



Uso de leguminosas en sistemas ganaderos de América Latina y el Caribe: plataforma de cooperación

Producto 6: Evaluación de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y secuestro de carbono en pasturas con Leguminosas. Ecuador. Informe de Avance

Antonio Guacapiña, Yamil Cartagena, Arturo Godoy

2022



Códigos JEL: Q16
ISBN

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 Antonio Guacapiña, Yamil Cartagena y Arturo Godoy.

Copyright © 2022 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

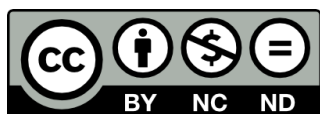


Tabla de Contenidos

Resumen y palabras clave.....	5
Introducción.....	6
Metodología de trabajo.....	7
Características del sitio experimental	7
Delimitación de las parcelas.....	8
Muestreo de biomasa para cálculo de rendimiento forrajero.....	9
Muestreo del suelo y planta para análisis químico de nitrógeno y carbono	9
Cálculo de la proporción del N fijado.....	9
Cálculo de secuestro de carbono.....	10
Estado de avance de la investigación	11
Referencias Bibliográficas.....	14
Instituciones participantes	15





Resumen

La producción ganadera en Ecuador depende del pastoreo. Los pastos además de constituir el alimento más barato disponible para la alimentación del ganado ofrecen todos los nutrientes necesarios para un buen desempeño animal y es la base fundamental para producir leche. La mezcla forrajera que se utiliza en la región de la serranía ecuatoriana generalmente está conformada por gramíneas y leguminosas, sean mejoradas o nativas. La leguminosa que se emplea en la mezcla forrajera es el *Trifolium repens*, misma que provee un mejoramiento en la fertilidad del suelo, aumenta la sostenibilidad del sistema productivo por su aporte de nitrógeno (N), a través de su fijación biológica del nitrógeno (FBN). Uno de los objetivos de INIAP-Ecuador en el marco del proyecto es la evaluación de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y secuestro de carbono en pasturas con leguminosas. Para ellos se ha seleccionado praderas bajo varios años de pasturas con leguminosas (*Pennisetum clandestinum*, *Lolium perenne* y *Trifolium repens*) y pastura sin leguminosa (*Pennisetum clandestinum* y *Lolium perenne*), donde se está realizando las muestras correspondientes con el fin de cuantificar la FBN y el stock de carbono.

Palabras Clave: Fijación biológica de nitrógeno, *Trifolium repens*, stock de carbono.



Introducción

La producción ganadera en Ecuador depende del pastoreo. Los pastos a más de constituir el alimento más barato disponible para la alimentación del ganado ofrecen todos los nutrientes necesarios para un buen desempeño animal y es la base fundamental para producir leche, de esta manera se puede alcanzar la autosuficiencia alimentaria en las fincas ganaderas (León et al., 2018).

La **mezcla forrajera** que se utiliza en la región de la serranía ecuatoriana generalmente está conformada por gramíneas y leguminosas, sean mejoradas o nativas. La leguminosa que se emplea en la mezcla forrajera es el *Trifolium repens*, debido a que se adapta a diversas clases de suelo y alturas comprendidas entre los 2200 y 3500 msnm, es tolerante al frío (páramo), pH ácido, suelos de mediana a baja fertilidad y son altamente preferidas por el ganado bovino, aún comparadas con pasturas puras de gramíneas con elevado contenido de N (Rodríguez et al., 2013).

El *Trifolium repens* contribuye a mejorar la oferta forrajera a través su valor nutritivo y alimenticio, pudiendo ser aprovechadas por la naturaleza digestiva de los rumiantes. Además, provee un mejoramiento en la fertilidad del suelo, aumentando la sostenibilidad del sistema productivo, por su aporte de nitrógeno (N) a través de la **fijación biológica del nitrógeno (FBN)**. Este es un proceso mediante el cual los microorganismos (en simbiosis o de vida libre) reducen el N atmosférico (N_2) en amoníaco (NH_3). Posteriormente este compuesto se transforma en otros compuestos nitrogenados que son útiles para las plantas como son el NH_4^+ y el NO_3^- (Fernández et al., 2002). **La FBN representa una alternativa a la fertilización nitrogenada, ya que puede disminuir efectos negativos a nivel medioambiental y sanitario ocasionados por los fertilizantes químicos de síntesis (INTAGRI, 2018).**

Uno de los objetivos de INIAP-Ecuador en el marco del proyecto es la Evaluación de la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) y secuestro de carbono en pasturas con Leguminosas, que se estima entre 40 y 170 kg N ha⁻¹ año⁻¹, equivalente al aplicar entre 1.7 y 7.4 sacos de urea cada año (Anglade et al., 2015). Para ello se ha seleccionado praderas bajo varios años de pasturas con leguminosas (*Pennisetum clandestinum*, *Lolium perenne* y *Trifolium repens*) y pastura sin leguminosa (*Pennisetum clandestinum* y *Lolium perenne*), en la Unidad de Apoyo a la investigación Pecuaria del Programa de Ganadería y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP donde se está realizando las muestras correspondientes.



