

Revista Cubana de Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 9, número 2; 2021

Contenido de nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles de *Prosopis spp.* del CHaco Central paraguayo

Nitrogen content in soils of silvopastoril systems of *Prosopis spp.* from the Paraguayan Central Chaco

Conteúdo nitrogênico em solos de sistemas silvopastoris de *Prosopis spp.* Do Chaco Central paraguaio

Maura Isabel Díaz Lezcano^{1*}  <https://orcid.org/0000-0003-4629-8255>

Cynthia Carolina Gamarra Lezcano¹  <https://orcid.org/0000-0001-5164-7777>

Mirtha Lucia Vera de Ortiz¹  <https://orcid.org/0000-0002-4381-2610>

Andrea Victoria Santa Cruz Estigarribia¹  <https://orcid.org/0000-0002-3009-754X>

¹Universidad Nacional de Asunción. Paraguay.

*Autor para la correspondencia: maura.diaz@agr.una.py

Recibido: 27/11/2020.

Aprobado: 08/06/2021.

RESUMEN

La silvopastura permite la diversificación de la producción y el incremento de los beneficios económicos, sociales y ambientales para los usuarios del suelo, pues se trata de un manejo integrado de árboles, pastura y ganado, que constituye una de las mejores opciones para ser implementadas en el Chaco paraguayo, debido a la ganadería y a una estructura forestal existente. Esta investigación se realizó en propiedades privadas de los Departamentos Boquerón y Presidente Hayes, de la Región Occidental de Paraguay, con el objetivo de determinar el contenido de nitrógeno en el suelo de sistemas



silvopastoriles asociados a *Prosopis* spp. (algarrobo). Se establecieron ocho parcelas de 1,0 ha cada una, en las cuales se midieron todos los algarrobos para la estimación de biomasa forestal, a partir de muestras de pasturas bajo y fuera de la copa de los árboles donde, además, se extrajeron muestras de suelos a profundidades de 0-10 cm y de 10-30 cm para determinar el contenido de nitrógeno, estimado a partir de la materia orgánica del suelo. En los inventarios forestales fueron identificados individuos de la familia Fabaceae, seguidos por las familias Apocynaceae, Bignonaceae, Capparaceae, Rhamnaceae, Sapotaceae y Zhygophyllacea, siendo el género *Prosopis* (algarrobo) el más abundante asociadas con pasturas de las especies de *Megathyrsus maximus*, *Digitaria decumbens* y *Cenchrus ciliaris*. Se concluye que no existen diferencias significativas en cuanto al contenido de nitrógeno en los suelos de sistemas silvopastoriles entre las dos condiciones de insolación estudiadas, pero si entre las dos profundidades concentrándose en los diez primeros centímetros.

Palabras clave: Algarrobo; Biomasa forestal; Ganadería; Materia orgánica; Pastura.

ABSTRACT

Silvopasture allows the diversification of production and the increase of economic, social and environmental benefits for land users, since it is an integrated management of trees, pasture and livestock, which constitutes one of the best options to be implemented in the Paraguayan Chaco, due to livestock and an existing forest structure. This research was carried out in private properties in the Departments of Boquerón and Presidente Hayes, in the Western Region of Paraguay, with the objective of determining the nitrogen content in the soil of silvopastoral systems associated with *Prosopis* spp. (carob tree). Eight plots of 1.0 ha each were established, in which all the carob trees were measured for the estimation of forest biomass, from samples of pastures under and outside the canopy of the trees where, in addition, soil samples were extracted at depths of 0-10 cm and 10-30 cm to determine the nitrogen content, estimated from soil organic matter. In the forest inventories, individuals of the *Fabaceae* family were identified, followed by the *Apocynaceae*, *Bignonaceae*, *Capparaceae*, *Rhamnaceae*, *Sapotaceae* and *Zhygophyllacea* families, with the *Prosopis* genus (carob) being the most abundant, associated with pastures of *Megathyrsus maximus*, *Digitaria decumbens* and *Cenchrus ciliaris* species. It is concluded that there are no significant differences in nitrogen content in the soils of silvopastoral systems between the two conditions of insolation studied, but between the two depths, concentrating in the first 10 centimeters.

Keywords: Carob tree; Forest biomass; Livestock; Organic matter; Pasture.

RESUMO

O silvopastura permite a diversificação da produção e o aumento dos benefícios econômicos, sociais e ambientais para os utentes do solo, pois é um manejo integrado de árvores, pastagens e gado que constitui uma das melhores opções a serem implementadas no Chaco Paraguaio, devido à pecuária e a uma estrutura florestal existente. Esta pesquisa foi realizada em propriedades privadas nos departamentos de Boquerón e Presidente Hayes na Região Ocidental do Paraguai, com o objetivo de determinar o teor de nitrogênio no solo de sistemas silvopastoris associados a *Prosopis* spp. (alfarrobo). Foram estabelecidas oito parcelas de 1,0 ha cada, nas quais todas as alfarrobeiras foram medidas para a estimativa da biomassa florestal, a partir de amostras de pastagens sob e fora da copa das árvores onde, além disso, foram extraídas



amostras de solo em profundidades de 0-10 cm e 10-30 cm para determinar o teor de nitrogênio, estimado a partir da matéria orgânica do solo. Nos inventários florestais foram identificados indivíduos da família Fabaceae, seguidos pelas famílias Apocynaceae, Bignoniaceae, Capparaceae, Rhamnaceae, Sapotaceae e Zygophyllaceae, sendo o gênero *Prosopis* (alfarroba) o mais abundante associado às pastagens das espécies *Megathyrus maximus*, *Digitaria decumbens* e *Cenchrus ciliaris*. Conclui-se que não há diferenças significativas no teor de nitrogênio nos solos dos sistemas silvopastoris entre as duas condições de insolação estudadas, mas entre as duas profundidades, concentrando-se nos primeiros 10 centímetros.

