

Cambios en el Contenido de Nitrógeno del Suelo con cultivos de Buffel Grass en el Chaco Árido de La Rioja

17

Ayan, Hugo*
Castro Ibarra, José
Collante Bustos, Jonathan
López, Matías
Alvarado, Isaías
Romero, Alejandro

* INDELLaR, UNLaR - Sede Regional Chamical, hayan@unlar.edu.ar

Cambios en el Contenido de Nitrógeno del Suelo con cultivos de Buffel Grass en el Chaco Árido de La Rioja

Resumen

El desmonte y posterior siembra de Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) es una práctica común de mejoramiento en la producción de pastizales de áreas degradadas en la provincia de La Rioja, pero existe poca información sobre los efectos de esta práctica en las propiedades del suelo. El objetivo fue evaluar el efecto de distintas herramientas de descompactación del suelo (rastra de discos y rolo trozador) y adición de estiércol sobre el contenido de N en el suelo en cultivos de Buffel grass en “Los Llanos de La Rioja” (Chaco Árido). El ensayo se realizó en cultivos con más de 10 años de establecida, esto es porque se observó que la producción disminuye a partir de esta edad. La toma de las muestras se realizó durante dos años consecutivos, el diseño experimental fue factorial con 2 factores, descompactación con 3 niveles (rolado, rastra de discos y sin laboreo) y Adición de estiércol con 2 niveles (con/sin adición estiércol). La hipótesis fue que la descompactación y la adición de estiércol producirían una modificación en los contenidos de N en el suelo. Los resultados obtenidos muestran que la descompactación produjo mejoras ($p = 0,0001$), mostrando al rolado como el tratamiento que mostró más beneficio con medias de 0,122 %, esto se observa con y sin la adición de estiércol bovino. Dado que la práctica de aplicación de estiércol no es frecuente en el área del estudio de este trabajo, se considera que estos resultados sientan las bases para incorporar esta propuesta dentro de buenas prácticas agrícolas para la región del Chaco árido.

Palabras clave

Rolado, estiércol bovino, compactación del suelo

18

Changes in Soil Nitrogen Content with Buffel Grass Tillage in the Arid Chaco of La Rioja

Abstract

Clearcutting and seeding of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) is a common practice for the improvement of rangeland production in degraded areas in the province of La Rioja, but there is insufficient information on the effects of this practice on soil properties. The objective of this study was to evaluate the effect of different soil decompaction tools (disc harrow and roller chopping) and manure addition on soil N content in Buffel grass tillage in ‘Los Llanos de La Rioja’ (Arid Chaco). The experiment was carried out on tillage with more than 10 years of establishment, because it was observed that production decreases from this age on. Sampling was carried out during two consecutive years, the experimental design was factorial with 2 factors, decompaction with 3 levels (roller chopping, disc harrow and no soil tillage) and addition of manure with 2 levels (with/without addition of manure). The hypothesis was that decompaction and manure addition would produce a change in soil N content. The results obtained show that decompaction produced benefits ($p = 0,0001$), with roller chopping as the treatment that showed the most benefit with a mean of 0,122 %, with and without the addition of bovine manure. Given that the practice of manure application is not frequent in the study area of this work, it is considered that these results establish the basis for incorporating this practice into the best agricultural practices for the arid Chaco region.

Keyword

Roller chopping, bovine manure, compaction soil

Introducción

Generalmente, cuando se piensa en incorporar pasturas a un establecimiento ganadero, es porque se necesita mayor cantidad y calidad de pasto. Pero hay que tener presente que las pasturas son solo una de las herramientas para mejorar la alimentación y, a través de ella, de la productividad (Prodeco, 2007).

Entre las especies forrajeras perennes introducidas y bien adaptadas a las condiciones del trópico seco se destaca el Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) (Ayerza, 1981; Ayerza, 1983; Frasinelli y Veneciano, 2014; Tessi et al., 2014). Esta especie requiere de ciertas labores de manejo para obtener y mantener un alto rendimiento por largo tiempo, como es la aplicación de nutrientes, el control de plagas y malezas, y/o la aplicación de abonos orgánicos (Cipej, 1990).

