



Foto: Equipo del Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente - INIA

EL USO DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN MEJORAMIENTOS DE CAMPO NATURAL COMO ESTRATEGIA DE INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE PARA LA GANADERÍA DE CARNE:

su implicancia en las emisiones entéricas de metano y en la eficiencia de la utilización del nitrógeno

Ing. Agr. Amb. MSc. Fabiano Alecrim^{1,2}, Ing. Agr. PhD Thais Devincenzi³, Ing. Agr. PhD Rafael Reyno⁴, DMTV PhD América Mederos³, Lic. MSc. Claudia Simón¹, Bach. Julieta Mariotta¹, MV. Daniel Santander¹, PhD Fernando Lattanzi⁴, Livia Irigoyen⁵, Ing. Agr. PhD Verónica Ciganda¹

¹Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente - INIA

²Universidade Federal Fluminense (UFF)

³Sistema Ganadero Extensivo - INIA

⁴Área de Pasturas y Forrajes - INIA

⁵Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

En este artículo presentamos una línea de investigación financiada por INIA en conjunto con PROCISUR y FONTAGRO, que ha trabajado sobre las emisiones de CH₄ entérico y la dinámica del N en el sistema planta-animal, con el objetivo de cuantificar el potencial mitigador de las emisiones GEI en la ganadería extensiva a partir de la inclusión de leguminosas con taninos en un campo natural.

INTRODUCCIÓN

El campo natural ocupa gran parte del territorio uruguayo y es el principal recurso forrajero para la ganadería extensiva desarrollada en esta región. Si bien las especies forrajeras presentes en este agroecosistema están bien adaptadas a los suelos de la región, la limitada disponibilidad de nutrientes, especialmente nitrógeno

(N) y fósforo (P), sumado a condiciones climáticas que pueden resultar adversas y a un inadecuado manejo de los pastizales, puede conducir a una disminución de la producción y calidad del forraje (Jaurena *et al.* 2016). En consecuencia, frecuentemente esto resulta en una reducción del rendimiento productivo de los animales y del desempeño económico de las explotaciones ganaderas.

Además, se estima que esto podría provocar distintos impactos ambientales indeseables, tales como una baja eficiencia de utilización de nutrientes, así como también una elevada intensidad de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Beauchemin *et al.*, 2022). Es necesario, por lo tanto, disponer de tecnologías capaces de aumentar la cantidad y la calidad del forraje disponible para los animales, que aseguren la sostenibilidad económica y ambiental del sector ganadero.

El mejoramiento del campo natural es una herramienta para incrementar la productividad y el valor nutricional del forraje en sistemas de ganadería extensiva. Esta tecnología es definida por la siembra en cobertura de una o más especies (generalmente leguminosas) en la vegetación original. El género *Lotus* representa varias especies de las más utilizadas para mejoramientos de campo en Uruguay. Estas leguminosas, además de ser ricas en proteína, contienen cantidades variables de taninos condensados, y estudios anteriores han sugerido que los taninos reducen la degradación de proteínas en el rumen, permitiendo un mayor paso y absorción de esta por el animal, reduciéndose la proporción de N excretado en la orina (Lagrange *et al.*, 2020), y por lo tanto la pérdida de N al medio ambiente. Además, los taninos pueden afectar la actividad o población de la microbiota (metanógenos) en el rumen responsable de la fermentación y generación de metano (CH₄) entérico, reduciendo la producción de hidrógeno y por ende de CH₄ entérico.

Las pérdidas de CH₄ representan entre el 2 % y el 12 % del total de la energía bruta ingerida por el ganado y su magnitud va a depender principalmente de la cantidad y calidad de la dieta ingerida, así como también de la genética y estado fisiológico de los animales. Actualmente, los estudios sobre el CH₄ se focalizan en su pérdida como emisión de gas de efecto invernadero y sus consecuencias en el cambio

climático (Beauchemin *et al.*, 2022). Este gas tiene un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el CO₂, y la fermentación entérica de los rumiantes es su principal fuente de emisión, representando aproximadamente el 52 % de las emisiones totales del Uruguay (SNRCC, 2021).

Los cultivares de *Lotus* desarrollados por INIA, como INIA E-Tanin, INIA Gemma e INIA Basalto, se muestran como especies muy adecuadas para los mejoramientos de campo, siempre que su proporción en la biomasa disponible no sobrepase el 40 %. Estas leguminosas aumentan la cantidad de proteína disponible a través de la fijación biológica de N, mejorando la calidad del forraje disponible para los animales. Además, estas especies han demostrado tener un adecuado contenido de taninos, y mezclados en el campo natural podrían disminuir las pérdidas de N al medio ambiente y mitigar las emisiones de GEI.