Metodología de trabajo

Características del sitio experimental

La investigación se está realizando en los lotes 26 y 27 de la Unidad de Apoyo a la investigación Pecuaria del Programa de Ganadería y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP que cuenta con 55 ha destinadas a investigación y producción de leche, donde se dispone praderas bajo varios años de pasturas con leguminosas (*Pennisetum clandestinum*, *Lolium perenne* y *Trifolium repens*) y pastura sin leguminosa (*Pennisetum clandestinum* y *Lolium perenne*), cuyas características ecológicas, políticas, geográficas y ambientales se presentan en el Tabla 1.

Tabla 1. Características ecológicas, políticas, geográficas y ambientales de la Unidad de Producción de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Detalle	Característica
Piso altitudinal	Montano
Región altitudinal	Templada
Zona climática	Húmedo - Templado
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Latitud	00° 22' 00'' S
Longitud	78° 33' 00'' O
Altitud	3058 m
Humedad relativa	79%
Temperatura promedio anual	12 °C
Precipitación media anual época lluviosa	1300 mm
Precipitación media anual época seca	171 mm

IGM, 2018; INAMHI, 2019

Los tratamientos en estudio para evaluar el efecto de la fijación biológica de nitrógeno y secuestro de carbono se muestran en la Tabla 2.



Tabla 2. Tratamientos en estudio para la evaluación de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y secuestro de carbono en pasturas con leguminosas.

Tratamiento	Descripción	
	Sistemas de pastura	Especie
T ₁	Pastura con leguminosa	Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>). Rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>). Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>).
T ₂	Pastura sin leguminosa	Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>). Rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>).

Delimitación de las parcelas

Para cumplir con el objetivo del trabajo, se delimitaron 2 parcelas experimentales con las siguientes dimensiones: 30 m de ancho por 40 m de largo siendo cada parcela de 1200 m². Se cuenta con un experimento de Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con 4 repeticiones. Se realizará el siguiente análisis de la varianza para muestreo de FBN y captura de carbono (Tabla 3).

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza para el análisis de la Fijación Biológica de Nitrógeno y Captura de carbono.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	7
Repetición	3
Tratamientos	1
Error experimental	3



Muestreo de biomasa para cálculo de rendimiento forrajero

Se evalúa el rendimiento en cada parcela antes de cada pastoreo empleando un cuadrante metálico de 0.25 m² (0.50 m x 0.50 m) para registrar el peso promedio de rendimiento y estimarlo en kg MV ha⁻¹ en cada aprovechamiento. Para evaluar la materia seca se pesa una muestra de 500 g de pasto, la cual se coloca en una funda plástica sellada para evitar la pérdida de humedad. Se procede a secar en una estufa con aire forzado a 65° C hasta que se establezca el peso de la muestra. Para estimar la materia seca se utilizó la siguiente fórmula (Silva, 2011):

$$\text{Porcentaje de materia seca} = (\text{peso seco en gramos} / \text{peso húmedo en gramos}) \times 100\%$$

Muestreo de suelo y planta para análisis químico de nitrógeno y carbono

Para el análisis químico de nitrógeno y carbono se tomó una muestra de 1 kg de suelo a tres profundidades (0-10; 10-20; 20-30) y 1 kg de pasto (hojas, tallos y raíz), cuyas muestras están pendientes para ser procesadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina. Los muestreos se planificaron para la época seca y época lluviosa.

Cálculo de la proporción de N fijado

La fórmula según Mikkelsen & Hartz. (2008). a utilizar es:

$$\text{Extracción de N} = \frac{\text{MS PA} * \text{Conc N}}{100}$$

Dónde:

MS PA = masa seca parte aérea (t. ha⁻¹).

Conc N = concentración (% N) del elemento en la masa seca de la parte aérea.

A partir de estos datos, se calculará el porcentaje de FBN por el método de la diferencia de N total mediante la fórmula:

$$\% \text{FBN} = \frac{\text{Contenido N Fix} - \text{Contenido N Ref}}{\text{Contenido N Fix}} * 100$$

Dónde: *Fix* = planta fijadora.

Ref = planta no fijadora.



Cálculo de secuestro de carbono

Para el secuestro de carbono se multiplicará el carbono total acumulado en cada uno de los sistemas de pastos por el factor de conversión de CO_2 , que es 3.67 encontrándose la relación entre el peso de la molécula = 44 y el peso del átomo de carbono = 12 (Chambi, 2001).