Palavras-chave: Alfarrobo; Biomassa florestal; Gado; Matéria orgânica; Pastagem.

INTRODUCCIÓN

En Paraguay, la producción de carne aumentó más del doble entre 2005 y 2016, promovida por el crecimiento de la productividad, acrecentada en un 70 por ciento durante este período. La expansión de la producción de soya en la región oriental después de 2006 desplazó al ganado a la región occidental del Chaco. En este nuevo entorno, la adopción de variedades de pasturas tropicales de alto rendimiento, junto con la mejora de la genética animal, fueron los principales factores detrás del aumento de la productividad. Los desafíos para el desarrollo futuro son los relacionados con el medio ambiente, ya que la futura expansión de la producción continuará en tierras forestales de la región del Chaco (Nin-Pratt *et al.*, 2019).

Los sistemas silvopastoriles pueden revertir los procesos de degradación de los pastizales; aumentan la protección física del suelo y contribuyen a la recuperación de la fertilidad con la intervención de leguminosas que fijan el nitrógeno al suelo y de árboles de raíces pivotantes que aprovechan las capas profundas y reciclan los nutrientes; sin embargo, requieren una buena gestión para que perduren los árboles y arbustos, así como su aprovechamiento en la alimentación animal (Alonso, 2011; Lam, 2016). Mediante la asociación simbiótica entre leguminosas forrajeras y bacterias del género *Rhizobium*, se logra mejorar el contenido de nitrógeno y el desarrollo de la gramínea asociada, las bacterias de este género se presentan en condiciones naturales cuando las cepas están presentes en el suelo (Bueno y Camargo, 2015).

La fijación de nitrógeno realizado en esta simbiosis es otro efecto positivo de los sistemas silvopastoriles sobre la fertilidad del suelo, además de proporcionar un beneficio económico para el productor al reducir el uso de los fertilizantes nitrogenados (Hristov *et al.*, 2013). En promedio se estima una fijación de 200kg N/ha/año en el trópico (Camacaro *et al.*, 2004), cantidad que depende del tipo y proporción de la leguminosa en la pastura, las cepas de *Rhizobium* involucradas, la densidad de siembra, la fertilidad del suelo y las variaciones climáticas (Vargas *et al.*, 2013).

El nitrógeno es, después del agua, el nutriente más limitante para la productividad de las plantas de zonas áridas y semiáridas. En forma natural, el nitrógeno se encuentra en la atmósfera como gas, en un reservorio no disponible para las plantas, por lo que, para poder utilizarlo, las plantas requieren establecer simbiosis con algunas especies de bacterias, lo que les permite aportar nitrógeno al suelo de zonas áridas (Celaya y Castellanos, 2011).



Algunos árboles como *Prosopis* contribuyen con grandes aportes ecológicos, por su capacidad para recuperar zonas deforestadas y conservar la humedad del suelo en áreas forestales en buenas condiciones (Rojas, 2007).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se planteó como objetivo, determinar el contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema silvopastoril asociado a *Prosopis* spp.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se realizó en las localidades de Pirizal, Buena Vista, Loma Plata y Filadelfia de los Departamentos de Boquerón y Presidente Hayes, localizados en las coordenadas 22° 35' 6,5" de latitud sur y 59° 44' 33,9" de longitud oeste, a más de 430 km de la ciudad de Asunción.

Se establecieron en forma aleatoria ocho parcelas permanentes en diferentes propiedades, con potreros bajo manejo silvopastoril (Figura 1). El trabajo consistió en la determinación del aporte de nitrógeno al suelo a través del análisis la materia orgánica.

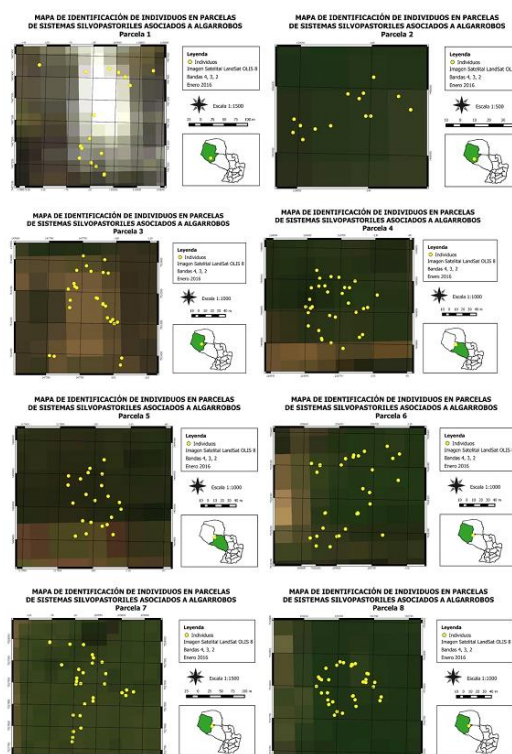


Figura 1. - Distribución de *Prosopis* spp. en las parcelas permanentes de monitoreo



Las ocho parcelas permanentes estuvieron representadas por una superficie de 1,0 ha cada una, en las que se identificaron todas las especies arbóreas y de pasturas presentes y se midieron y registraron todos los individuos de algarrobos, desde brinzales y latizales hasta árboles adultos.