Distintos autores también mencionan al Buffel grass (BG) como una de las especies forrajeras introducidas de mayor adaptación en el NOA (Guevara et al., 2009; Biderbost et al., 2008; Giraudo, 2003), sobre todo en las áreas marginales, ya que esta especie ha contribuido en gran medida al desarrollo de la ganadería en la región subtropical, árida y semiárida (Griffa et al., 2011).

La inclusión de la pastura de BG en el sistema productivo en el Chaco Árido permite lograr tres objetivos fundamentales: 1) recuperar la capacidad forrajera de áreas altamente degradadas; 2) disminuir el impacto del pastoreo sobre pastizal natural, dado que la utilización se realiza durante el período de reposo de la vegetación, aportando a su recuperación; y 3) mejorar el manejo y cuidado de los animales durante el período crítico parición - servicio (Ferrando et al. 2013).

19

Ayan et al. (2010) en su trabajo sobre la variación de la cobertura del suelo en el Chaco Árido luego de 10 años de la implantación de BG en sitios con una condición pobre del pastizal, concluyen que la implantación de esta gramínea permite recuperar áreas degradadas y proteger el suelo de los procesos erosivos a los que está expuesto. Los resultados obtenidos muestran que las características físicas y químicas analizadas de los suelos son favorecidas por la incorporación del BG al sistema de pastoreo y que la dinámica de la materia orgánica está fuertemente relacionada con el tipo de suelo y con el manejo del mismo.

Estudios realizados por Silva et al. (1989) mencionan que la producción de pasturas de BG disminuye (MS ha-1año-1) a medida que envejece, en aquellos potreros que son utilizados sin descanso y con sobrecarga animal, que se traduce en una pérdida de plantas por metro cuadrado, esta pérdida de cobertura del BG produce cambios en las propiedades físico-químicas del suelo (Ibarra Flores et al., 1999). Estas propiedades, junto con las biológicas, determinan, entre otras, la productividad de los suelos, en consecuencia, el conocimiento de estas permite planificar mejor las actividades agrícolas adecuadas para cada caso en particular (Gavande, 1991).

Algunos autores mencionan que las causas de la disminución en la producción del BG pueden estar ocasionadas por una combinación de presencia de enfermedades (Patrocipes, 1995), deficiencia en la germinación y establecimiento durante la siembra (Castellanos et al., 2002), mortalidad de plantas adultas o escaso o nulo reclutamiento de nuevos individuos (Ibarra Flores et al., 2004) quedando parte del suelo compactado y desnudo, lo que lo deja expuesto a la erosión (Ayan et al., 2020). Esta compactación también podría tener su origen en que los sitios implantados tienen una historia de arbustización previa, en la cual, Kunst et al. (2003) mencionan como una variable presente en estos suelos, estudios realizados por Celaya et al. (2015) muestran que los cambios debidos a la transformación de arbustales a praderas de BG afectan la disponibilidad de agua a nivel de parcela, así como los reservorios de nitrógeno total y disponibilidad de nitrógeno inorgánico.

Con la ganadería en pastizales implantados se aceleró el desmonte masivo de arbustos y bosques nativos, lo que ha causado impactos negativos en la biodiversidad (figura 1), en la calidad de los suelos y, por lo tanto, en la sostenibilidad de los procesos productivos (Domínguez Núñez et al., 2020).



Figura 1. Potrero con poca cobertura de especies arbóreas y muy degradado.

