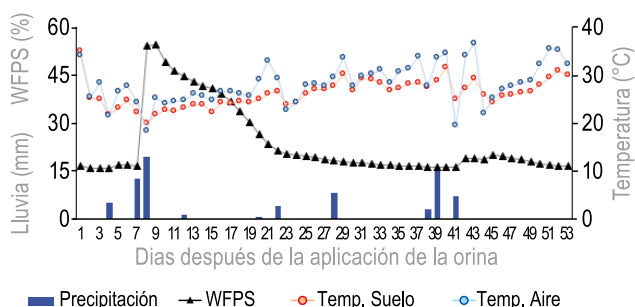


Figura 4 - Espacio poroso llenado por agua (WFPS), temperatura del suelo y del aire, y lluvia después de la aplicación de orina durante el período de 11/21 a 2/22 en Cerro Colorado, Florida, Uruguay.

Cuadro 2 - Consumo de materia seca (MS) y excreta de nitrógeno (N) en terneras de sobre año pastoreando potreros de campo natural (CN), campo natural con Lotus cv E-Tanin (CN+LE) y campo natural con Lotus cv El Rincón (CN+LR).

	CN	CN+LE	CN+LR	SE	P
Consumo (kg MS/animal/día)	4,5	5,1	5,1	0,3	ns
Producción fecal (kg MS/animal/día)	2,0	2,1	1,9	0,2	ns
N heces (%)	1,9 b	2,4 a	2,5 a	0,1	*
N orina (g/L/día)	4,7 a	4,3 ab	4,1 b	0,2	*
Nitrógeno fecal (g/animal/día)	32 b	45 a	48 a	2	*

N.S.: No significativo ($p > 0.05$). *: Diferencia significativa ($p < 0.05$). Letras distintas señalan diferencia entre tratamientos.