$$Kr = \frac{\text{Peso de molécula } CO_2}{\text{Peso de átomo C}} = \frac{44}{12} = 3.67$$

$$CO_2-e = Ct * Kr$$

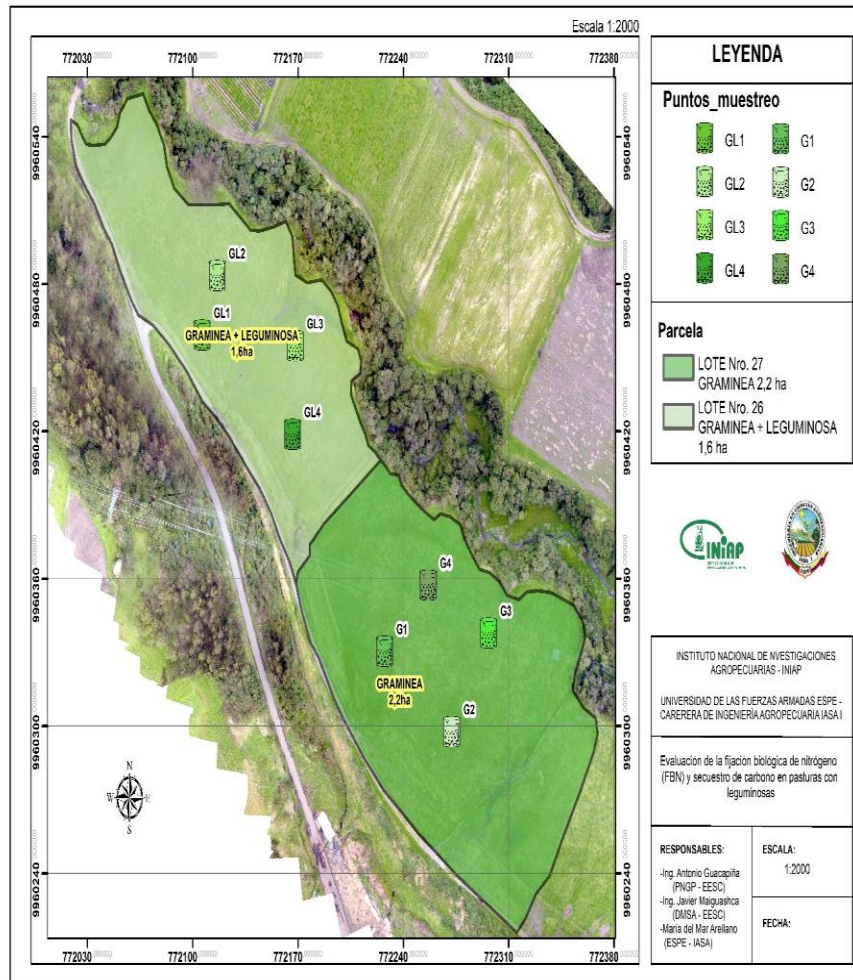
Dónde: CO_2-e =Toneladas de Dióxido de carbono.

Ct =Carbono total.

Kr =constante de CO_2 .

Estado de avance de la investigación

Los sitios de muestreo fueron delimitados y se realizaron la primera toma de muestras de suelo y planta (Fotografía 1, 2, 3 y 4) para sus respectivos análisis, cuyas muestras están pendientes para ser procesadas.



Fotografía1: Tratamientos en campo.



Fotografía 2: Muestreo de suelo de los diferentes tratamientos para ser procesadas



Fotografía 3: Muestreo de la pastura y determinación de rendimiento forrajero



Referencias Bibliográficas

- Anglade J., Bille G., Garnier., J. (2015). Relationships for estimating N₂ fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. *Ecosphere* 6 (3), p. 1–24.
- Chambi, P. (2001). *Valoración Económica de Secuestro de Carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios*. 25 p. Obtenido de: [//www.uach.cl/procarbono/pdf/simposiocarbono/25_Chambi](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposiocarbono/25_Chambi), 13 Abril 2012).
- IGM. (2018). Instituto Geográfico Militar. *Estadísticas ecológicas, políticas, geográficas y ambientales de la Estación Experimental Santa Catalina (Pichincha)*. Climatológica. Obtenido de: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>.
- INAMHI. (2019). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Estadística Climatológica. Datos meteorológicos correspondientes al periodo enero-diciembre 2019. Estación Izobamba. Mejía, Ecuador.
- INTAGRI. 2018. Fijación Biológica de Nitrógeno Atmosférico. Serie Nutrición Vegetal Núm. 126. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- León, R., Bonifaz, N. y Gutiérrez F. (2018). *Pastos y Forrajes del Ecuador*. Siembra y producción de pasturas. 1era Edición. Editorial Universitaria Abya-Yala Quito, Ecuador.
- Rodríguez, L., Clavijo F., Llanagrí, P. y Godoy A. (2013). Manejo de pastos para pequeños y medianos productores en la sierra centro del Ecuador. Programa Nacional de Ganadería. Quito, Ecuador.
- Fernández, P. M., De María, N. y De Felipe, M. R. 2002. Fijación Biológica de Nitrógeno: Factores Limitantes. *Ciencia y Medio Ambiente*. 195-202 p.
- Mikkelsen, R. y Hartz, F. (2008). *Nitrogen sources for organic crop production*. *ResearchGate*, 92. 16-19.
- Silva, N. (2011). ¿Cómo medir la materia seca de los forrajes ensilados? Tulare, California.

Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org