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

Producto 6: Fijación biológica por leguminosas forrajeras en la Región Oriental del Paraguay. Informe de Avance

Javier Szostak; Alodia González; Amalio Mendoza

2022

GLOBAL RESEARCH ALLIANCE ON AGRICULTURAL GREENHOUSE GASES

Ministry for Primary Industries
Manatū Ahu Matua

PROCISUR

FONTAGRO

Copyright, licencias CC y Disclaimer.
Códigos JEL: Q16
ISBN:

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Todos los derechos reservados; este documento puede reproducirse libremente para fines no comerciales.

FONTAGRO es un fondo administrado por el Banco pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Se prohíbe el uso comercial no autorizado de los documentos del Banco, y tal podría castigarse de conformidad con las políticas del Banco y/o las legislaciones aplicables. Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

El presente documento ha sido preparado por Javier Szostak; Alodia González; Amalio Mendoza

Esta publicación puede solicitarse a:
FONTAGRO
Correo electrónico: fontagro@fontagro.org
www.fontagro.org

Tabla de Contenidos

Resumen 4
Palabras Clave: Leguminosas forrajeras, fijación biológica, producción ganadera 4
Introducción 5
Objetivo 8
Metodología 8
Avances de la investigación 9
Referencias Bibliográficas (Normas APA) 10

Resumen

Las áreas utilizadas en la ganadería, en la zona norte de la Región Oriental del Paraguay, son de suelos degradados con compactación superficial, y pérdida de la fertilidad química particularmente por la escasa concentración de nitrógeno. De ahí surge como alternativa el aporte de nitrógeno a través del proceso de fijación biológica por parte de leguminosas forrajeras. En tal sentido, el IPTA encara un estudio que contempla la medición en suelo, de nitrógeno aportado a partir de fijación biológica por especies de leguminosas forrajeras incorporadas a las praderas ganaderas. Para lograr este objetivo han sido tomadas muestras de plantas y suelos de sitios con diferentes características en cuanto a fisiografía y vegetación forrajera.

Palabras Clave: Leguminosas forrajeras, fijación biológica, producción ganadera

Introducción

El ciclo global del nitrógeno está constituido por cinco fases primarias: mineralización, nitrificación, desnitrificación, fijación biológica e inmovilización. La actividad humana ha influido en la mayoría de los procesos que componen estas fases, en especial la fijación del abundante y estable N_2 molecular, que representa 79% de la atmósfera en formas aprovechables para los cultivos de leguminosas (Echegaray-Alemán, 1995).

Ante las nuevas realidades de la economía, la alimentación de los rebaños tiene que enfocarse hacia nuevas alternativas, como las leguminosas forrajeras. Éstas constituyen una fuente nutritiva de alto valor, por su contenido de proteínas y calcio, al mismo tiempo que actúan como mejoradoras del suelo. Pueden utilizarse en asociaciones con gramíneas y en bancos de proteínas, si bien algunas presentan limitaciones por su contenido de sustancias tóxicas (Sánchez, 2001).

En Paraguay la implantación de leguminosas forrajeras en el Chaco (Región Occidental), constituyó un avance importante para suministrar al suelo nitrógeno en cantidades altas y de bajo costo (Glatzle, 2008). Así mismo la situación de los suelos utilizados en la ganadería, en la zona norte de la Región Oriental, manifiesta condiciones de compactación superficial, pérdida de la fertilidad, especialmente falta de nitrógeno (Fast, 2019). El aporte de nitrógeno a partir de las leguminosas es muy importante considerando que es el nutriente más deficitario en el suelo en forrajes tropicales (Rincón y Villalobos, 2021).

