



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

Producto 5: DATABASE Fijación Biológica de Nitrógeno

Fernando Lattanzi (Bruno Alves, Alodia Gonzalez, Antonio Guacapiña, Romina Romaniuk)

2024



Copyright, licencias CC y Disclaimer.

Códigos JEL: Q16

ISBN: N/A

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 Fernando Lattanzi en colaboración con Bruno Alves, Alodia Gonzalez, Antonio Guacapiña, Romina Romaniuk.

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 CALVE.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVO	6
METODOLOGÍA	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
ANEXO 1	12
INSTITUCIONES PARTICIPANTES	12



RESUMEN

Este reporte informa la compilación de valores de proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N_2 atmosférico (Ndfa) determinados en especies leguminosas forrajeras de Argentina, Brasil, Ecuador, Paraguay y Uruguay. Incluye mediciones realizadas en diversas praderas sembradas y pastizales naturales, tanto en predios/fincas comerciales como en estaciones experimentales. En todas las determinaciones se utilizó 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. Las leguminosas evaluadas fueron: *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC. (alysicarpus), *Arachis pintoii* Krapov. & W.C. Greg. (maní forrajero), *Lotus angustissimus* L. (lotus bagual), *L. corniculatus* L. (lotus corniculado), *L. pedunculatus* Cav. (lotus grande), *L. subbiflorus* Lag. (lotus subbiflorus), *L. tenuis* Waldst. & Kit. ex Willd. (lotus tenuis), *Medicago sativa* L. (alfalfa), *Trifolium pratense* L. (trébol rojo), y *T. repens* L. (trébol blanco). En todos los casos, se utilizaron especies gramíneas como plantas de referencia no fijadoras. El desempeño de la fijación biológica de nitrógeno en las especies leguminosas forrajeras muestreadas, tanto en ambientes templados como subtropicales y tropicales, y tanto en praderas sembradas como en pastizales naturales, se ubicó en general en valores superiores a 70%. Por ende, no identificamos restricciones al desempeño de estas especies leguminosas en relación a su capacidad de proveer nitrógeno atmosférico en sistemas de producción animales pastoriles de América Latina y el Caribe.

Palabras Clave: leguminosas forrajeras, fijación biológica de nitrógeno



ABSTRACT

This report presents the compilation of values of the proportion of nitrogen derived from the biological fixation of atmospheric N₂ (Ndfa) determined in forage legume species from Argentina, Brazil, Ecuador, Paraguay and Uruguay. It includes measurements made in various sown grasslands and natural pastures, both in commercial farms and in experimental stations. In all determinations, the natural abundance methodology of ¹⁵N was used, which compares the natural abundance of the stable isotope ¹⁵N in nitrogen-fixing legume plants with that of non-fixing reference plants, grown under the same conditions. The legumes evaluated were: *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC. (alysicarpus), *Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg. (forage peanut), *Lotus angustissimus* L. (lotus bagual), *L. corniculatus* L. (corniculated lotus), *L. pedunculatus* Cav. (lotus grande), *L. subbiflorus* Lag. (lotus subbiflorus), *L. tenuis* Waldst. & Kit. ex Willd. (lotus tenuis), *Medicago sativa* L. (alfalfa), *Trifolium pratense* L. (red clover), and *T. repens* L. (white clover). In all cases, grass species were used as non-fixing reference plants. The biological nitrogen fixation performance of the sampled forage legume species, both in temperate and subtropical and tropical environments, and in both sown grasslands and natural pastures, was generally above 70%. Therefore, we did not identify restrictions to the performance of these legume species in relation to their capacity to provide atmospheric nitrogen in pastoral animal production systems in Latin America and the Caribbean.

Keywords: forage legumes, biological nitrogen fixation



INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es el elemento más abundante en la atmósfera, representando el 79% del volumen total, principalmente en forma de dinitrógeno (N_2). En este estado, el N atmosférico no está disponible para el crecimiento vegetal. Sin embargo, un grupo minoritario de procariontas conocidos como diazótrofos 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 atmosférico”.

