



Intensificación sostenible de sistemas ganaderos con leguminosas: plataforma de cooperación Latinoamericana y del Caribe

**Producto 7.2. Evaluación de la fijación biológica de nitrógeno en mejoramientos de campo natural de Uruguay.
Fernando Lattanzi, Gerónimo Cardozo, Facundo Lussich
2024**



Ministry for Primary Industries
Manatū Ahu Matua





Códigos JEL: Q16
ISBN: sin registro

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Fernando Lattanzi y Gerónimo Cardozo.

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVO	6
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
CONCLUSIONES.....	10
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
INSTITUCIONES PARTICIPANTES	11



RESUMEN

La presente nota técnica corresponde al producto 7 del componente 2, actividad 2.1, mediante la cual se busca evaluar el efecto de las leguminosas forrajeras sobre la fijación biológica de nitrógeno (FBN), presentado en este caso datos obtenidos en mejoramiento de campo natural en Uruguay. Los pastizales del “Río de la Plata” representan un extenso ecosistema en América del Sur, dominado por pastizales naturales. Su productividad primaria neta área está limitada principalmente por el clima y la fertilidad de suelos. Para aumentar su productividad se ha considerado la incorporación de leguminosas junto con la fertilización fosfatada, sin eliminar el tapiz natural, generado los así llamados mejoramientos de campo natural. La fijación biológica de nitrógeno (FBN) en especies leguminosas forrajeras puede ser muy variable, dependiendo de la especie de leguminosa y de las condiciones ambientales y de manejo de la pastura. La proporción del nitrógeno total que proviene de la atmósfera (Ndfa) depende de factores como la disponibilidad de nitrógeno en suelo, disponibilidad de otros nutrientes acidez y salinidad del suelo, temperatura, estrés hídrico (excesos y déficit), y presencia/ausencia de microorganismos en el suelo. Es escasa la información a nivel nacional sobre la variabilidad en la FBN de leguminosas forrajeras en mejoramientos de campo natural en predios comerciales de Uruguay. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la variabilidad existente en Ndfa en las principales especies leguminosas forrajeras usadas en mejoramientos de campo natural en Uruguay: *Lotus subiflorus*, *L. pedunculatus* y *Trifolium repens*. En promedio, 67% del nitrógeno provino de FBN, pero la variabilidad fue alta (desvío estándar 26%). Estos datos suman a la realmente escasa información regional de la FBN en mejoramientos de campo natural en predios comerciales. Este trabajo demostró que existe una relativamente alta variabilidad en el Ndfa de las leguminosas más utilizadas en mejoramientos de campo natural.

Palabras clave: fijación biológica de nitrógeno, praderas sembradas.



ABSTRACT

This technical note corresponds to Product 7 of Component 2, Activity 2.1, which seeks to evaluate the effect of forage legumes on biological nitrogen fixation (BNF), presenting in this case data obtained from the improvement of natural grasslands in Uruguay. The grasslands of the 'Río de la Plata' region represent an extensive ecosystem in South America, dominated by natural grasslands. Their net primary productivity is mainly limited by climate and soil fertility. To increase their productivity, the incorporation of legumes along with phosphate fertilization has been considered, without eliminating the natural vegetation, leading to the so-called natural grassland improvements. In forage legume species, BNF can be highly variable, depending on the legume species and environmental and pasture management conditions. The proportion of total nitrogen that comes from atmospheric nitrogen (Ndfa) depends on factors such as soil nitrogen availability, availability of other nutrients, soil acidity and salinity, temperature, water stress (excesses and deficits), and the presence/absence of soil microorganisms. There is little national information on the variability of BNF in forage legumes in natural grassland improvements in commercial farms in Uruguay. The objective of this work was to quantify the existing variability in Ndfa in the main forage legume species used in natural grassland improvements in Uruguay: *Lotus subbiflorus*, *L. pedunculatus*, and *Trifolium repens*. On average, 67 % of the nitrogen came from BNF, but variation was large (standard deviation 26%). This data adds to the relatively scarce regional information on BNF in natural grassland improvements in commercial farms. This work demonstrated that there is relatively high variability in Ndfa in the most used legumes in natural grassland improvements.