20

Por esto, es necesario ejecutar ciertas prácticas de implantación de estos recursos para asegurar una adecuada densidad de plantas por m² y desarrollo del cultivo en cada una de sus etapas de su vida. La implantación del BG requiere cierta preparación del lote (se sacan arbustos indeseables, se rotura el suelo y se esparcen las semillas, si la arbustación es mínima con plantas de bajo porte, se pasa un rolo con cajón sembrador) para lograr la germinación y crecimiento de la especie como cualquier otro cultivo (Leal 2020). Blanco et al. (2013) indican que mediante el rolado y la siembra simultánea de BG es factible lograr, en el corto plazo, una rápida recuperación de la capacidad forrajera de las áreas degradadas de Los Llanos de La Rioja.

Superficies considerables de tierra están siendo destinadas a la siembra y a la cría con genética nueva en vez de aprovechar la genética adaptada a las condiciones reales del Chaco Árido, como consecuencia, sobre un 4% de la superficie se ha rolado e implantado pasturas exóticas, aumentando las áreas de pastoreo (Karlin, 2013).

Los desmontes totales, e inclusive los “selectivos” con implantación de pasturas megatérmicas exóticas, provocan rápidamente una disminución en la fertilidad del suelo por la falta de renovación de nitrógeno al suelo. En pocos años la productividad de estos pastizales termina mermando, dejando un suelo descubierto y altamente susceptible a degradación (Karlin, 2013b).

Numerosos trabajos de investigación reportan mejoras producidas en las propiedades edáficas tras la aplicación de enmiendas orgánicas, como son: incremento de la infiltración, mejora de la estructura del suelo y la formación de agregados, incremento en los nutrientes y materia orgánica, entre muchas otras (Shiralipour et al., 1992; Stocking y Albadalejo, 1994; Moldes et al., 2007).

La mayor parte del N del suelo está contenida en la MO de los animales, plantas, hongos y bacterias muertos

(Schlesinger y Bernhardt, 2013), pero en el corto plazo no es disponible para las plantas y solo mediante los procesos de descomposición y posterior mineralización vuelve a estar disponible. Los procesos de descomposición y mineralización son llevados a cabo por una comunidad muy dinámica de fauna y microorganismos descomponedores (Huxman et al., 2004; Osler y Sommerkorn, 2007).

Como antecedentes en la zona de estudio de este trabajo se encontró valores informados por Calella y Corzo (2006) para los suelos de la subregión de Loessoide oriental (misma área de estudio) es de 0,048 %. Castro (1993) reporta porcentajes de 0,075 % y 0,061 % para sitios con BG y Pastizal natural en condición pobre respectivamente en campos del Chaco árido. Posteriormente, ensayos realizados en la región mencionan para desmonte valores promedios de 0,06 % y para monte natural de 0,05 % (Gómez et al., 1998). En la zona de estudio se publicaron valores de 0,06 para suelos con BG y para suelos con monte natural degradado (Ayan et al., 2010). En otro trabajo, Ayan et al. (2020) informan los siguientes porcentajes para Entisoles del Chaco seco: para suelos con BG 0,096 % y para suelos con pastizal natural 0,079 %.

Berone et al. (2002) plantean un modelo de producción de forraje partiendo de que BG, es la forrajera introducida de mayor difusión en zona de estudio y que después de 5-6 años de la implantación es frecuente observar una disminución en la producción de forraje, generalmente asociada a una pérdida de fertilidad. Giraudo (2003) también señala que, con el paso del tiempo de establecido, la producción declina debido a la reducción de nitrógeno y fósforo, agrega que el movimiento del suelo aplicando el cincel o el arado de disco ayudará a la mineralización del nitrógeno orgánico.

21

Materiales y Métodos

La investigación realizada fue en la población de potreros sembrados con BG mayores a 10 años de antigüedad en los Llanos de La Rioja, para estos se eligió como sitio de muestreo un campo de producción bovina de cría de la zona (30°31'25.89"S, 65°59'0.75"O). En ella se realizó el ensayo con 5 repeticiones por tratamiento en distintos años (2017, 2018 y 2019).