Las leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno (N) atmosférico a través de una simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Esto deriva en múltiples beneficios para sistemas de producción animal. Por ejemplo, (i) reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados químicos, lo que no solo disminuye los costos, sino que también reduce el impacto ambiental asociado a la producción y aplicación de fertilizantes químicos; (ii) contribuye significativamente al contenido de N en el suelo, mejorando su fertilidad; (iii) alto valor nutritivo para rumiantes, especialmente un alto contenido de proteína. Por ende, la fijación biológica de nitrógeno (FBN) por las leguminosas forrajeras es un proceso ecológico crucial que tiene amplias implicaciones para la agricultura sostenible, la economía agrícola, la conservación del medio ambiente y la salud del suelo.

Existen varios reportes de valores de Ndfa para pasturas sembradas productivas de regiones templadas de Europa, Oceanía y Estados Unidos, con valores promedio a campo cercanos al 80% (Carlsson y Huss-Danell, 2003). La información es más escasa para regiones subtropicales y tropicales, pastizales naturales, y para suelos con severas limitaciones (ej. hidro-alomorfismo). Sin embargo, para muchos sistemas ganaderos y lecheros de América Latina y el Caribe, tanto de clima templado como subtropical y tropical, es limitada la información disponible que permita estimar el funcionamiento de la FBN en condiciones de campo.

OBJETIVO

El objetivo de este reporte es compilar valores de proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N_2 atmosférico (Ndfa) determinados en especies leguminosas forrajeras de Argentina, Brasil, Ecuador, Paraguay y Uruguay. Conocer y comunicar estos valores es esencial para maximizar los beneficios que estas plantas pueden aportar.

METODOLOGÍA

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 fuente 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.

En cada país se muestrearon diferentes sistemas (Figura 1). En todos los casos se utilizaron plantas de gramíneas creciendo en el mismo ambiente que la leguminosa como valor de referencia. Según el sitio, las mismas incluyeron *Lolium arundinaceum* (Schreb.) S.J. Darbysh, *L. multiflorum* L., *Dactylis glomerata* L., *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick, *Paspalum notatum* Flüggé, *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.

En algunos casos se disponía de valor B determinado experimentalmente en condiciones locales (ej. *Lotus* sp., *Arachis pintoi*). Cuando no se disponía de valor B local, se utilizaron valores promedio por especie basados en el esquema propuesto por Unkovich et al. (2008).

Se descartaron muestras de leguminosas en las que el $\delta^{15}\text{N}$ de la especie referencia era menor a 2‰, ya que en estas condiciones el método tiene poca precisión e induce a errores en la estimación de Ndfa (Unkovich et al., 1994).

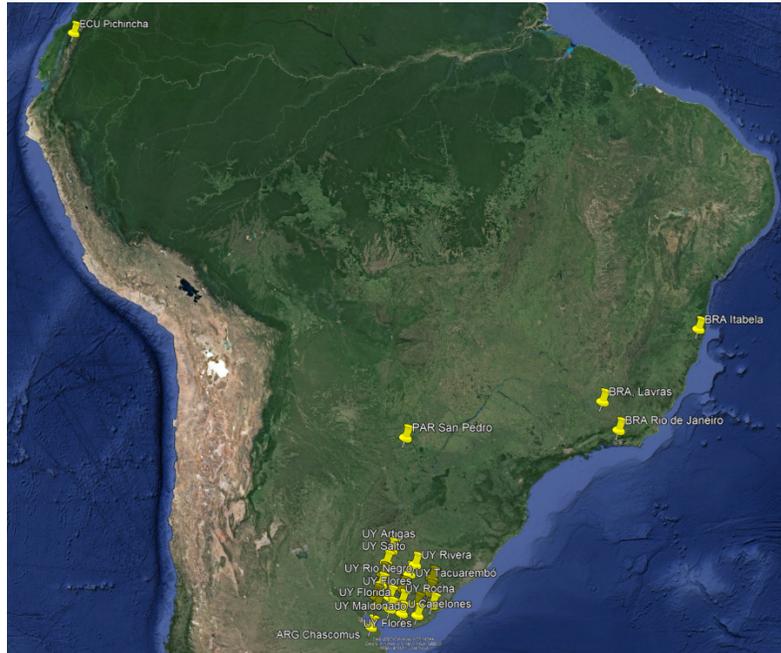


Figura 1. Sitios muestreados por país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se compilaron 182 valores de Ndfa para leguminosas forrajeras creciendo en Argentina, Brasil, Ecuador, Paraguay y Uruguay (ANEXO 1).