Keywords: biological nitrogen fixation, sown pastures



INTRODUCCIÓN

Uruguay posee 16.4 Mill hectáreas productivas, de las cuales 13.8 Mill se destinan al pastoreo. De esta superficie, los mejoramientos de campo natural representan un 4,4% de la superficie ganadera (MGAP-OPYPA, 2018). Estos mejoramientos implican la siembra de leguminosas invernales exóticas, de alto potencial de crecimiento, junto con la fertilización fosfatada, sin la eliminación del tapiz natural.

Las leguminosas son fundamentales en las pasturas, ofreciendo forraje de alta calidad todo el año y fijando nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad del suelo. Las especies leguminosas utilizadas en los mejoramientos de campo natural han sido variadas, pero *Trifolium repens* (trébol blanco) y diferentes especies del género *Lotus* son las que mejor adaptación han mostrado a las condiciones ambientales locales (Ayala y Carámbula, 2009; Escaray et al., 2012).

Las estimaciones de la proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica (Ndfa) en diversos sistemas naturales difieren sustancialmente (Fowler et al., 2013). A nivel nacional, los antecedentes de medición de FBN son escasos y concentrados en pasturas cultivadas (Mallarino et al., 1990), siendo inexistentes registros para leguminosas en condiciones de mejoramiento de campo natural.

OBJETIVO

El objetivo de este reporte es evaluar la variabilidad existente a nivel nacional en la proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (Ndfa) en las especies de leguminosas forrajeras utilizadas en Uruguay en mejoramientos de campo natural.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Sitios

Se realizó un muestreo de alta intensidad espacial en Uruguay (30°-35° S, 53°-58°O) entre 2017 y 2018 que abarcó 69 mejoramientos en una vasta región de Uruguay, incluyendo principalmente áreas ganaderas (Figura 1). Fueron incluidos mejoramientos de variadas edades con siembras desde 1 a más de 30 años, sembrados con *Trifolium repens*, lotus anuales (*Lotus subiflorus*, *L. angustissimus*) y lotus perennes (*L. pedunculatus*, *L. corniculatus*, *L. tenuis*).



Figura 1. Disposición de praderas muestreadas. Los puntos verdes, azules y rojos representan sitios con especies de lotus anuales, de lotus perennes y de trébol blanco, respectivamente.

En cada sitio se tomaron 2 muestras apareadas con presencia y ausencia de la leguminosa sembrada, a una distancia menor a 5 m, buscando reducir las variaciones de suelo. Ambas muestras dentro del mismo potrero estuvieron sujetas al mismo manejo general tanto de fertilización, pastoreo, rotativa, cierres, etc. Cada muestra se separó manualmente en los siguientes componentes: Leguminosas, Graminoides, Gramíneas estivales, Gramínea invernales y Restos Secos. Además, previo a cosechar la muestra, se evaluó visualmente la cobertura de las especies presentes más dominantes

Determinación de la proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N₂ atmosférico

La Ndfa se estimó utilizando la metodología de abundancia natural de ¹⁵N, que compara la abundancia natural del isótopo estable ¹⁵N en plantas leguminosas fijadoras de nitrógeno con la de plantas de referencia no fijadoras, cultivadas bajo las mismas condiciones.

$$Ndfa (\%) = [(\delta^{15}N \text{ referencia} - \delta^{15}N \text{ leguminosa}) / (\delta^{15}N \text{ referencia} - B)] \times 100$$

donde $\delta^{15}N$ es el enriquecimiento en ¹⁵N expresado en ‰ en relación con el nitrógeno atmosférico (0,3663‰), $\delta^{15}N$ referencia es el $\delta^{15}N$ de la planta no fijadora teniendo al nitrógeno del suelo como única fuente nitrogenada, $\delta^{15}N$ leguminosa es el $\delta^{15}N$ de la especie leguminosa, y B es el $\delta^{15}N$ de la leguminosa teniendo al N₂ atmosférico como única fuente de nitrógeno.

Se utilizaron plantas de gramíneas creciendo en el mismo marco que las leguminosas como valor de referencia. Como no se disponía de valor B local, se utilizó un valor promedio de -1.00 ‰ basado en Unkovich et al. (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los mejoramientos de campo natural muestreados, el aporte promedio de la leguminosa en los casos presente fue de 9% y los componentes principales fueron los restos secos y las gramíneas estivales (Figura 2).