Sánchez (2001) menciona que entre las tantas potencialidades que presentan las leguminosas en la ganadería, una de ellas es la de mejorar los suelos desde el punto de vista de la fertilidad, pues tienen la propiedad de fijar el nitrógeno gaseoso de la atmósfera, a través de una simbiosis con microorganismos bacterianos del género *Rizobium*. La simbiosis sucede por medio de los pelos adsorbentes de las raíces que son "infectados" por estas bacterias, formando conglomerados celulares denominados “nódulos”. El producto de la fijación de nitrógeno que se realiza en estos nódulos es aportado al suelo una vez envejecidas o muertas las raíces, siendo fácilmente aprovechado por otras plantas. La cantidad de nitrógeno fijado por algunas plantas leguminosas puede variar de 20 a 560 kg/ha año, dependiendo del suelo y de la humedad disponible en el medio agroecológico. Esta cualidad de fijar nitrógeno y otros elementos importantes (fósforo), les dan a las leguminosas la facultad de habitar en suelos de fertilidad pobre, sin que esto les afecte significativamente en la calidad y cantidad de su biomasa.

Las leguminosas asociadas con gramíneas, según Sánchez (2001), se pueden definir como la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más especies, siendo en este caso de gramíneas y leguminosas. Estas asociaciones se pueden realizar con leguminosas nativas que se encuentran presentes en el pastizal o con especies introducidas ya probadas. En ocasiones, las especies naturales se ven amenazadas a desaparecer por acción del hombre quien, desconociendo sus

bondades, realiza prácticas de mantenimiento de potreros como el control químico de malezas, perjudicándolas gravemente. Esto desmejora significativamente las condiciones nutricionales del pastizal.

Las asociaciones con especies introducidas también constituyen otras vías factibles. En este caso se jugaría con la competencia vegetativa, tanto de las gramíneas presentes como de la leguminosa a usar. Esto es muy importante ya que, si no existe ese equilibrio, la competencia se hace difícil, persistiendo, finalmente, la más competitiva e invasora de las dos (Sánchez, 2001).

Las leguminosas forrajeras han incrementado su presencia en la producción ganadera tropical. Esto se debe, fundamentalmente a sus bondades, entre las que figura su contribución a la fijación biológica del nitrógeno atmosférico en el suelo, la rápida descomposición de su materia vegetal y su aporte proteico a la dieta animal (Olivares-Pérez et al., 2011).

Estas características, unidas a su alta plasticidad, su diverso porte y las disímiles curvas de crecimiento que identifican a cada especie, permiten que se utilicen en amplio rango de regiones edafoclimáticas y en tecnologías que las potencian como pasto o forraje principal, ya sea en sistemas silvopastoriles u otros, en los que el estrato herbáceo es la asociación equilibrada de gramíneas y leguminosas (Boschi et al*.,* 2016).

Aspectos generales de la fijación biológica de nitrógeno

El nitrógeno (N) es el elemento más abundante en la atmósfera, representando el 79% del volumen total. Éste se encuentra en forma de dinitrógeno (N_2), estado en el cual no está disponible para el crecimiento vegetal (Unkovich et al., 2008). Asimismo, el N es uno de los elementos más limitantes en los ecosistemas terrestres para el desarrollo de las plantas. Un grupo minoritario de procariotas conocidos como diazótrofos, en vida libre o en simbiosis, son capaces de reducir el N_2 a NH_4^+, forma que puede ser utilizada por las plantas. Este proceso es conocido como “fijación biológica de nitrógeno” (FBN) (Lussich, 2020).

Las leguminosas cuando crecen junto a gramíneas son capaces de utilizar el N_2 como principal fuente de N, con valores promedio a campo de 80% (Carlsson y Huss-Danell, 2003). En este mismo sentido, Xiao et al*.* (2004) observaron que el consumo de N por una especie no leguminosa intersembrada con una leguminosa afectó los niveles de N mineral disponibles a tal punto que la FBN fue mayor que para una leguminosa sembrada pura. En general, la transferencia directa de N por parte de la leguminosa a la especie acompañante suele ser baja, menor al 10% del total de N fijado (Morris et al., 1990). En su revisión Peoples et al. (2015) sostienen que varios trabajos reportan que entre un 0 y un 15% del N en las especies no leguminosa corresponde a N transferido de la FBN. Por otro lado, en un estudio realizado por Mallarino *et al*. (1990) reportaron que la transferencia de N desde la leguminosa a la gramínea representó el 20% del N total de esta última en el primer año de la pastura, y el segundo año aumentó a un 60%. A su vez, sostienen que a