Las variables medidas fueron:

- DAC (diámetro del cuello de la raíz): diámetro medido en cuello de la raíz de la planta, en (cm).
- $D_{(1,30)}$ (diámetro del árbol a los 1,30 m de altura en (cm). Altura total: altura del árbol desde el suelo hasta el ápice en (m).
- Área basal: suma de secciones transversales de los individuos medidos a DAP m del suelo, expresados en (m^2).
- Volumen total: cantidad de madera estimada en (m^3).
- Biomasa total: peso de la materia orgánica que existe por encima y debajo del suelo, expresado en ($t\ ha^{-1}$).

Fueron aplicadas las siguientes ecuaciones para la determinación del área basal, volumen total y biomasa arbórea, respectivamente (Ecuación 1); (Ecuación 2) y (Ecuación 3).

$$G = n \times DAP^2 / 4 \quad (1)$$

$$V = F \times G \times h \quad (2)$$

$$BT = 0,2733X(DAP^2 \times altura\ total)^{0,8279} \quad (3)$$

(Sato et al., 2015)

En tanto, que, para la extracción de muestras de pasturas, se establecieron ocho subparcelas de 1,0 m^2 dentro de cada unidad experimental (parcela). Estas se distribuyeron al azar, bajo influencia directa de la copa de algarrobos (4) y en zonas fuera de la influencia directa de la copa de algarrobos (4). Las variables medidas fueron:

- Altura total: longitud de la pastura desde la raíz hasta el ápice en (cm).
- Longitud de las raíces: longitud medida desde el cuello de la raíz hasta la cofia en (cm).
- Peso fresco: peso al momento en que la pastura fue extraída en (g).
- Peso seco: peso de la pastura luego de haber sido secada a horno en (g).
- Biomasa: masa total de la pastura, se representa mediante su peso seco expresada en tha^{-1} .

Para la determinación de biomasa existente en la pastura se realizó la extracción de las muestras en las parcelas establecidas a través de un bastidor de madera de 1 m^2 , obteniendo así el peso fresco en el campo. Se establecieron ocho subparcelas, estas



fueron distribuidas al azar: cuatro bajo influencia directa de la copa de algarrobos y cuatro subparcelas en zonas fuera de la influencia directa de la copa del algarrobo. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Para el análisis de suelo, se extrajeron cuatro muestras compuestas bajo cada condición (bajo la influencia de la copa de los algarrobos y fuera de la influencia de la copa de los algarrobos) y a dos profundidades (de 0 a 10 cm y de 10 a 30 cm) que fueron analizadas en el laboratorio del Área de Suelos y Ordenamiento Territorial para la determinación de materia orgánica. El contenido de materia orgánica fue determinado mediante el método húmedo de Walkley y Black, y estos resultados se utilizaron para calcular el contenido de nitrógeno total (Ecuación 4).

$$N (\%): M.O (\%) * 0,05 (4) \quad (\text{Plaster, 2000})$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística y clasificación diamétrica de los individuos arbóreos

Las especies encontradas en las ocho parcelas muestreadas pertenecen a las categorías de brinzal, latizal y árboles; como se puede valorar predominan individuos de la familia Fabaceae, seguidos por las familias Apocynaceae, Bignonaceae, Capparaceae, Rhamnaceae, Sapotaceae y Zhygophyllacea.

Rossi (2014) mencionó que la vegetación corresponde a un bosque xerófito caducifolio, integrado por tres estratos, arbóreo, arbustivo y herbáceo-graminoso, en condiciones originarias del bosque, los árboles dominan, y hay una moderada a baja presencia de arbustos y el estrato inferior corresponde a una abundante y rica comunidad de gramíneas. Ente las principales especies del estrato arbóreo, se encuentran los géneros más importantes de la Región Chaqueña Árida y Semiárida de Argentina que corresponden a *Schinopsis* (quebracho colorado), *Aspidosperma* (quebracho blanco), *Prosopis* (algarrobo), *Caesalpinia* (guayacán) y *Bulnesia* (palo santo).

La especie más abundante fue *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco), con 160 individuos (64,8 %), seguido por *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. (algarrobo negro) con 77 individuos (31,2 %), las especies más escasas fueron: *Prosopis kuntzei* Harms, con seis individuos (2,41 %) y *Prosopis rojasiana* con cuatro individuos (1,60 %).

Martín *et al.*, (2014) en un estudio sobre densidad arbórea en pastizales semiáridos, bajo dos situaciones de uso silvopastoril realizado en Argentina, encontró 168 individuos en total por parcela de una hectárea cada una, en donde la más abundante fue *Aspidosperma quebracho* con 53 individuos, seguida por *P. nigra* con 34 individuos y *P. alba* con 23 individuos por hectárea, la especie más escasa fue *Schinopsis quebracho colorado* con diez individuos, todo esto referente a la situación B) potrero de 570 hectáreas con 23 años de manejo ganadero extensivo y talado controlado (solo extracción de ejemplares secos, deformes y/o añejos).