En este artículo presentamos una línea de investigación financiada por INIA en conjunto con PROCISUR y FONTAGRO, que ha trabajado sobre las emisiones de CH₄ entérico y la dinámica del N en el sistema planta-animal, con el objetivo de cuantificar el potencial mitigador de las emisiones GEI en la ganadería extensiva a partir de la inclusión de leguminosas con taninos en un campo natural.

METODOLOGÍA

La investigación fue desarrollada durante la primavera del 2022 (octubre-noviembre) en la unidad experimental INIA "Glencoe", departamento de Paysandú, Uruguay. El diseño experimental fue "cross-over", e incluyó dos tratamientos y dos períodos de medición, con diez días de acostumbramiento previo a cada tratamiento y cinco días de mediciones en cada período (Figura 1), asegurando así que todos los animales recibieran ambos tratamientos.

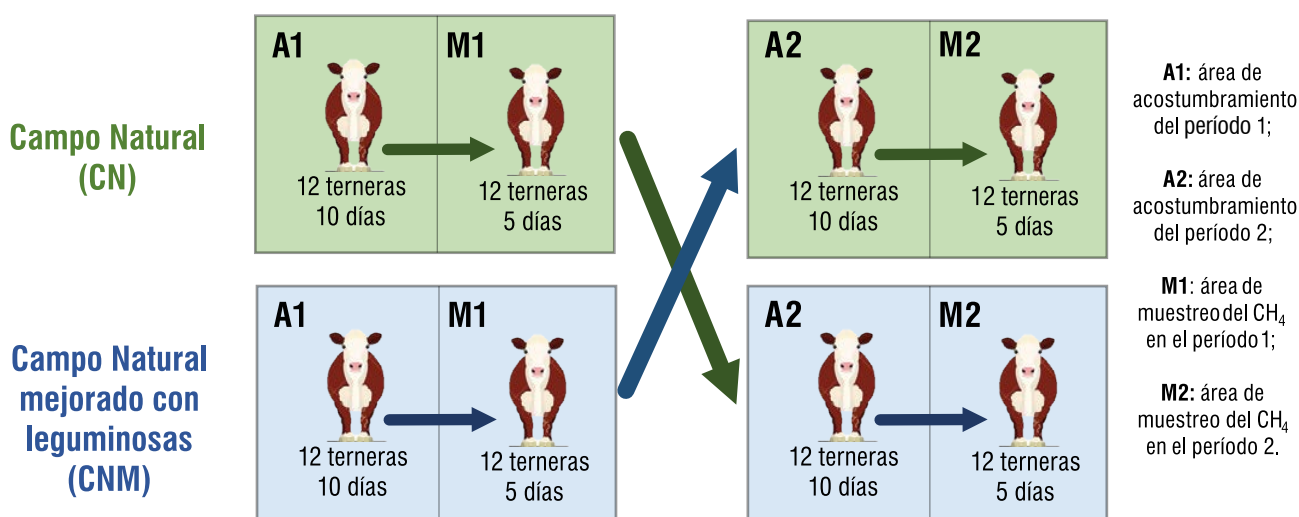


Figura 1 - Diseño experimental "cross over" y distribución de las terneras en las parcelas de campo natural (CN) y campo natural mejorado con Lotus INIA E-Tanin, INIA Gemma e INIA Basalto (CNM).



Fotos: Equipo del Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente - INIA

Figura 2 - Forraje asignado a los animales durante el ensayo (A); muestreo forrajero de parcelas (B).

Cada tratamiento fue asignado al azar a un grupo de 12 terneras de sobreño y genética Hereford ($198 \pm 3,5$ kg). Los tratamientos consistieron en terneras pastoreando parcelas de dos tipos de pasturas:

1 - Campo natural (CN);

2 - Campo natural mejorado con incorporación de leguminosas Lotus INIA E-Tanin, INIA Gemma e INIA Basalto (CNM).

En base a la disponibilidad de forraje, para los dos períodos de acostumbramiento y muestreo, se tuvo en consideración una asignación del 6 % del peso vivo (PV) para cada parcela (Figura 2A). Para evaluar la composición química y energética del forraje consumido, así como la proporción de leguminosas y sus contenidos de taninos, se hicieron mediciones pre y pos pastoreo para cada parcela (Figura 2B).

Los taninos fueron analizados utilizando la técnica del Butanol-HI (INIA, 2016).

Las emisiones de CH_4 entérico de ambos grupos de animales se realizó utilizando la técnica del gas trazador de hexafluoruro de azufre (SF_6) adaptada para períodos prolongados (Gere y Gratton, 2010) (Figura 3A).