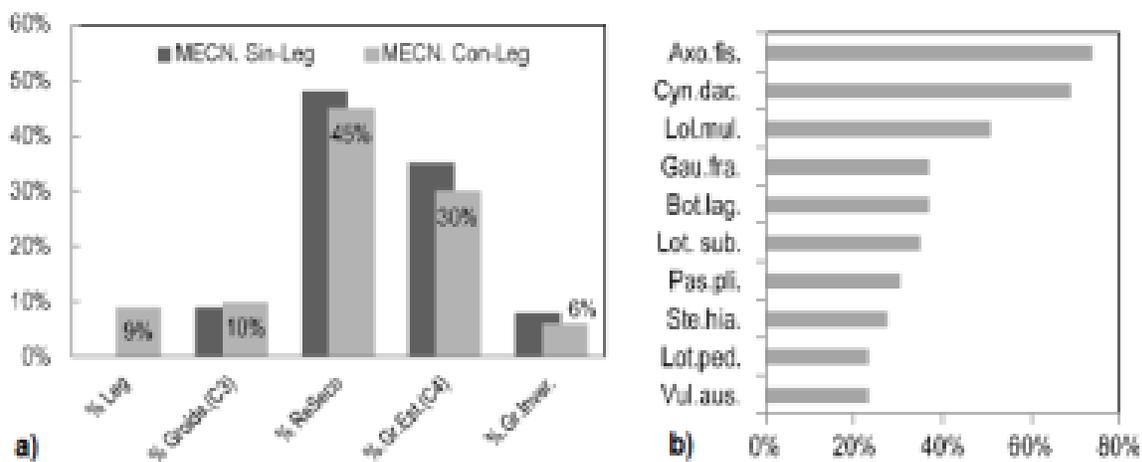


Figura 2. Características promedio de los mejoramientos de campo natural (MECN) muestreados.

(A) Proporción de los principales componentes según presencia (Con-Leg) o ausencia (Sin-Leg) de leguminosa, Leg: Leguminosa, Groide. (C3): Graminoides (C3), ReSeco: Resto Seco, Gr.Est. (C4): Gramíneas Estivales (C4), Gr.Inve.: Gramíneas Invernales.

(B) Frecuencia de aparición de las principales especies relevadas en los sitios de muestreo, Axo.fis. (*Axonopus fissifolius*), Cyn.dac. (*Cynodon dactilon*), Lol.mul. (*Lolium multiflorus*), Gau.fra. (*Gaudinia fragilis*), Bot.lag. (*Bothriochloa laguroides*), Lot.sub. (*Lotus subbiflorus*), Pas.pli. (*Paspalum plicatulum*), Ste.hia. (*Steinchisma hians*), Lot.ped. (*Lotus pedunculatus*), Vul.aus. (*Vulpia australis*).

Los niveles de Ndfa para los mejoramientos de campo natural evaluados mostraron una amplia variabilidad, con un valor promedio de 67 y un desvío estándar de 26%, y más de un 25% de los casos con valores inferiores a 50% (Figura 3). Se observaron valores de Ndfa superiores a 100%, que reflejan valores de $\delta^{15}\text{N}$ unas décimas ‰ menores al valor B utilizado. Esta discrepancia puede deberse a varias causas. Que la frecuencia de valores de Ndfa superiores a 100% haya sido menor a 4%, y que los valores de Ndfa fueron siempre inferiores a 120%, sugieren que lo más probable sea que el valor B real de esas muestras haya sido algo menor al supuesto, y/o



que sean producto del margen de error usual que tiene la medición de $\delta^{15}\text{N}$ (0.30 ‰). La especie de leguminosa presente en los mejoramientos de campo natural afectó Ndfa, siendo superior en trébol blanco que en lotus anuales o perennes (Tabla 1).