La distribución de los 247 individuos de algarrobos en las ocho parcelas, clasificó a 134 individuos en la Clase I: $D_{(1,30)} < 10$ cm, 93 individuos de Clase II: 10,1 a 20 cm, 18 individuos de Clase III: 20,1 a 30 cm y solo dos individuos en Clase IV: 30,1 a 40 cm. Lo que demuestra que, en la práctica, todas las parcelas estaban integradas por individuos en regeneración en las cuales había mayor abundancia de *P. alba* (Figura 2).

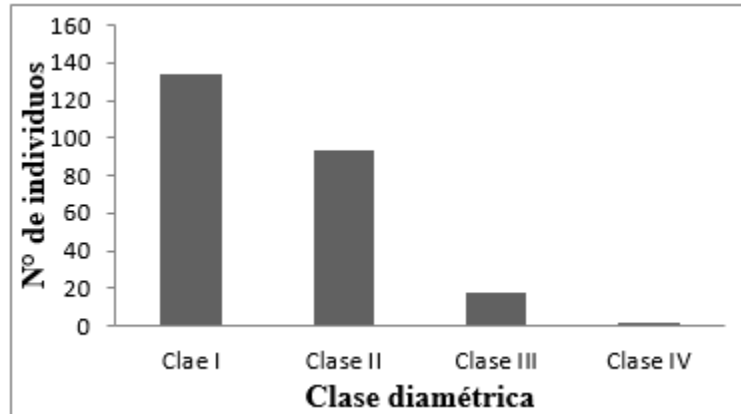


Figura 2. - Distribución diamétrica del total de individuos en las ocho parcelas

En un estudio de parámetros dasométricos de plantaciones de *P. alba* (algarrobo blanco) del área de riego de la Provincia de Santiago del Estero, Argentina, donde los datos fueron tomados en cinco parcelas, cada una con un densidad de 48 árboles, con diferentes edades y distanciamientos, se concluye que los valores de crecimientos promedios del DAC ($2,1 \pm 0,2$ cm año⁻¹) y de IMA ($1,8 \pm 0,1$ cm año⁻¹) tienen el carácter de provisorios y orientativos (Senilliani y Navall, 2006).

Área basal y volumen total

Se obtuvo un área basal promedio de $0,34$ m² ha⁻¹, siendo el valor mínimo promedio de $0,02$ m² ha⁻¹ encontrado en la parcela seis constituido en su totalidad por individuos de algarrobo negro en regeneración, con diámetro a la altura del cuello promedio de 2,66 cm; y un valor máximo promedio de $0,64$ m² ha⁻¹ encontrado en la parcela cinco establecido en su totalidad de algarrobo blanco, con diámetro a la altura del pecho de 16,05 cm, lo que significa que en esta parcela los individuos ocupan una mayor superficie de sección transversal comparadas con las demás parcelas (Figura 3).



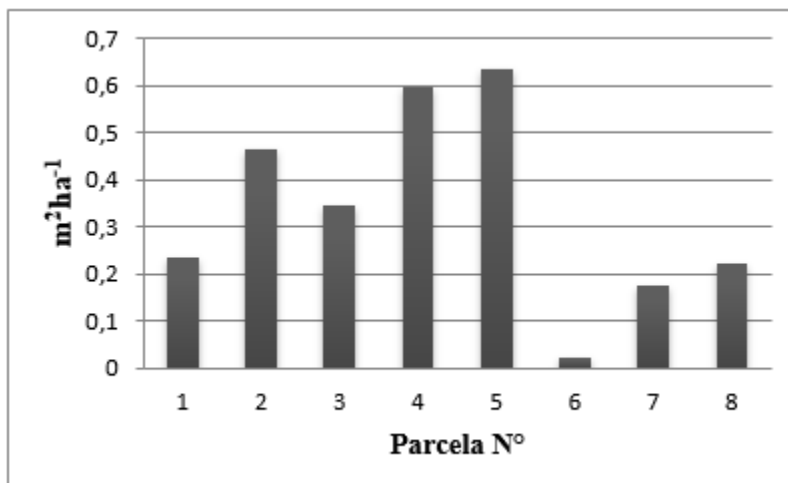


Figura 3. - Promedio de área basal de *Prosopis* spp. por hectárea

En un estudio sobre parámetros dasométricos de plantaciones de *Prosopis alba* de la Provincia de Santiago del Estero en donde los datos fueron tomados en cinco parcelas, con una densidad de 48 árboles cada una, con diferentes edades y distanciamientos; concluye en cuanto al área basal que la parcela cuatro alcanzó los valores máximos de $19,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y los valores mínimos en la parcela uno con $1,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Senilliani y Navall 2006).

Se determinó un volumen promedio de $1,57 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Siendo la parcela seis, la que presenta el valor mínimo promedio de $0,03 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, constituido en su totalidad por individuos de algarrobo negro en regeneración, con altura promedio de 1,77 m; y el valor máximo exhibe la parcela dos con un valor promedio de $2,75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ formado en su totalidad por algarrobo blanco, con altura promedio de 6,60 m, pudiéndose encontrar mayor porcentaje de madera a ser cosechada (Figura 4).