Varios Lotus como INIA E-Tanin, INIA Gemma e INIA Basalto, incorporados al campo natural, podrían disminuir las pérdidas de N al medio ambiente y mitigar las emisiones de GEI.



Fotos: Equipo del Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente - INIA

Figura 3 - Instalación de los equipos para medir emisiones entéricas de metano en bovinos bajo potreros de campo natural (A); muestreo de heces para la posterior cuantificación de la producción fecal y la concentración de nitrógeno (B).

Cuadro 1 - Composición y producción de forraje del campo natural (CN) y del campo natural mejorado con la inclusión de leguminosas del género Lotus desarrolladas por INIA (CNM).

	CN		CNM		P
	Disponibilidad	Rechazo	Disponibilidad	Rechazo	
Asignación de forraje (kg MS/100 kg de PV)	6,1	-	6,5	-	0,361
Altura del dosel (cm)	11,5	8	14,5	12	<.001
Disponibilidad total de forraje (kg MS/ha)	1387	971	2372	1866	<.001
Disponibilidad de leguminosa (kg MS/ha)	73	64	500	225	0,016
Leguminosa (%)	6,5	5,7	24,6	13,7	0,031
N total (kg/ha)	19	13	35	23	<.001
Proteína cruda (%)	8,7	8,1	10,1	8,1	0,038
Fibra detergente neutro (%)	59	61	53	61	0,004
Taninos condensados totales (%)	1,3	0,4	2,1	1,2	<.001

MS: Materia seca; PV: Peso vivo; N: Nitrógeno.

Durante el período de medición de CH₄, también se realizó la medición del consumo individual de materia seca utilizando la técnica del marcador dióxido de titanio (TiO₂).

El N retenido por el animal se estimó como la diferencia entre el N ingerido y el N excretado en heces (Figura 3B) y orina, y la eficiencia de utilización del N se estimó como la relación entre el N retenido y el N ingerido.

El PV de los animales se registró al inicio del período de acostumbamiento y al fin de cada período de muestreo, obteniéndose así la ganancia media diaria (GMD).

RESULTADOS

La producción de forraje, composición botánica y otros atributos del CN y CNM se presentan en el Cuadro 1. Se observa una mayor presencia de leguminosas en el

Cuadro 2 - Desempeño animal y emisiones de metano (CH₄) entérico de bovinos en el campo natural (CN) y en el campo natural mejorado con la inclusión de leguminosas del género Lotus desarrolladas por INIA (CNM) durante el experimento.

	CN	CNM	P
Consumo (kgMS/animal/día)	6,35	6,67	0,314
Consumo de N (g/animal/día)	89	106	0,001
GMD (g/animal/día)	235	581	0,003
CH ₄ (g/animal/día)	139	148	0,113
CH ₄ (g/kg consumo)	21,5	21,1	0,854
CH ₄ (g/kg GMD)	0,58	0,25	0,007
Ym (%)	7,5	7	0,813

MS: Materia seca; N: Nitrógeno; GMD: Ganancia media diaria; Ym: Rendimiento de metano (Relación energía bruta consumida convertida en metano).

CNM y por ende mayor cantidad de nitrógeno (N) total por área y mayor concentración de taninos condensados en desmedro del campo natural (CN). El ganado en las parcelas de CNM pastoreó selectivamente zonas con mayor concentración de leguminosas, lo que refleja un alto porcentaje de leguminosas presentes en la masa total de forraje desaparecido entre el pre y el post pastoreo en este tratamiento. Además, se observó una mayor desaparición de N y una menor desaparición de fibra (FDN) entre el pre y el post pastoreo en las parcelas de CNM que en las parcelas de CN, lo que sugiere que los animales de este tratamiento ingirieron una dieta de mejor calidad.

En el Cuadro 2 se presentan las variables de performance animal y de emisiones de CH₄. Los resultados muestran que, si bien no hubo efecto del tratamiento sobre el consumo de materia seca, sí se registró un efecto significativo sobre la GMD de los animales. Es probable que el manejo experimental asegurando una correcta asignación forrajera (6 % PV) no haya permitido desarrollar diferencias en los consumos entre tratamientos, a pesar de las diferencias logradas en la disponibilidad de forraje. Sin embargo, la mayor proporción de leguminosas en el tratamiento CNM, así como la selección animal mostrada en la composición de las muestras del pre y post pastoreo, habría favorecido marcadamente la mayor GMD en este tratamiento, alcanzando valores dos veces superiores a la media observada en el tratamiento CN.

