



ATN_RF-16926-RG. Intensificación sostenible de sistemas ganaderos con leguminosas: plataforma de cooperación Latinoamericana y del Caribe

Producto 7.3. Informes técnicos anuales. Evaluación de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en praderas con leguminosas de Uruguay.

Fernando Lattanzi, 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 Facundo Lussich, de INIA Uruguay.

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 Y PALABRAS CLAVE.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVO	6
METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
CONCLUSIONES	9
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
INSTITUCIONES PARTICIPANTES	10



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 praderas de Uruguay. La 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 pasturas sembradas en predios comerciales de Uruguay. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la variabilidad existente en Ndfa en las cuatro principales especies de leguminosas forrajeras usadas en Uruguay: *Medicago sativa*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*. En la primavera de 2018 se muestrearon pasturas en todo el país, incluyendo pasturas puras de leguminosa y mezclas leguminosa-gramínea que tuvieran al menos un año de edad. En cada pastura se cosechó un marco con leguminosas (marco A) y uno sin leguminosas (marco B). En cada marco, el material vegetal cosechado se separó por especie y se cuantificó la relación de isótopos estables $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$. Ndfa se estimó por el método de la abundancia natural de N^{15} . Ndfa varió entre 60 y 100% para trébol rojo (mediana 84%, percentil 50%: 74-92%), entre 25 y 100% para trébol blanco (mediana 78%, percentil 50%: 66-87%), entre 30 y 100% para lotus (mediana 79%, percentil 50%: 65-87%), y entre 28 y 89% para alfalfa (mediana 63%, percentil 50%: 51-79%). Estos datos suman a la realmente escasa información regional de la FBN en pasturas sembradas en predios comerciales. Este trabajo demostró que existe variabilidad en el Ndfa, especialmente en lotus y trébol blanco, las dos leguminosas más utilizadas en Uruguay. Factores regionales explicaron poco de la variación en Ndfa.

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 in pastures in Uruguay. BNF in forage legume species can be very variable, depending on the legume species and the environmental and management conditions of the pasture. The proportion of total nitrogen that comes from the atmosphere (Ndfa) depends on factors such as nitrogen availability in soil, availability of other nutrients, soil acidity and salinity, temperature, water stress (excesses and deficits), and presence/absence of microorganisms in the soil. There is little information at the national level on the variability in the BNF of forage legumes in pastures planted in commercial farms in Uruguay. The objective of this work was to quantify the variability in Ndfa in the four main forage legume species used in Uruguay: *Medicago sativa*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* and *Trifolium pratense*. In the spring of 2018, pastures were sampled throughout the country, including pure legume pastures and legume-grass mixtures that were at least one year old. In each pasture, one frame with legumes (frame A) and one without legumes (frame B) were harvested. In each frame, the harvested plant material was separated by species and the $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ stable isotope ratio was quantified. Ndfa was estimated by the natural abundance of N^{15} method. Ndfa ranged from 60 to 100% for red clover (median 84%, 50% percentile: 74-92%), from 25 to 100% for white clover (median 78%, 50% percentile: 66-87%), from 30 to 100% for lotus (median 79%, 50% percentile: 65-87%), and from 28 to 89% for alfalfa (median 63%, 50% percentile: 51-79%). These data add to the really scarce regional information on FBN in pastures sown on commercial farms. This work demonstrated that there is variability in Ndfa, especially in lotus and white clover, the two most widely used legumes in Uruguay. Regional factors explained little of the variation in Ndfa.

Keywords: biological nitrogen fixation, sown grasslands.



INTRODUCCIÓN

Uruguay posee 16.4 Mill hectáreas productivas, de las cuales 13.8 Mill se destinan al pastoreo. De esta superficie, 1.1 Mill de hectáreas corresponden a pasturas sembradas, representando el 8.3% de la superficie total de pastoreo. Las pasturas mixtas que combinan gramíneas y leguminosas se emplean para lograr altas producciones de materia seca y mitigar la estacionalidad del forraje.

Las leguminosas son fundamentales en las pasturas, ofreciendo forraje de alta calidad todo el año y fijando nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad del suelo. El clima uruguayo favorece tanto a especies de clima templado como subtropical. Las gramíneas perennes más comunes son festuca (*Lolium arundinaceum*), dactilis (*Dactylis glomerata*), bromus (*Bromus catharticus*), holcus (*Holcus lanatus*) y raigrás anual (*Lolium multiflorum*). Entre las leguminosas destacan la alfalfa (*Medicago sativa*), lotus (*Lotus corniculatus*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*).