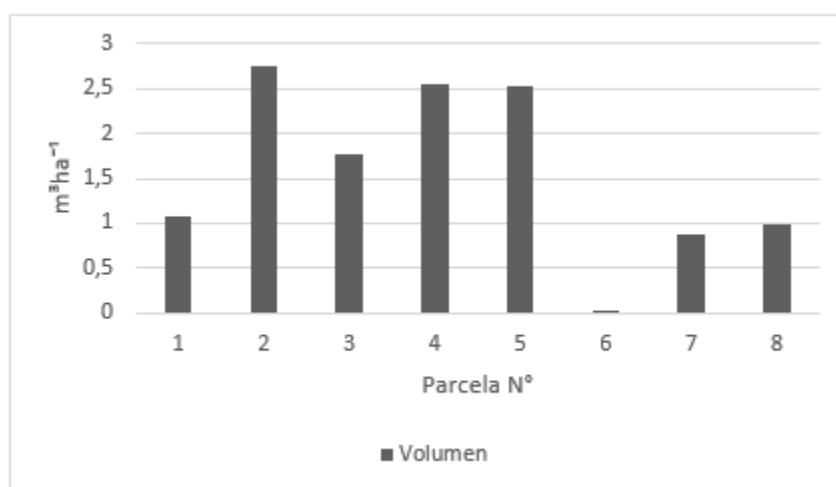


Figura 4. - Volumen de *Prosopis* spp. por hectárea



Valores similares reportó Gaillard de Benítez (1994) en su publicación sobre funciones para estimar el volumen comercial de árboles en cuatro especies del bosque chaqueño seco. Se dispusieron de valores de 126 árboles para quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*), 120 para quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), 58 para algarrobo negro (*Prosopis nigra*) y 49 para mistol (*Zizyphus mistol*). Estos resultados demostraron que el algarrobo negro presenta un volumen total promedio de 0,15 m³.

Biomasa arbórea y en pasturas

El promedio de la biomasa arbórea estimado fue de 0,78 t ha⁻¹, siendo la parcela dos con el valor máximo promedio de 1,3 t ha⁻¹, y la parcela seis con el menor valor promedio de 0,04 t ha⁻¹ esto se puede atribuir a que los individuos pertenecientes a esta parcela presentaron el menor diámetro y altura con respecto a las demás parcelas. Los promedios de la biomasa arbórea se ven representados en la Figura 5 (Figura 5).

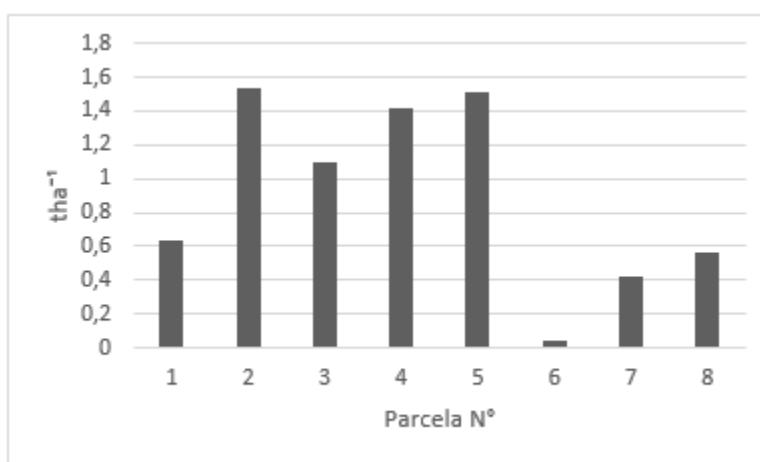


Figura 5. - Promedio de biomasa total de *Prosopis* spp. por hectárea

Las pasturas encontradas con mayor frecuencia fueron gatton panic (*Megathyrsus maximus*), pangola (*Digitaria decumbens*) y buffel (*Cenchrus ciliaris*). Se observó heterogeneidad en la distribución de las pasturas, las cuales variaron en un rango de 3,28 t ha⁻¹ como valor máximo y 0,60 t ha⁻¹ como mínimo, esto para la condición de bajo sombra; en tanto que bajo sol el rango es de 0,72 t ha⁻¹ como máximo y 0,32 t ha⁻¹ como valor mínimo.

Se demuestra que hubo diferencias significativas entre las muestras extraídas bajo la copa de los algarrobos y fuera de la copa de los algarrobos; por lo que se pudo referir que los *Prosopis* spp. influyen positivamente en el desarrollo de la pastura. Esto se puede observar en la Figura 6, en donde la mayor concentración de biomasa en pastura fue bajo sombra con 3 t ha⁻¹ considerando peso fresco y 1,81 t ha⁻¹ de materia seca; y la menor concentración de biomasa fue bajo sol con 2,02 t ha⁻¹ (peso fresco) y 0,46 t ha⁻¹ (materia seca) (Figura 6).