La información recogida fue tomada en distintos momentos fisiológicos del cultivo, la duración del ensayo fue de 40 meses, la primera toma de datos se ejecutó al momento de establecer el experimento (setiembre de 2017), la fecha elegida responde a curvas de precipitaciones anuales, por lo que se tomó los primeros datos antes de las lluvias, esto permitió realizar una caracterización inicial de las parcelas a tratar, luego se realizó una evaluación completa de calidad de suelo durante la época de lluvia, los datos de productividad del cultivo se tomaron luego del periodo de crecimiento, seguidamente se realizó una evaluación parcial de suelos (fertilidad y biológica), en el segundo año del ensayo se realizó una evaluación completa de suelos, al tercer año se repitió la realizado en el 2º año, luego se hicieron los análisis con los datos obtenidos.

El diseño experimental utilizado fue Completamente Aleatorizado con estructura factorial de tratamientos, estos diseños se utilizan para estudiar los efectos producidos por dos o más factores y generalmente sus interacciones. Los datos obtenidos están dados por 2 factores: Laboreo con tres niveles: Rastra, Rolo y Sin laboreo, y Adición de estiércol con dos niveles: con aplicación y sin aplicación.

Tratamientos:

- 1) Rolado del suelo sin adición de estiércol (ROSE), solo se pasa del rolo trozador sobre la superficie elegida.
- 2) Rolado del suelo con adición de estiércol (ROCE), se aplica en la superficie de muestreo el estiércol y luego se pasa la herramienta.
- 3) Pasaje de rastra sin adición de estiércol (RASE), se aplica solamente una pasada con la herramienta sobre la superficie.
- 4) Pasaje de rastra con adición de estiércol (RACE), se aplica en la superficie de muestreo el estiércol y luego se pasa la herramienta.
- 5) Sin laboreo y sin adición de estiércol (TSE), este tratamiento mantiene las condiciones iniciales del ensayo (testigo)
- 6) Sin laboreo y con adición de estiércol (TCE), en esta superficie no se realizan trabajos de roturación (condición inicial), si se realiza la aplicación de estiércol sobre la superficie.

El muestreo de suelo se realizó al azar, en los primeros 30 cm de suelo, para cada condición de tratamiento se obtuvieron 5 muestras compuestas de 5 submuestras con un muestreador de tipo barreno. Las muestras que se llevaron al laboratorio de suelo se secaron al aire, tamizaron por malla de 2 mm y luego fueron almacenadas hasta su caracterización, química y biológica.

Nitrógeno total (Nt):

El método usado para la determinación de nitrógeno total, es el de Kjeldahl, con digestión en bloque de aluminio y destilación con aparato de Bouat.

22

Digestión: Se pesó en un tubo de digestión 1g de suelo seco, a este se le agregó 200 mg de mezcla catalítica y 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Los tubos se colocaron en un bloque de aluminio para darle calentamiento, elevando la temperatura hasta los 320 °C a esta se la mantuvo por 3,5 horas. Una vez que transcurrió este tiempo, se dejó enfriar los tubos y se agregaron aproximadamente 2,5 ml de agua destilada, luego se homogeneizó cada una de las muestras.

Destilación: Se transfirió el contenido del tubo al balón de destilación, para esto se utilizaron aproximadamente 25 ml de agua destilada, luego se puso el aparato en equilibrio térmico, en el balón que contiene la muestra digerida se le agregaron aproximadamente 30 granillas de NaOH (aproximadamente 3,5 g) y se colocó en el destilador, seguidamente comenzó el calentamiento, observando a partir de este momento los cambios de color en el vaso para poder agregar ácido para corregir, luego de unos 30 segundos en que no hay cambio de color, este se hace más brusco y profundo, con la llegada del líquido destilado, en esta etapa el agregado de ácido para la corrección se realizó con mucho cuidado, evitando que el pH de la solución se torne demasiado básico, aproximadamente al minuto, el cambio de color se realizó de forma gradual, cuando no hubo más cambio de color se continuó destilando por 15 segundos más, luego se retiró el mechero y se terminó la destilación, anotando el volumen de ácido gastado.