Las especies evaluadas fueron: *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC. (alysicarpus), *Arachis pintoii* Krapov. & W.C. Greg. (maní forrajero), *Grona heterocarpa* (L.) H. Ohashi & K. Ohashi, *Lotus angustissimus* L. (lotus bagual), *L. corniculatus* L. (lotus corniculado), *L. pedunculatus* Cav. (lotus grande), *L. subbiflorus* Lag. (lotus subiflorus), *L. tenuis* Waldst. & Kit. ex Willd. (lotus tenuis), *Medicago sativa* L. (alfalfa), *Melilotus officinalis* L. (melilotus), *Trifolium pratense* L. (trébol rojo), y *T. repens* L. (trébol blanco). El número de especies muestreadas reflejó el ambiente de cada país y el uso actual que se hace de las mismas en sistemas comerciales y experimentales (Tabla 1).

En todos los casos se utilizaron especies gramíneas como plantas de referencia no fijadoras, incluyendo según el sitio: *Lolium arundinaceum* (Schreb.) S.J. Darbysh, *L. multiflorum* L., *Dactylis glomerata* L., *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick, *Paspalum notatum* Flüggé, *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.



Tabla 1. Resumen de número de datos de proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N₂ atmosférico (Ndfa) por especie

Especie leguminosa	n	Argentina	Brasil	Ecuador	Paraguay	Uruguay
<i>Alysicarpus vaginalis</i>	2				X	
<i>Arachis pintoi</i>	22		X		X	
<i>Grona heterocarpa</i>	28		X			
<i>Lotus angustissimus</i>	1					X
<i>Lotus corniculatus</i>	18					X
<i>Lotus pedunculatus</i>	14					X
<i>Lotus subbiflorus</i>	17					X
<i>Lotus tenuis</i>	13	X				X
<i>Medicago sativa</i>	13					X
<i>Melilotus officinalis</i>	2	X				X
<i>Trifolium pratense</i>	19	X				X
<i>Trifolium repens</i>	33	X		X		X

La figura 2 muestra el porcentaje de fijación de nitrógeno derivado de fijación biológica (Ndfa, %) en varias especies de leguminosas. *Alysicarpus vaginalis*, *Arachis pintoi*, *Lotus pedunculatus* y *Trifolium repens* presentan los valores más altos de Ndfa, cercanos al 80-90%. Por otro lado, los valores más bajos se encontraron en *Lotus angustissimus* y *Medicago sativa* (alrededor del 50-60%).

Este estudio, que abarca una extensión geográfica importante, permitió cuantificar por primera vez la variabilidad existente en la fijación biológica de nitrógeno a campo para las principales leguminosas forrajeras utilizadas en sistemas reales de varios países de ALC. Aunque existió variabilidad en Ndfa dentro de cada especie, en general las especies evaluadas demuestran una elevada capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, ya que más de dos tercios de los datos se ubicaron por encima de 70% (Figura 3). En general, la variabilidad encontrada en el presente estudio fue similar o incluso menor a lo reportado por la bibliografía local (e.g. Mallarino et al. 1990) e internacional (e.g. Riffkin et al. 1999).