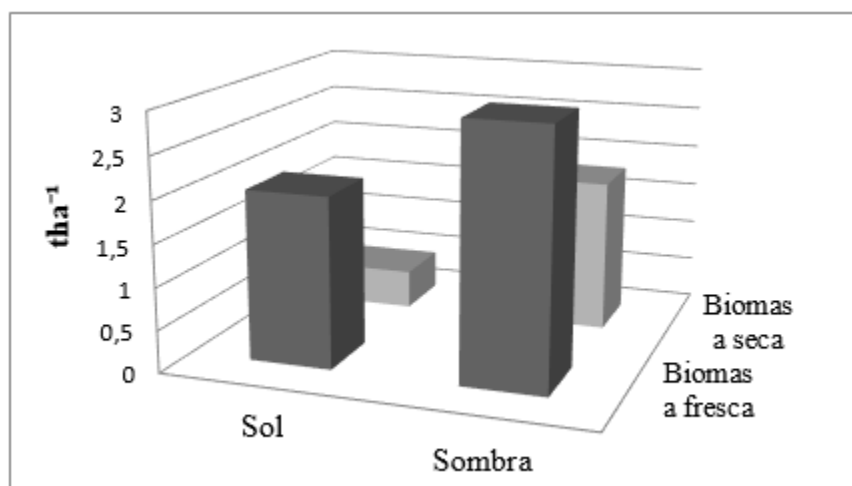


Figura 6. - Biomasa de pastura en promedio bajo dos condiciones de insolación

En una investigación realizada por *Obispo et al., (2008)*, sobre el efecto de la densidad de sombra de los árboles sobre la producción de biomasa y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en cuatro potreros, donde se determinaron las densidades de copa de los árboles y de sus respectivas sombras como (Alta > 30 %; media, entre 20-30 %; baja < 10 % y sin sombra), se concluyó que la producción y calidad de la biomasa de *P. maximum* es afectada por el nivel de sombreamiento, con un valor máximo de 14,32 t ha^{-1} sin sombra y un valor mínimo de 8,859 t ha^{-1} con niveles de sombra alto; 10,01 t ha^{-1} con niveles de sombra mediano y 14,046 t ha^{-1} con niveles de sombra bajo.

Materia orgánica del suelo

Se determinó que el contenido de materia orgánica del suelo no presentó diferencias significativas entre condiciones de sol y sombra, pero las diferencias fueron significativas cuando fueron comparadas las profundidades de muestreo de 0-10 cm y 10-30 cm en cada condición, bajo sombra y bajo sol. El promedio del contenido de materia orgánica en porcentaje a dos profundidades y bajo dos condiciones de insolación se presenta en la Figura 7 (Figura 7).

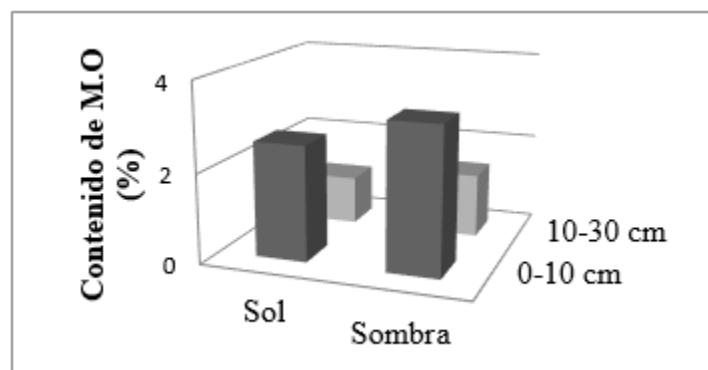


Figura 7. - Promedio en porcentaje del contenido de materia orgánica a dos profundidades y bajo dos condiciones de insolación



Como se puede observar en la Figura 7, el mayor contenido de materia orgánica se presenta en los primeros centímetros del suelo de 0-10 cm; con 3,27 % bajo sombra y 2,58 % bajo sol, disminuyendo así a medida que aumenta la profundidad a los 10-30 cm, con 1,43 % bajo sombra y 1,09 % bajo sol; por lo tanto se puede argumentar que bajo la influencia de las copas de algarrobos se localiza un mayor contenido de materia orgánica y a los primeros centímetros del suelo.

Valores similares fueron expuestos por *Serrano et al., (2015)*, en un estudio de producción de biomasa forrajera bajo diferentes densidades de cobertura arbórea asociadas con pastura en Colombia; quienes clasificaron la cobertura arbórea en cinco clases de < 20 %, > 20 %, de 20 a 40 %, de 40 a 60 %, de 60 a 80 % y >80 % en 19 parcelas, en las cuales determinaron los el contenido de materia orgánica en el suelo, resultando que en la parcela cuatro con cobertura arbórea entre 60 - 80 % fue la más alta, con 1,3 %, mientras que en la parcela cinco con cobertura entre 80 y 100 % presentó el valor más bajo con 0,3 % para materia orgánica, atribuyendo los valores bajos de materia orgánica en suelos con una cobertura arbórea superior al 80 %, posiblemente se expliquen por el tipo de textura del suelo presente en estas parcelas.

Nitrógeno total del suelo

El contenido de nitrógeno total del suelo no presentó diferencias significativas entre condiciones de sol y sombra, pero las diferencias fueron significativas cuando fueron comparadas las profundidades de muestreo de 0-10 cm y 10-30 cm en cada condición, bajo sombra y bajo sol. En la Figura 8, se presentan los valores promedios del contenido de nitrógeno a través de cálculo (Figura 8).