Figura 2. Imagen del rolo trozador utilizado.

Laboreo con rastra de disco: Se utilizó una rastra de 30 discos (se realizó al inicio del ensayo), el pasaje del mismo se realizó con el mismo vehículo con el que se pasó el rolo trozador.

23



Figura 3. Imagen de la rastra de disco utilizada.

Resultados y Discusión

El ANAVA mostró diferencias estadísticas para el factor laboreo ($p = 0,0001$), no así para el factor adición de estiércol ($p = 0,8940$), tampoco se verificó interacción entre ellos ($p = 0,9119$). La tabla 1 muestra la comparación de promedios para el factor Laboreo en los años de estudio, la cual muestra al nivel Rolado como el que se comportan de forma diferencial al resto.

Tabla 1: Valores encontrados para el Nt (%) en capa de suelo de 0-30 cm, medidas bajo diferentes labores del suelo, rastra, rolado y sin laboreo, al finalizar el estudio.

Laboreo	Medias (%)
Rolado	0,12251 a
Rastra	0,02235 b
Sin Laboreo	0,01905 b

Cuando analizamos los tratamientos, estos también se comportan de forma distintas mostrando diferencias estadísticas ($p = 0,0005$), en la tabla 2 se observa las medias encontradas para esta variable, los porcentajes descriptos para los tratamientos Rolado con y sin estiércol son los más altos, la comparación de medias (Fisher) se observa en la tabla.

Tabla 2: Valores encontrados para el Nt (%) en capa de suelo de 0-30 cm, medidas bajo diferentes tratamientos de rastra, rolado y sin laboreo, con adición o no de estiércol bovino al finalizar el estudio

Tratamientos	Media
RoSE	0,125 a
RoCE	0,120 a
RaCE	0,029 bc
TCE	0,019 bc
TSE	0,019 bc
RaSE	0,015 c

24

Los tratamientos con Rolado (RoCE y RoSE) tuvieron los mejores valores de Nt para los años en que se ejecutó el ensayo. Se encontraron valores similares a los informados por Silberman et al. (2015), para suelos con cobertura de Gatton panic en el Chaco árido de la provincia de Santiago del Estero, como se mencionó anteriormente este parámetro depende indirectamente de la humedad del suelo (Hang et al., 1995), los valores de Nt fueron más altos en los tratamientos donde había más humedad producto de una mejor cobertura del suelo que es dejado por el paso del Rolo trozador. El estiércol de origen vacuno constituye una fuente importante de material orgánico, con alta riqueza de nutrientes (Ryden, 1983) que se incorpora al suelo, pero los resultados del factor adición de estiércol no aumenta el contenido de Nt, por lo que se observa que el laboreo estaría permitiendo una mejor condición de humedad y de esta forma iniciar el proceso de mineralización del N (Whitford, 2003; Celaya y Castellanos, 2011).

Los tratamientos con Rolado (RoCE y RoSE) tuvieron los mejores valores de Nt para los años en que se ejecutó el ensayo. Se encontraron valores similares a los informados por Silberman et al. (2015), para suelos con cobertura de Gatton panic en el Chaco árido de la provincia de Santiago del Estero, como se mencionó anteriormente este parámetro depende indirectamente de la humedad del suelo (Hang et al., 1995), los valores de Nt fueron

más altos en los tratamientos donde había más humedad producto de una mejor cobertura del suelo que es dejado por el paso del Rolo trozador. El estiércol de origen vacuno constituye una fuente importante de material orgánico, con alta riqueza de nutrientes (Ryden, 1983) que se incorpora al suelo, pero los resultados del factor adición de estiércol no aumenta el contenido de Nt, por lo que se observa que el laboreo estaría permitiendo una mejor condición de humedad y de esta forma iniciar el proceso de mineralización del N (Whitford, 2003; Celaya y Castellanos, 2011).