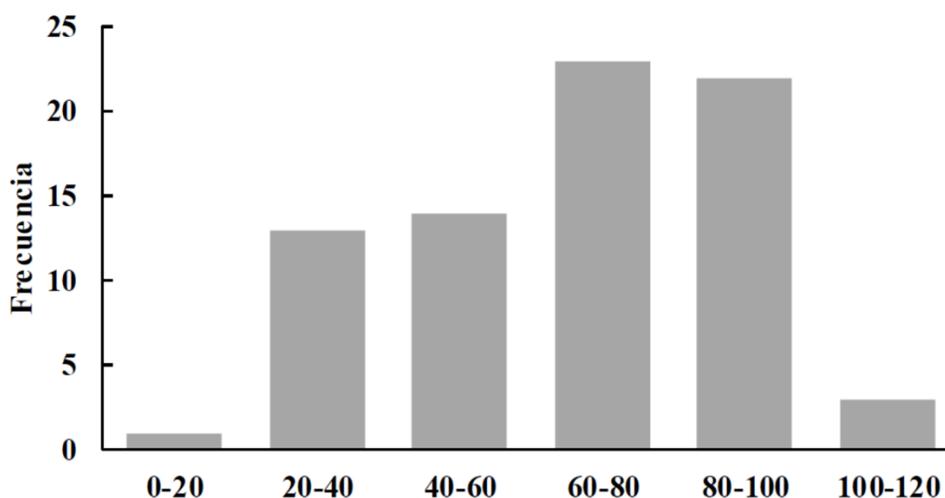


Figura 3. Histograma de frecuencia de la proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N_2 atmosférico (Ndfa) en plantas de las leguminosas más comunes en mejoramientos de campo natural de Uruguay.

Tabla 1. Ndfa de las diferentes especies leguminosas presentes en mejoramientos de campo natural de Uruguay.

Especie	n	Ndfa*
Lotus perennes	27	56 b
Lotus anuales	43	70 b
Trébol blanco	5	91 a

*Letras iguales no difieren, $p < 0.05$, t-test.

Este estudio, que abarca una extensión geográfica importante, permitió cuantificar por primera vez la variabilidad existente en la FBN para las principales leguminosas forrajeras utilizadas en mejoramientos de campo natural de Uruguay. Los niveles de Ndfa encontrados se ubican por debajo de los reportado localmente para *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* en praderas sembradas (Mallarino et al. 1990), y son menores a los reportados en sistemas intensivos de climas templados de Oceanía (Ledgard y Steele 1992). Efectivamente, más de un tercio de los



valores observados son inferiores a 50%. Valores similares se han reportado para trébol blanco en sistemas lecheros del sureste de Australia sobre suelos con limitantes (Riffkin et al. 1999).

CONCLUSIONES

El desempeño de la FBN en plantas de las leguminosas más comunes en mejoramientos de campo natural de Uruguay fue moderado y bastante variable. La relativamente alta frecuencia de casos con bajos niveles de Ndfa indicarían que existen limitaciones en la asociación biológica entre leguminosas y bacterias en los mejoramientos de campo natural, situación que no se observó en las praderas sembradas. Por esto, el ingreso de nitrógeno en estos sistemas podría estar comprometido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala W, Carámbula M. (2009). El valor agronómico del género Lotus. Montevideo, Uruguay. INIA 424 p.
- Escaray FJ, Menendez AB, Gárriz A, Pieckenstain FL, Estrella MJ, Castagno LN, *et al.* (2012). Ecological and agronomic importance of the plant genus Lotus. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant Sci.* 182: 121–133.
- Fowler D, Coyle M, Skiba U, Sutton M, Cape JN, Reis S, *et al.* (2013). The global nitrogen cycle in the 21th century. *Philosophical Trans R Soc London, B Biol Sci.* 368: 20130165.
- Ledgard, S.F. y Steele, K.W. (1992). Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil* 141: 137-153.
- Mallarino, A.P., Wedin, W.F., Goyenola, R.S., Perdomo, C.H., West, C.P. (1990). Legume species and proportion effects on symbiotic dinitrogen fixation in legume-grass mixtures. *Agronomy Journal* 82: 785-789.
- MGAP-DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca - Dirección de Información y Estadística Agropecuaria) (2013). Censo General Agropecuario 2011. Montevideo, Uruguay; MGAP.
- Riffkin PA, Quigley PE, Kearney GA, Cameron FJ, Gault RR, Peoples MB. (1999). Factors associated with biological nitrogen fixation in dairy pastures in south-western Victoria. *Aust J Agric Res.* 50:

261–72.

Unkovich M. (2012). Nitrogen fixation in Australian dairy systems: Review and prospect. *Crop Pasture Sci.* 63: 787–804.

Unkovich M., Herridge D., Peoples M., Cadisch G., Boddey R. y Giller K. (2008). Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems. Canberra: ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research), 258 p.

<https://www.aciar.gov.au/publication/books-and-manuals/measuring-plant-associated-nitrogen-fixation-agricultural-systems>

INSTITUCIONES PARTICIPANTES



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org