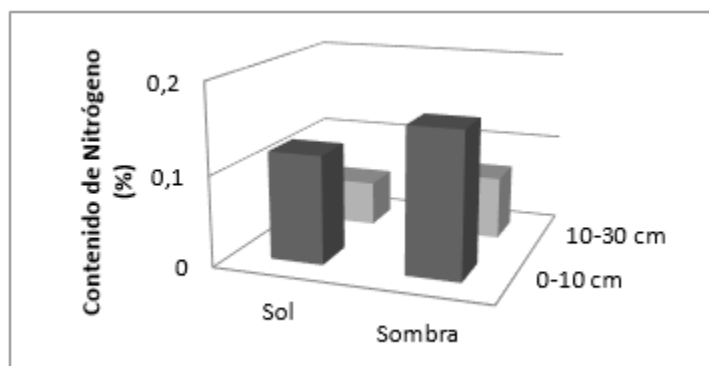


Figura 8. - Contenido de nitrógeno total en el suelo

Al igual que en el contenido de materia orgánica; el mayor contenido de nitrógeno se presentó en los primeros centímetros del suelo de 0-10 cm; con 0,16 % bajo sombra y 0,12 % bajo sol, disminuyendo así a medida que aumentó la profundidad a los 10-30 cm, con 0,07 % bajo sombra y 0,05 % bajo sol; por lo tanto se puede explicar que bajo la influencia de las copas de algarrobos se localiza un mayor contenido de nitrógeno y a los primeros centímetros del suelo.

Siendo también de la misma manera el valor mínimo de 0,03 % en la parcela tres y 0,29 % como valor máximo en la parcela cuatro, esto para la condición bajo sombra, en tanto que para la condición bajo sol se presenta como valor mínimo de 0,02 % en la parcela siete y 0,20 % como valor máximo en la parcela ocho.



Resultados similares fueron obtenidos por **Díaz Lezcano et al., (2020)** en similares condiciones en el Chaco Central paraguayo, acumulándose en niveles bajos tanto los contenidos de materia orgánica como nitrógeno total en el suelo.

Estos resultados coinciden con los presentados por **Mahecha (2002)** en un estudio sobre los contenidos de N, P y C a diferentes profundidades del suelo, en un sistema silvopastoril (SSP) de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) + Leucaena (*Leucaena leucocephala*) + Algarrobo (*Prosopis juliflora*) y en monocultivo de pasto estrella (*C. plectostachyus*) realizado en Colombia, obteniendo valores similares en cuanto al porcentaje de contenido de nitrógeno, siendo el máximo contenido para el sistema silvopastoril con 0,22 % a una profundidad de 20-30 cm y el valor mínimo es de 10 a 20 cm de profundidad con 0,11 %; en tanto que el valor máximo en el sistema de monocultivo de 20 a 30 cm de profundidad con 0,12 % y el valor mínimo a una profundidad de 10 a 20 cm con 0,06 %.

Según **Carranza y Ledesma (2005)** los individuos de *Prosopis* spp., árboles leguminosos, pueden establecer relaciones simbióticas con bacteria del género *Rhizobium*, capaces de fijar Nitrógeno atmosférico. Estos autores refieren evaluaciones hechas en el hemisferio norte, con *P. glandulosa*, donde se estimó que el 60 % del N total en los primeros 30 cm de suelo provenían de fijación atmosférica.

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permiten concluir que, el contenido de nitrógeno en los diez primeros centímetros fue mayor que en los niveles inferiores y que no se registraron diferencias significativas entre las condiciones bajo y fuera de copa de los algarrobos en el suelo de sistemas silvopastoriles del Chaco Central paraguayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO LAZO, J., 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Cuban Journal of Agricultural Science* [en línea], vol. 42, no. 2, pp. 107-115. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325607644_Los_sistemas_silvopastoriles_y_su_contribucion_al_medio_ambiente.
- BUENO, L. y GARCIA, J., 2015. Nitrógeno edáfico y nodulación de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en sistemas silvopastoriles. *Acta Agronómica* [en línea], vol. 64, no. 4, pp. 349-354. ISSN 0120-2812. DOI 10.15446/acag.v64n4.45362. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281578855_Nitrogeno_edafico_y_nodulacion_de_Leucaena_leucocephala_Lam_de_Wit_en_sistemas_silvopastoriles.
- CAMACARO CALVETE, S., GARRIDO, J. y MACHADO, W., 2004. Fijación de nitrógeno por *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebbek* y su transferencia a las gramíneas asociadas. *Zootecnia Tropical* [en línea], vol. 22, no. 1, pp. 49-70. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262468654_Fijacion_de_nitrogeno_po



r_Leucaena_leucocephala_Gliricidia_sepium_y_Albizia_lebbeck_y_su_transferencia_a_las_gramineas_asociadas.