Los valores que se observan para el contenido de Nt en los suelos estudiados están dentro del rango esperado para las zonas áridas (Palma y Segat, 2007). La tendencia es Laboreo > Sin Laboreo, en los tratamientos encontramos, que el Rolado en sus 2 niveles con porcentajes óptimos para el cultivo de BG. En los tratamientos Testigos y con pasaje de Rastra se encontraron coincidencias con los reportados por Castro (1993), Gómez et al. (1998), Callella y Corzo (2006), Ayan et al. (2010) y Ayan et al. (2020), los porcentajes para Rolado muestran valores más elevados que los encontrados en la literatura consultada, con muestras que llegaron a 0,375 %, como se hizo mención, las condiciones propiciadas por el pasaje de la herramienta estarían mejorando la mineralización del N del suelo, a través de un más favorable microclima en la interfase suelo-mantillo, sobre todo en cuanto a humedad del suelo (Bernhard-Reversat, 1982; Mazzarino et al., 1991; Belsky et al., 1993).

Conclusiones

Las técnicas planteadas para la modificación del contenido de N resultaron beneficiosas si lo comparamos con la situación original desde la que se partió, esta variable cobra mucha importancia ya que el aumento de ella trae consecuencias sobre la calidad del suelo y sobre la productividad del forraje.

25

El contenido de N aumentó, encontrando diferencias estadísticas con respecto a la situación inicial para los tratamientos que tuvieron rolado (con y sin la adición de estiércol), RoCE y RoSE.

Esto deja como información valiosa que el manejo del suelo de los potreros sembrados con BG después de 10 años de antigüedad, pueden recuperar índices de calidad óptimos para el cultivo de esta pastura con técnicas disponibles en la zona.

Referencias

- Ayan, H.; Hang, S. y Casanoves, F. 2010. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la geomorfología y el manejo en el Chaco Árido. Rev UNLaR Ciencia, Vol 1 (3): 2-9. ISSN.1515-5005.
- Ayan, H.; Manzano, L.; Bolaño, M.; Vera Díaz, J. 2020. Indicadores de calidad del suelo en entisoles del chaco seco con cultivos de buffel grass. XII Jornadas de Ciencia Tecnología y Arte Científico, 10 al 13 de noviembre de 2020. Universidad Nacional de La Rioja.
- Ayerza, R. 1981. El Buffel grass: Utilidad y manejo de una promisoria gramínea. Editorial Hemisferio Sur S.A., Buenos Aires Argentina.
- Ayerza, R. 1983. Leucaena (Leucaena leucocephala) en Villa Dolores Córdoba. En el Informe de la 2da Edición del Taller sobre arbustos forrajeros de zonas áridas y semiáridas, Mendoza, Argentina.

Belsky, A.; Mwonga, S. y Duxbury, J. 1993. Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agroforestry systems*, 24(1), 1-20.

Bernhard Reversat, F. 1982. Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna. *Oikos*, 321-332.

Berone, G.; Ferrando, C. y Namur, P. 2002. Efecto del laboreo del suelo y la fertilización nitrogenada en la Producción de forraje de pasturas de pasto buffel. *Revista Argentina de Producción Animal*. 22(1): 92-93.

Biderbost, E.; Perez, H.; Taleisnik, E.; Griffa S.; Grunberg K., Luna, C.; Ribotta, A.; Tomás, A.; Berone, G.; Pisani, M.; Cuatrín, A.; Borrajo, C.; Andrés, A.; Prina, A. y Díaz, D. 2008. Avances en el mejoramiento genético de especies forrajeras megatérmicas. En *Planteos ganaderos en siembra directa*. Revista Técnica de la Asociación Argentina de Productores. *Siembra Directa*, pp 45-48.

Blanco, L.; Namur, P.; Ferrando, C.; Rettore, A.; Namur, P.; Avila, R.; Molina, J. y Oriente, E. 2013. Evolución de la vegetación después del rolado y siembra de pastos nativos en La Rioja. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* Vol. 22. (56 – 67)

Calella, H. y Corzo R. (Eds). 2006. *El Chaco árido de La Rioja. Vegetación y suelos. Pastizales naturales*. INTA. Buenos Aires. 191 pp.