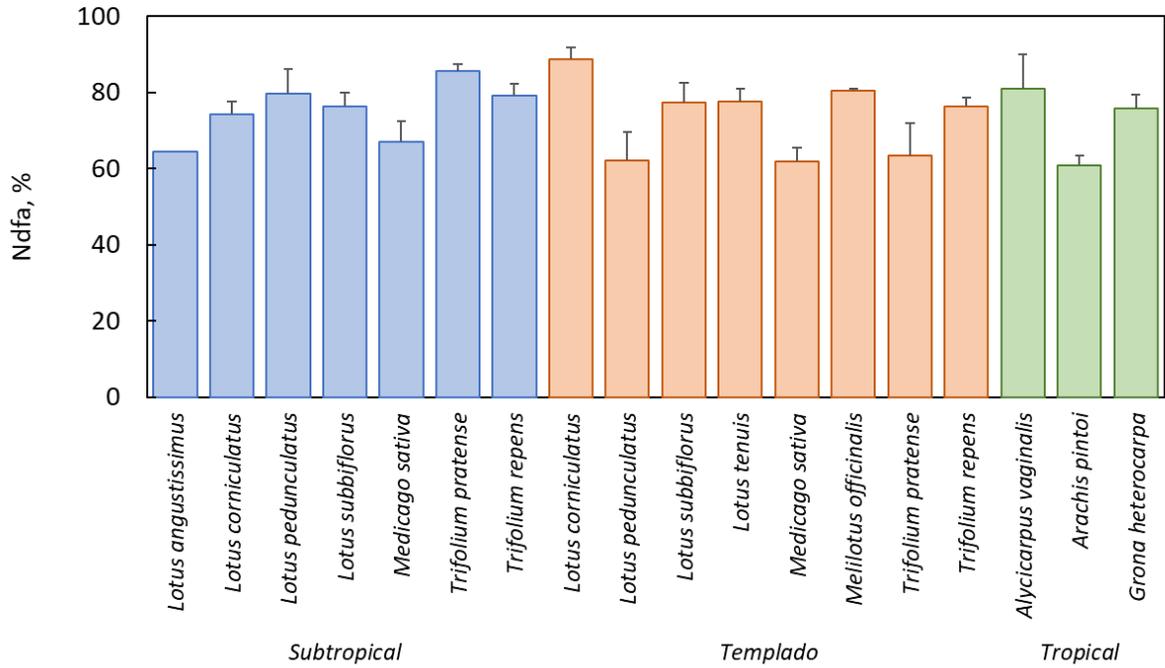


Figura 2. Proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N₂ atmosférico (Ndfa).

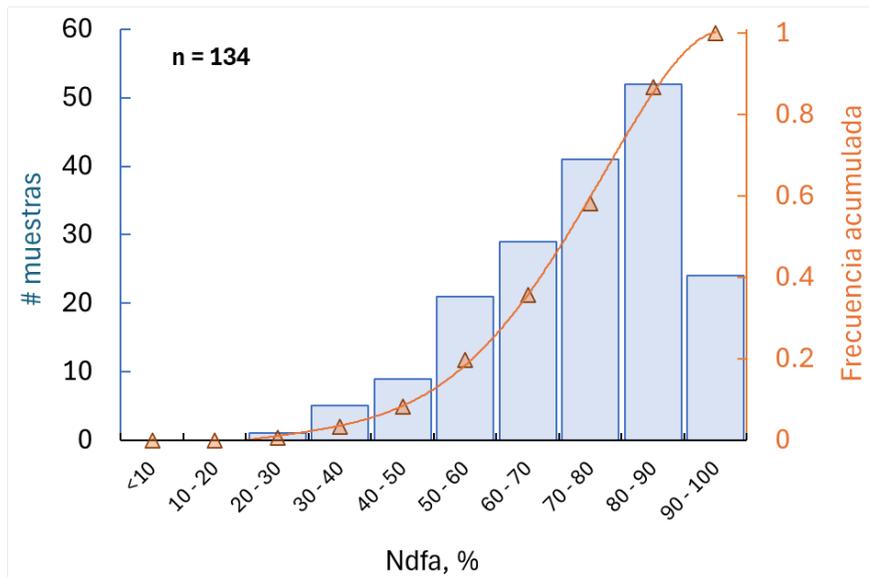


Figura 3. Histograma de valores de proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N₂ atmosférico (Ndfa).