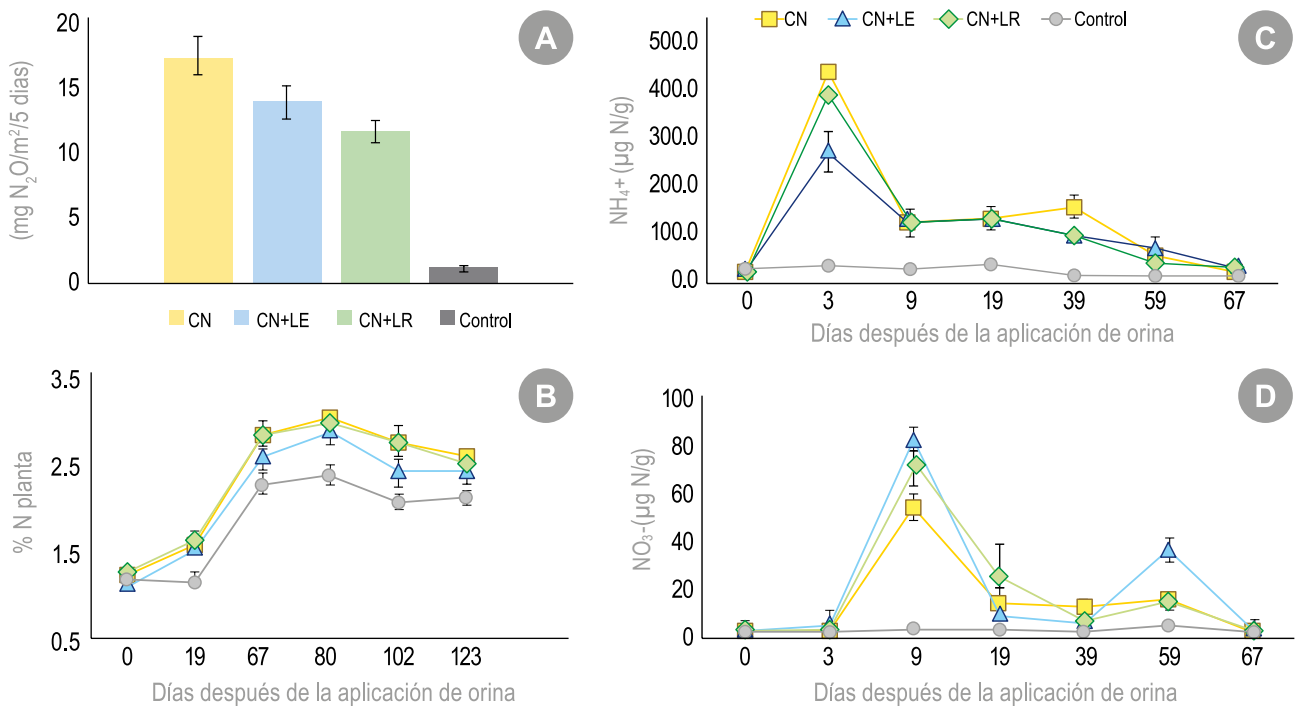


Figura 5 - (A) Emisiones de óxido nítrico acumuladas durante los primeros cinco días, (B) concentración de nitrógeno en la planta (C), contenido de amonio (NH₄⁺), y (D) contenido de nitrato (NO₃⁻) en suelo después de la aplicación de orina proveniente del ganado bajo pastoreo de campo natural (CN), campo natural con Lotus cv E-Tanin (CN+LE) y campo natural con Lotus cv El Rincón (CN+LR).

Después de la aplicación de orina en las parcelas, rápidamente ocurrió un incremento de amonio (NH₄⁺) en el suelo, pero este fue menor en las parcelas con orina de CN+LE y más alto con orina de CN (Figura 5C). Las concentraciones de nitrato (NO₃⁻) comenzaron a aumentar junto con la disminución de NH₄⁺ y el aumento del espacio poroso lleno de agua en el suelo (Figura 4), lo que indica que se estaba produciendo una transformación del nitrógeno. Este proceso puede generar pérdidas significativas de N por emisiones dependiendo de las condiciones presentes. Así que, una menor concentración de NH₄⁺ en el suelo después de la deposición de orina puede generar menores pérdidas de nitrógeno.

El uso de cultivares de leguminosas con adecuado contenido en taninos en mejoramientos de campo natural puede ser un recurso para mitigar las emisiones de GEI de sistemas ganaderos pastoriles, además de mejorar la cantidad de forraje y la calidad de la dieta animal.

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos muestran que incorporar cultivares de leguminosas con adecuado contenido en taninos en mejoramientos de campo natural puede ser una práctica importante para no solo mejorar la cantidad de forraje y la calidad de la dieta animal, sino también mitigar los impactos ambientales, específicamente las emisiones de GEI de sistemas ganaderos pastoriles. La presencia de taninos en el forraje no restringió el consumo de los animales, aumentó la cantidad de N excretado en las heces y redujo la concentración de N en la orina. Además, la orina de los animales alimentados con cultivares de leguminosas de adecuado contenido de taninos generó menores cantidades de N mineral en el suelo y redujo las emisiones iniciales de N₂O después de la deposición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adejoro, F. A., Hassen, A., & Akanmu, A. M. (2019). Effect of Lipid-Encapsulated Acacia Tannin Extract on Feed Intake, Nutrient Digestibility and Methane Emission in Sheep. *Animals*, 9(11), 863.
- Chadwick, D. R., Pain, B. F., & Brookman, S. K. E. (2000). Nitrous Oxide and Methane Emissions following Application of Animal Manures to Grassland. *Journal of Environment Quality*, 29(1), 277.
- Orzuna-Orzuna, J.F.; Dorantes-Iturbide, G.; Lara-Bueno, A.; Mendoza-Martínez, G.D.; Miranda-Romero, L.A.; Hernández-García, P.A. Growth Performance, Carcass Characteristics, and Blood Metabolites of Lambs Supplemented with a Polyherbal Mixture. *Animals* 2021, 11, 955.

SNRCC and Ministry of Environment, 2021, Uruguay - Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2019.