Castellanos, A.; Yanes, G. y Valdez Zamudio, D. 2002. Drought - Tolerant exotic buffel - grass and desertification. pp. 99-112. In: B. Tellman (ed.). *Weeds across borders. Proceedings of a North American Conference*, Arizona-Sonora Desert Museum. Tucson, Az, USA.

26

Castro, D. 1993. Efecto del *Cenchrus ciliaris* L. var. *Texas 4464* (Buffel grass) en el Contenido de Algunos Componentes Químicos de un Suelo de la Condición Pobre de los Llanos de La Rioja. Trabajo de Terreno. Carrera de Ingeniería de Recursos Naturales Renovables para Zonas Áridas. Universidad Nacional de La Rioja. Sede Chamical. Argentina. 56pp.

Celaya Michel, H. y Castellanos Villegas, A. 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana* 29: 343-356.

Celaya Michel, H.; García Oliva, F.; Rodríguez, J. y Castellanos Villegas, A. 2015. Cambios en el almacenamiento de nitrógeno y agua en el suelo de un matorral desértico transformado a sabana de buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link). *Terra Latinoamericana*, 33(1), 79-93.

C.I.P.E.J. (Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco). 1990. Marco de referencia sobre la ganadería de carne en el Sur de Jalisco. Folleto Informativo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco. Tuxpan, Jalisco, México. pp. 56.

Domínguez Núñez, J., Anriquez, A., Silberman, J., Kuns C. y Albanesi, A. 2020. Efficient Use of Soil in Silvo-pastoral Systems of Native Forests. In: Kumar S., Meena R.S., Jhariya M.K. (eds) *Resources Use Efficiency in Agriculture*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6953-1_14.

Ferrando, C.; Ávila, R.; Blanco, L.; Namur, P.; Molina, J. y Namur, P. 2013. Evolución de la vegetación después del rolado y siembra de *Cenchrus ciliaris* en La Rioja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. La Rioja Argentina. UNLPam Vol. 22. Serie supl. 2. Congreso de Pastizales ISSN 0326-6184.

Frasinelli, C. y Veneciano, J. 2014. Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. Matias E. Centeno (Editor). 1a ed. San Luis: Ediciones INTA. 180 pp. ISBN 978-987-521-472-9.

Gavande, S. 1991. Física de los Suelos, Principios y Aplicaciones. 8a Edición. Ed. Limusa. Méjico. 226 pp.

Giraudo, M. 2003. Buffelgrass, el pasto. Marca Líquida Agropecuaria, Córdoba, 13 (121):17-21.

Gómez, J.; Reynoso, A.; Ricarte, R.; Aguirre, E. y Romero, A. 1998. Efectos del Desmonte Mecánico y del Pastoreo Sobre las Condiciones de la Vegetación y el Suelo en un Ecosistema de Pastizal Natural. Estudios Sobre Pastizales Naturales y el Cultivo de La Tuna. Instituto de Zonas Áridas. Universidad Nacional de La Rioja. Argentina. 45 pp.

Griffa, S.; Ribotta, A.; Luna, C.; Bollati, G.; López Colombia, E.; Tommasino, E.; Carloni, E.; Quiroga M. y Grunberg, K. 2011. Evaluación morfológica del cultivar de buffelgrass "Lucero INTA-PEMAN" en condiciones de sequía. RIA Vol. 37:86-91.

Guevara, J.; Grunwaldt, E.; Estevez, O.; Bisigato, A.; Blanco, L.; Biurrun, F.; Ferrando, C.; Chirino, C.; Morici, E.; Fernandez, B.; Allegretti, L. y Passera, C. 2009. Range and livestock production in the Monte Desert, Argentina. Journal of Arid Environments 73: 228-237.