Alfalfa y trébol rojo son las especies más estables en producción de forraje, seguidas por el lotus y el trébol blanco. Estudios reportan que trébol blanco, trébol rojo, alfalfa y lotus fijan activamente nitrógeno. En experimentos, los mayores valores de proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica (Ndfa) se obtuvieron en invierno y primavera, con valores entre 82 y 95% (Mallarino et al. 1990). Sin embargo, no se posee una estimación representativa a nivel nacional del desempeño de la FBN.

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 N₂ atmosférico (Ndfa) en las cuatro principales especies de leguminosas forrajeras perennes utilizadas en Uruguay en pasturas sembradas: *Medicago sativa*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*, y *Trifolium pratense*.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Sitios

Se realizó un muestreo de alta intensidad espacial en Uruguay (30°-35° S, 53°-58°O) entre octubre y noviembre de 2018 que abarcó 206 pasturas en todo el país. Incluyó pasturas puras de leguminosa y mezcla leguminosa-gramínea ubicadas en predios comerciales (Figura 1).



Distribución de sitios muestreados

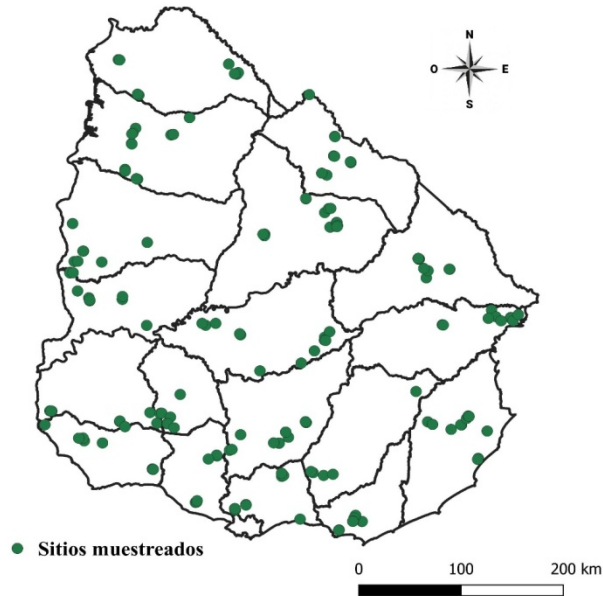


Figura 1. Disposición de praderas muestreadas.

En cada pastura se cosechó un marco (marco A) de 20 x 50 cm con leguminosas en el cual se separaron las leguminosas-objetivo (*Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Lotus spp*, *Medicago sativa*) del resto de las especies (gramíneas o dicotiledóneas). A su vez, se cosechó un segundo marco (marco B) de 20 x 50 cm sin leguminosas (excepto en pasturas de leguminosas puras) en el cual se separaron las gramíneas de las dicotiledóneas. Los cortes en ambos marcos se realizaron al ras del suelo. En cada marco se cuantificó la relación de isótopos estables de nitrógeno $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ($\delta^{15}\text{N}$) para las especies separadas.

Determinación de la proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N_2 atmosférico

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

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

donde $\delta^{15}\text{N}$ es el enriquecimiento en ^{15}N expresado en ‰ en relación con el N atmosférico (0,3663‰), $\delta^{15}\text{N referencia}$ es el $\delta^{15}\text{N}$ de la planta no fijadora teniendo al N del suelo como única



fuelle nitrogenada, $\delta^{15}\text{N}$ leguminosa es el $\delta^{15}\text{N}$ de la especie leguminosa, y B es el $\delta^{15}\text{N}$ de la leguminosa teniendo al N_2 atmosférico como única fuente de N.

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 utilizaron valor promedio basado en Unkovich et al. (2008) (Tabla 1).

Tabla 1. Valor de B utilizado para cada especie de leguminosa.

Especie	B
Alfalfa	-0,90
Lotus	-1,48
Trébol blanco	-1,48
Trébol rojo	-0,94

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La media general de Ndfa para todas las leguminosas fue de 76% con un desvío estándar de 19%, siendo para alfalfa, lotus, trébol blanco y trébol rojo de 63 ± 16 , 76 ± 20 , 75 ± 19 y $84 \pm 13\%$ respectivamente. Se observó una variación en Ndfa diferente según la especie (Figura 2).