medida que aumentó el porcentaje de leguminosa en la muestra aumentó la proporción de N transferido. El efecto positivo de la mezcla de gramíneas y leguminosas sobre la biomasa no se debe únicamente al aporte de N fijado por esta última, sino que existe un efecto estimulante en la absorción de N por parte de las dos especies en competencia, y un aumento en la eficiencia de utilización del N (Nyfeler et al., 2011). La inclusión de leguminosas seleccionadas por su comportamiento frente al déficit hídrico en mezclas con gramíneas puede mejorar la resistencia y resiliencia del tapiz vegetal frente a eventos de sequía (Hofer et al., 2017). Estos autores concluyen que las leguminosas tienen mayor tolerancia al déficit hídrico, ya que son capaces de compensar la limitante de N mineral con el N proveniente de fijación biológica.

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) en las leguminosas contribuye significativamente a la nutrición nitrogenada y productividad de las praderas. Por ello, es esencial implementar metodologías apropiadas para su evaluación. En la medición de la FBN de especies leguminosas se han utilizado diferentes metodologías, tales como diferencias en la acumulación de N total o el rendimiento de MS entre plantas fijadoras y no fijadoras (Vincent, 1982; Hardarson et al., 1984). La técnica de reducción del acetileno, que ha probado ser útil para detectar sistemas de fijación de N, también tiene limitaciones debido a que mide la actividad de la enzima nitrogenasa de manera puntual y en un corto período de tiempo.
Las técnicas isotópicas del ^{15}N se consideran como las únicas que ofrecen cuantificaciones globales de la FBN, que permiten distinguir la proporción de N en la planta que procede del suelo, de un fertilizante o de la atmósfera, y entregan valores de FBN integrados para todo un ciclo de crecimiento de un sistema leguminosa-*Rhizobium* dado (Barea, 1991; Danso, 1995).

El tratamiento de los desafíos mencionados, y a la vez oportunidades, podrá llevarse a cabo con mayor eficiencia poniendo en funcionamiento un trabajo de alcance regional que contemple aunar tanto recursos humanos como financieros de los países involucrados, sacando provecho de situaciones de complementariedad y a la vez formando sinergias para la creación de informaciones y/o conocimientos nuevos que por su parte permitan generar tecnologías innovadoras, así como adoptar prácticas nuevas de manejo; fomentando la integración de las capacidades de los investigadores, así como también de los técnicos y productores ganaderos regionales. Por lo tanto, se presenta la propuesta de constituir una suerte de grupo, alianza o plataforma regional para cooperar en la mejora de los sistemas ganaderos fundamentales en la utilización de especies leguminosas forrajeras.

Objetivo

Se procura cual objetivo general de la presente investigación, relevar en gran escala la variabilidad de las leguminosas forrajeras en su dependencia de la FBN para aportar N, asociar esta variabilidad a patrones de suelos y clima de las regiones y, por último, medir o valorar la importancia de la FBN con respecto al empleo de la suma total del N de sistemas de producción ganadera (PROCISUR, 2018).

Metodología

Localización del estudio y características edafoclimáticas.

La investigación se está realizando en una finca ganadera, localizada al Noroeste de la región Oriental del Paraguay, situada en el Departamento de San Pedro, Distrito de Itacurubí del Rosario (24º 37' 50,4" S y 56º 38'37,3" O). El clima es subtropical, con temperatura anual media de 23º C y la precipitación total anual media de 1500 mm (Grassi, 2020). Los suelos de la región se caracterizan por formar lomadas, con pendientes suaves de 0-3 %, posee numerosos cursos de agua como ríos y arroyos. Los suelos se corresponden al Alfisol, sub grupo Mollic, textura francosa gruesa, derivados de rocas areniscas, con contenido de 10-18 % de arcilla, y con nula rocosidad (López Gorostiaga et al., 1995).
El suelo se encuentra cubierto con pasturas nativas, así como islas de bosques nativos.