Al analizar la variabilidad existente en la fijación biológica de nitrógeno a campo para las principales leguminosas forrajeras utilizadas en sistemas reales de varios países de ALC se observó una variabilidad similar en los tres ambientes evaluados: templado, subtropical y tropical, aunque con una distribución más sesgada a valores algo más bajos en este último (Tabla 2 y Figura 4).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de resultados de proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N₂ atmosférico (Ndfa) por ambiente.

	Ambiente		
	Templado	Subtropical	Tropical
<i>n</i>	61	69	52
Promedio	73.6	77.4	69.7
95% Intervalo confianza superior	77.6	80.7	74.7
95% Intervalo confianza inferior	69.6	74.1	64.7
Desvío estándar	15.7	13.6	18.0
Mínimo	26.9	33.3	36.0
Máximo	100.1	109.9	104.0
20% percentil	64.5	64.2	53.2
50% percentil (Mediana)	77.5	79.9	68.5
80% percentil	84.4	87.8	88.0

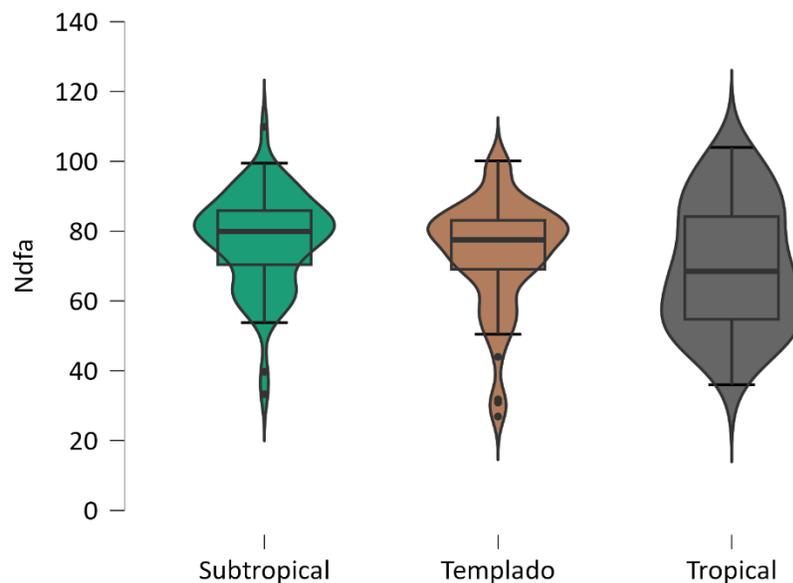


Figura 4. Distribución de valores de proporción de nitrógeno derivado de la fijación biológica de N₂ atmosférico (Ndfa) según ambiente.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desempeño de la FBN en las especies leguminosas forrajeras muestreadas, tanto en ambientes templados como subtropicales y tropicales, y tanto en praderas sembradas como en pastizales naturales, fue comparable a valores de la literatura internacional para sistemas más intensivos (cf. Unkovich *et al.*, 2008). Por ende, no identificamos restricciones al desempeño de estas especies leguminosas en relación a su capacidad de proveer nitrógeno atmosférico en sistemas de producción animales pastoriles de América Latina y el Caribe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carlsson, G., & Huss-Danell, K. (2003). Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and soil*, 253, 353-372.
- 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.
- Riffkin P.A., Quigley P.E., Kearney G.A., Cameron F.J., Gault R.R., Peoples M.B., Thies J.E. (1999). Factors associated with biological nitrogen fixation in dairy pastures in south-western Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 261-272.
- 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>
- Unkovich M.J., Pate J.S., Sanford P. y Armstrong E.L. (1994). Potential precision of the d15N natural abundance method in field estimates of nitrogen fixation by crop and pasture legumes in southwest Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 45, 119-132.



ANEXO 1

Base de dato que compila valores de Ndfa discriminados por “País”, “Región”, “Responsable”, “Tipo de vegetación”, y “Especie leguminosa”, e informa el n de mediciones individuales que compone cada valor de Ndfa.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org