Si bien no hubo efecto del tratamiento sobre el consumo de materia seca, sí se registró un efecto significativo sobre la ganancia media diaria de los animales.

El campo natural mejorado con inclusión de leguminosas aumentó la ganancia media diaria por animal y redujo la intensidad de las emisiones entéricas de CH₄.

Las emisiones absolutas (g/día) de CH₄ por animal y por kg de consumo individual de materia seca no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, y como consecuencia de las diferencias encontradas en GMD, la intensidad de emisiones de metano entérico por GMD (g CH₄/kg GMD) mostraron que las emisiones fueron significativamente menores en las terneras en el tratamiento CNM respecto al tratamiento CN.

La inclusión de leguminosas en el campo natural mejorado (CNM) incrementó los niveles de N disponible para el animal, y determinó que el consumo individual de N fuera mayor en aproximadamente 20 % con respecto al CN (Cuadro 2). A su vez, la eficiencia de utilización del N presentó diferencias a favor del tratamiento CNM con una mayor retención de N (Figura 4). Es interesante observar que el tratamiento CNM, además, presentó una menor proporción de N excretado en la orina y una mayor proporción en las heces respecto al tratamiento CN (Figura 4).

Si bien en este experimento no ha sido posible aislar el efecto del tanino respecto al efecto leguminosa, es posible afirmar que en este caso la presencia de leguminosas con taninos contribuiría a un menor impacto ambiental, pues el N urinario sufre más pérdidas al ambiente que el N fecal, debido a que induce a una mayor producción y emisión de óxido nítrico (otro importante gas de efecto invernadero).

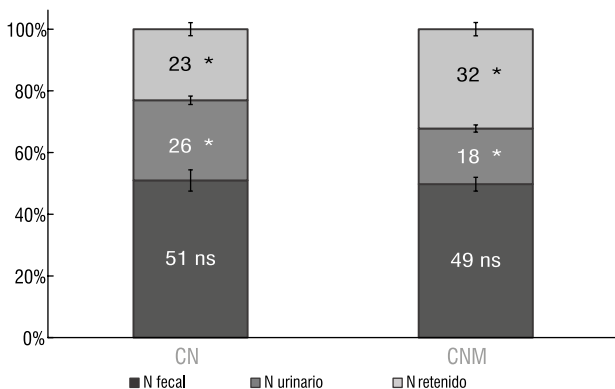


Figura 4 - Distribución porcentual del nitrógeno (N) total ingerido por bovinos de carne en campo natural (CN) y campo natural mejorado con leguminosas (CNM).

* = significativamente diferente; ns = no hay diferencia significativa

COMENTARIOS FINALES

El campo natural mejorado con inclusión de leguminosas aumentó la ganancia media diaria por animal y redujo la intensidad de las emisiones entéricas de CH₄ (g CH₄/kg GMD). A su vez, las terneras bajo CNM consumieron más nitrógeno y fueron más eficientes en su uso, además de excretar una menor proporción de nitrógeno urinario y una mayor cantidad de nitrógeno fecal. Este trabajo no permitió evaluar el posible efecto adicional por la presencia de taninos condensados en las leguminosas utilizadas. Sin embargo, la incorporación de leguminosas con taninos al campo natural podría contribuir a aumentar la productividad animal y la eficiencia en el uso del N en sistemas de ganadería extensiva, con un impacto proporcionalmente menor en sus emisiones de CH₄.

BIBLIOGRAFÍA

Beauchemin, K.A., Ungerfeld, E.M., Eckard, R.J., Wang, M., 2020. Review: Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. *Animals*. 14, s2–s16. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003100>.

Gere, J. I., Gratton, R. 2010. Simple, low-cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. *Latin American applied research*. 40(4): 377-381.

Jaurena M., Durante, M., Devincenzi, T., Savian, J.V., Bendersky, D., Moojen, F.G., Pereira, M., Soca, P., Quadros, F.L.F., Pizzio, R., Nabinger, C., Carvalho, P.C.F., Lattanzi, F.A., 2021. Native Grasslands at the Core: A New Paradigm of Intensification for the Campos of Southern South America to Increase Economic and Environmental Sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.547834>

Lagrange, S., Beauchemin, K.A., MacAdam, J., Villalba, J.J., 2020. Grazing diverse combinations of tanniferous and non-tanniferous legumes: Implications for beef cattle performance and environmental impact. *Sci. Total. Environ.* 746, 140788. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140788>.

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



Foto: Equipo del Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente - INIA

Figura 5 - Leguminosas forrajeras del género Lotus desarrolladas por INIA incorporadas en el campo natural.