Diseño metodológico.

El trabajo se realiza utilizando un diseño experimental factorial, siendo uno de los factores la fisiografía del suelo (zona alta y zona baja) y el otro factor correspondió a las especies de coberturas vegetales (*Arachis pintoi; Alycicarpus vaginalis*; *Paspalum notatum* y *Brachiaria humidicola, bosque nativo).* En cada combinación de los factores fisiografía x cobertura fueron efectuadas 4 réplicas.
En cada lugar se obtuvieron muestras de plantas leguminosas forrajeras y no leguminosas (gramíneas), de una superficie de 20 cm x 50 cm (A. Lattanzi, comunicación personal, 29 de noviembre del 2021). En los mismos lugares fueron obtenidas muestras de suelos a diferentes profundidades (0-3 cm y 3-15 cm).

Muestreos de plantas y de suelos.

Las muestras de plantas de leguminosas forrajeras (*Arachis pintoi* y *Alycicarpus* vaginalis) y de las no leguminosas (*Paspalum notatum* y *Brachiaria humidicola*), fueron obtenidas cosechando la biomasa aérea de una superficie de 20 cm x 50 cm, posteriormente secadas en estufa a 70 º C

durante 72 hs, para luego calcular el rendimiento de las mismas (MgMS ha^{-1}). Las muestras serán utilizadas para evaluar la FBN por el método de la abundancia natural.
Los muestreos de suelos se obtuvieron en los mismos lugares donde estaban las diferentes especies de plantas muestreadas. Las profundidades obtenidas fueron de 0-3 cm y 3-15 cm. Se realizarán análisis de suelos para determinar pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio y materia orgánica.

Avances de la investigación

Se ha delimitado los lugares de muestreos y obtenido las primeras muestras de plantas (Fotografía 1) y de suelos. Fueron secadas y pesadas las muestras de plantas, mientras que las muestras de suelos están siendo preparadas para luego ser analizadas en las distintas determinaciones químicas.

Fotografía 1. Muestreo de plantas.

Referencias Bibliográficas (Normas APA)

Barea, J. (1991). Cuantificación de la fijación biológica de N mediante el uso de 15N. Vol. II. Fijación de N y micorrizas. p. 105-124. *In* J. Olivares y J. Barea (eds.). Fijación y movilización biológica de nutrientes. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, RAYCAR S.A., Madrid, España.

Boschi, F., Latorre, P., Saldanha, S., Machado, J., Bentancur O.y Moure S. (2016). Importancia de las semillas duras en leguminosas forrajeras producidas en Uruguay. Agrociencia Uruguay. 20 (2): 43-50. ISSN 2301-1548. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482016000200007&lng=es.

Carlsson G. y Huss-Danell K. (2003). Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. Plant and Soil, 253: 353–372.

Danso, S.K.A. (1995). Assessment of biological nitrogen fixation. Fert. Res. 42:33-41.

Echegaray-Alemán, A. (1995). Ciclo del nitrógeno y fases que lo constituyen. pp. 7-35. *In:* Ferrera-Cerrato, R. y J. Pérez-Moreno (eds.). Agromicrobiología: Elemento útil en agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.

Fast, R., Martens, L. y Fast, A. (2019). Experiencias sobre integración agricultura - ganadería. https://www.arp.org.py/images/ima2019/2%20EXPERIENCIAS%20SOBRE%20INTEGRACI%C3%93NAGRICULTURA%20-GANADER%C3%8DA%20ARP% 202019%20Alfred%20Fast.pdf

Grassi, B. (2020.Estudio del Clima Paraguay 2019. MADES-STP. Asunción, Paraguay.