- CARRANZA, C. y LEDESMA, M., 2005. *Sistemas silvopastoriles en el Chaco árido* [en línea]. Buenos Aires: s.n. Disponible en: <http://catalogosuba.sisbi.uba.ar/vufind/Record/KOHA-OAI-AGRO:25553>.
- CELAYA MICHEL, H. y CASTELLANOS VILLEGAS, A.E., 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas Y semiáridas. *Terra Latinoamericana* [en línea], vol. 29, no. 3, pp. 343-356. [Consulta: 5 enero 2021]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321283013>.
- DÍAZ LEZCANO, M.I., RÍOS ROBLES, J.R., MORENO RESQUÍN, H. y VERA DE ORTIZ, M.L., 2020. Contenido de carbono en un sistema silvopastoril del Chaco central paraguayo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 344-357. [Consulta: 5 enero 2021]. ISSN 2310-3469. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2310-34692020000200344&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- GAILLARD DE BENÍTEZ, C., 1994. Funciones para estimar el volumen comercial de árboles en dependencia del diámetro y la altura total en cuatro especies del bosque chaqueño seco. *Quebracho* [en línea], vol. 2, pp. 71-74. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=25468
- HRISTOV, A.N., JOONPYO OH, LEE, C., MEINEN, R., MONTES, F., OTT, T., FIRKINS, J., ROTZ, A., DELL, C., ADESOGAN, A., YANG, W., TRICARICO, J., KEBREAB, E., WAGHORN, G., DIJKSTRA, J. y OOSTING, S., 2013. *Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO2* [en línea]. Italia: FAO. [Consulta: 19 enero 2021]. ISBN 978-92-5-307659-8. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3288s/i3288s00.htm>.
- MAHECHA LEDESMA, L., 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* [en línea], vol. 15, no. 2, pp. 226-231. [Consulta: 19 enero 2021]. ISSN 0120-0690. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3242906>.
- MARTÍN, G.O., MAINARDI, L.V., TOLL VERA, J., NICOSIA, M., FERNÁNDEZ, M. y AGÜERO, S., 2014. Densidad arbórea en pastizales semiáridos, bajo dos situaciones de uso silvopastoril. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* [en línea], vol. 34, no. 2, pp. 159-161. ISSN 0080-2069. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AR2018O00067>
- NIN-PRATT, A., FREIRÍA, H. y MUÑOZ, G., 2019. Productivity and Efficiency in Grassland-based Livestock Production in Latin America: The Cases of Uruguay and Paraguay. [en línea]. S.l.: Inter-American Development Bank. [Consulta: 30 junio 2021]. <http://dx.doi.org/10.18235/0001924> Disponible en: <http://consejocas.org/wp-content/uploads/2018/05/4.-Proyecto-BID.pdf>
- OBISPO, N., ESPINOZA, Y., GIL, J., OVALLES, F. y RODRIGUEZ, M., 2008. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en



- un sistema silvopastoril. *Zootecnia Tropical* [en línea], vol. 26, no. 3, pp. 285-288. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262552788_Efecto_del_sombreado_sobre_la_produccion_y_calidad_del_pasto_guinea_Panicum_maximun_en_un_sistema_silvopastoril.
- Plaster, E. J. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Paraninfo. ISBN: 84-283-2643-6. Madrid, España. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=184363>
- ROJAS GUTIÉRREZ, A.M., 2007. El algarrobo: una especie doble propósito. *El Mueble y la Madera* [en línea], vol. 55. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/12166247/el-algarrobo-una-especie-doble-proposito-revista-el-mueble-y-la->
- ROSSI, C.A., 2014. *El sistema silvopastoril en la región chaqueña árida y semiárida argentina* [en línea]. 2014. S.l.: Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/146-Reg_Chaque.pdf
- SATO, T., SAITO, M., RAMÍREZ, D., MOLAS, L.F.P.D., TORIYAMA, J., MONDA, Y., KIYONO, Y., HEREBIA, E., DUBIE, N., VERA, E.D., ORTEGA, J.D.R. y ORTIZ, M.V.D., 2015. Development of Allometric Equations for Tree Biomass in Forest Ecosystems in Paraguay. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ* [en línea], vol. 49, no. 3, pp. 281-291. DOI 10.6090/jarq.49.281. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jarq/49/3/49_281/_article.
- SENILLIANI, M. y NAVALL, M., 2019. *Parámetros dasométricos de plantaciones de Prosopis alba Griseb (algarrobo blanco) del área de riego de la Provincia de Santiago del Estero* [en línea]. 27 mayo 2019. S.l.: Facultad de Ciencias Forestales. Santiago del Estero, Argentina. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333392663_Parametros_dasometricos_de_plantaciones_de_Prosopis_alba_Griseb_algarrobo_blanco_del_area_de_riego_de_la_Provincia_de_Santiago_del_Estero
- SERRANO, R., MORA DELGADO, J. y PIÑEROS VARÓN, R., 2014. Producción de biomasa forrajera bajo diferentes densidades de cobertura arbórea en una pastura del valle cálido del Magdalena Tolimense (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencia Animal* [en línea], vol. 7, no. 1, pp. 73-81. ISSN 2027-4297. Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/544>
- VARGAS SANJUR, J., ESTRADA ALVAREZ, J. y MORALES, C., 2014. Efecto de uso del suelo bajo un sistema silvopastoril estrella (*Cynodon plectostachyus*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) sobre las simbiosis (*Rhizobium*, Micorrizas). *Veterinaria y Zootecnia* [en línea], vol. 7, no. 2, pp. 28-36. DOI 10.17151/vetzo.2013.7.2.2. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287604751_Efecto_de_uso_del_suelo_bajo_un_sistema_silvopastoril_estrella_Cynodon_plectostachyus_y_leucaena_Leucaena_leucocephala_sobre_las_simbiosis_Rhizobium_Micorrizas.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Maura Isabel Díaz Lezcano: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Cynthia Carolina Gamarra Lezcano: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Mirtha Lucia Vera de Ortiz: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Andrea Victoria Santa Cruz Estigarribia: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional. Copyright (c) 2021 Maura Isabel Díaz Lezcano, Cynthia Carolina Gamarra Lezcano, Mirtha Lucia Vera de Ortiz, Andrea Victoria Santa Cruz Estigarribia