Lotus, trébol blanco y rojo poseen en el cuartil 25% superior valores que alcanzan el 100% de utilización de nitrógeno atmosférico. Sin embargo, en el cuartil 25% inferior trébol rojo presentó la menor dispersión alcanzando valores mínimos de 60%, mientras que lotus y trébol blanco presentaron valores incluso por debajo de 40%. Para trébol rojo los valores contenidos entre el percentil 25 y 75 donde se concentra el 50% de los datos se ubicó por encima del resto de las especies y con menor dispersión. Por otro lado, la alfalfa presentó un cuartil 25% superior con la menor dispersión de los puntos, pero sus valores máximos no superan el 90%. A su vez, presentó el mayor rango intercuartílico, la menor mediana, y valores mínimos del percentil 25 similares a trébol blanco y lotus.

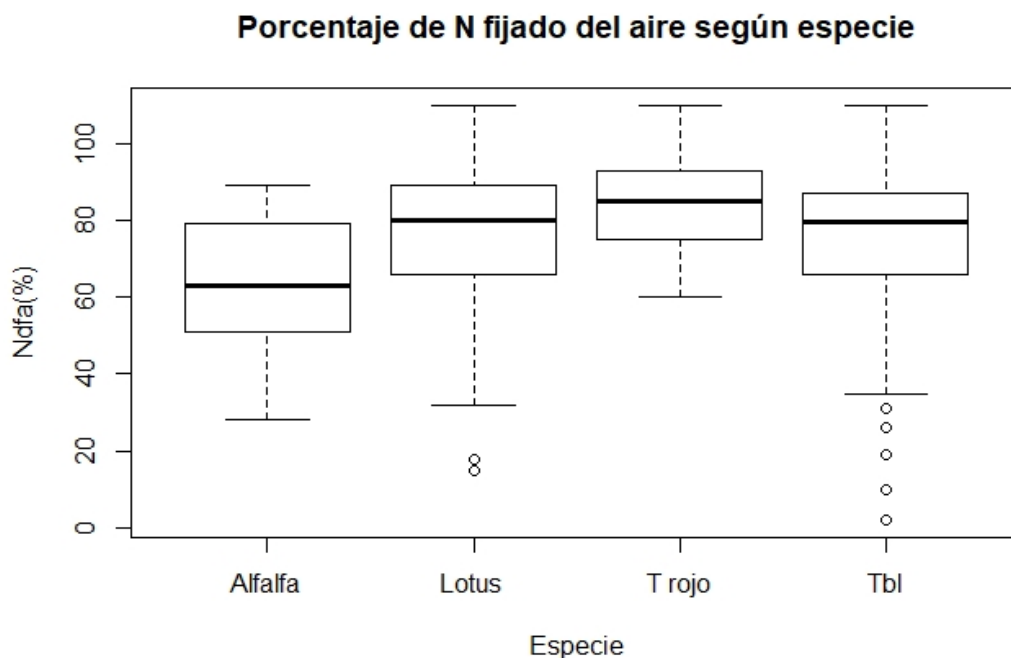


Figura 2. Proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N₂ atmosférico (Ndfa) en plantas de las cuatro especies leguminosas más comunes en Uruguay. Mediana (línea), cuartiles de 25-75% (box), percentiles 10-90% (barras), y valores extremos (círculos).

Este estudio, que abarca una extensión geográfica importante, permitió cuantificar por primera vez la variabilidad existente en la FBN para las cuatro principales leguminosas forrajeras utilizadas en el Uruguay. Para la variable Ndfa, se encontraron variaciones a nivel de predio comercial de diferente magnitud según la especie, siendo aproximadamente entre 60 y 100% para trébol rojo, entre 30 y 100% para lotus y trébol blanco, y entre 25 y 90% para alfalfa. Estos datos suman a la realmente escasa información regional de la FBN en pasturas sembradas en predios comerciales. Estos niveles son similares al reportado trébol blanco en sistemas intensivos de climas templados de Oceanía (Ledgard y Steele 1992) y Latinoamérica (Mallarino *et al.*, 1990).

CONCLUSIONES

El desempeño de la fijación biológica de nitrógeno en plantas de las cuatro leguminosas más comunes en Uruguay fue alto y similar a lo que se observa en sistemas y climas similares de otras partes del mundo. Esto aseguraría un eficiente ingreso de nitrógeno en estos sistemas en la medida que las leguminosas sean una parte importante de la composición de la pradera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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