Glatzle, A. (2008). Gramineas y Leguminosas para el Chaco: adaptación y potencialidades. https://www.produccion-nimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/116-Nac-06-AlbrechtGlatzle.pdf

Hardarson, G., Zapata, F. y Danso, S.K.A. (1984). Field evaluation of symbiotic nitrogen fixation by rhizobial strains using 15N methodology. Plant Soil. (82), pp. 369-375.

Hofer, D., Suter, M., Buchmann, N. y Lüscher, A. (2017). Nitrogen status of functionally different forage species explains resistance to severe drought and post-drought overcompensation. Agriculture Ecosystem Environment, 236: 312-322.

López Gorostiaga, O; González Érico, E; de Llamas G, P; Molinas, A; Franco, E; García, S; Ríos, E. 1995. Mapa de reconocimiento de suelos de la región oriental del Paraguay: proyecto de racionalizacion de uso de la tierra. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganaderia). Py. Cartografia e Impresion: Williams & Heintz Map Corporation. Esc 1:500.000. Color.

Lussich, F. (2020). *Variabilidad de la fijación biológica de nitrógeno de leguminosas forrajeras en Uruguay: posibles causas y consecuencias nutricionales.* [Tesis de Magister, Universidad de la República]. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29848/1/LussichRachettiFacundo.pdf

Mallarino, A.P., Wedin, W.F., Perdomo, C.H., Goyenola, R.S. y West, C.P. (1990). Nitrogen transfer from White Clover, Red Clover, and Birdsfoot Trefoil to Associated Grass. Agronomy Journal, 82: 790- 795.

Morris, D.R, Weaver, R.W., Smith, G.R. y Rouquette, F.M. (1990). Nitrogen transfer from arrowleaf clover to ryegrass in field plantings. Plant and Soil, 128: 293-297.

Nyfeler, D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E. y Lüscher A. (2011). Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. Agriculture Ecosystem Environment, 140: 155-163.

Olivares-Pérez, J., Avilés-Nova, F., Albarrán-Portillo, B., Rojas-Hernández, S. y Castelán-Ortega, O. A. (2011). Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del Estado de México. Tropical and subtropical agroecosystems, 14(2), 739-748. http://www.scielo.org.mx/scielo.php

Peoples, M., Chalk, P., Unkovich, M. y Boddey, R. (2015). Can differences in 15N natural abundance be used to quantify the transfer of nitrogen from legumes to non-legume plant species?. *Soil BiologyBiochemestry*, 87: 97-109. https://www.researchgate.net/publication/276151426_Can_differences_in_15N_natural_abundance_be_used_to_quantify_the_transfer_of_nitrogen_from_legumes_to_neighbouring_non-legume_plant_species

PROCISUR (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur). (2018). I. información básica. Intensificación sostenible de sistemas ganaderos con leguminosas: plataforma de cooperación Latinoamericana

y del Caribe". *Procisur-DOCUMENTOS-Proyecto Consensuado Leguminosas*. https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_documentos-proyecto-consensuado-leguminosas_8fb.pdf.

Rincon, A. y Villalobos, M. (2021). Producción animal en pasturas de tres leguminosas asociadas con *Urochloa decumbens* en los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales. 17* (2), 192–205. https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/download/851/430#:~:text=En%20la%20Orinoquia%20colombiana%20(Llanos,nuevo%20nombre%3A%20Grona%20heterocarpa%20subsp.

Sánchez, A (2001). Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. *Sitio Argentino de Producción Animal*. https=//www.produccion- animal.com.ar/produccion y _manejo_pasturaspasturas/%20artificiales/38-leguminosas _como _ potencial _forrajero.pdf.

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

Vincent, J.M. (1982). Nitrogen fixation in legumes. 288 p. Academic Press, Sidney, Australia.

Xiao, Y., Li L. y Zang F. (2004). Effect of root contact on interspecific competition and N transfer between wheat and faba bean using direct and indirect 15N techniques. Plant and Soil, 262: 45-54.

Secretaría Técnica Administrativa

FONTAGRO

Con el apoyo de:

BID
Banco Interamericano de Desarrollo

IICA

www.fontagro.org
Correo electrónico: fontagro@fontagro.org