27

Hang, S.; Mazzarino, M.; Núñez, G. y Oliva, L. 1995. Influencia del Desmonte Selectivo sobre la Disponibilidad de Nitrógeno en Años Húmedos y Secos en Sistemas Silvopastoriles en el Chaco Árido Argentino. Agroforestería en las Américas. Año 2 N° 6.

Huxman, T.; Snyder, K.; Tissue, D.; Leffler, A.; Ogle, K.; Pockman, W.; Sandquist, D.; Potts, D. y Schwinnig, S. 2004. Precipitation pulses and carbon fluxes in semiarid and arid ecosystems. Oecologia 141:254-268.

Ibarra Flores, F. y Martín Rivera, M. 1999. Establecimiento del Zácat. En: Guía Práctica para el Establecimiento, Manejo y Utilización del Zácat Buffel. Capítulo II. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. México. Disponible en <http://www.patronipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P95009.html>. (acceso 16.05.22)

Ibarra Flores, F.; Rivera, M. y Ramírez, F. 2004. El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zácat buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. Técnica Pecuaria en México 42: 1-16.

Karlin, M. 2013. Cambio climático en zonas semiáridas: El caso Chaco Árido. Editorial Académica Española. 189 pp.

Kunst, C.; Ledesma, R.; Basan Nickish, M.; Gabriel, A.; Prieto, D. y Godoy, J. 2003. Rolado de fachinales e infiltración de agua en el suelo en el chaco occidental (Argentina). RIA 32 (3): 1:21.

Leal, K. 2020. ¿Cómo implantar y cosechar semilla de buffel grass?. Revista Tecno Árido Año 2, Vol 2: 81-82. INTA EEA La Rioja. La Rioja. Argentina.

Mazzarino, M.; Oliva, L.; Abril, A. y Acosta, M. 1991. Factors affecting nitrogen dynamics in a semiarid woodland (Dry Chaco, Argentina). *Plant and Soil*, 138(1), 85-98.

Moldes, A.; Cendón, Y. y Barral, M. 2007. Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design. *Bioresource technology*, 98(16), 3069-3075.

Osler, G. y Sommerkorn, M. 2007. Toward a complete soil C and N cycle: incorporating the soil fauna. *Ecology* 88: 1611-1621.

Palma, R. y Segat, A. 2007. Nitrógeno del Suelo. En *Principios de edafología: Con énfasis en suelos argentinos*. Conti, M. (Ed). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Pp 274 – 290.

PATROCIPES (Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora). 1995. Guía Práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate Buffel. Gob. Edo. Sonora - UGRS - SAGAR. Sonora, México. <https://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P95009.html>. (acceso 08.05.22).

PRODECO (Proyecto de Desarrollo del Centro Oeste de Formosa). 2007. Comportamiento de pasturas forrajeras en el Oeste Formoseño. Ministerio de Planificación, Inversión, Obras y Servicios Públicos Unidad Central de Administración de Programas Centro de Validación de Tecnologías Agropecuarias. Las Lomitas. 40 pp.

Ryden, J. 1983. Denitrification loss from grassland soil in the field receiving different rates of nitrogen as ammonium nitrate. *J. Soil Sci.* 34:355-365.

28

Schlesinger, W. y Bernhardt, E. 2013. *Biogeochemistry. An analysis of global change*. 3a ed. Academic Press. ISBN: 978-0-12-385874-0. San Diego, CA, USA. 673pp.

Shiralipour, A.; McConnell, D. y Smith, W. 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application. *Biomass and bioenergy*, 3(3-4), 261-266.

Silberman, J.; Aníquez, A.; Domínguez Núñez, J.; Kunst, C. y Albanesi, A. 2015. La cobertura arbórea en un sistema silvopastoril de Chaco y su contribución diferencial al suelo. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo* 33: 19-29.

Silva, M.; Martín, M.; Miranda, H.; Ibarra, F.; Carranza, J.; Torres, R. y Parra, M. 1989. Efectos del Manejo de las Praderas de Buffel Despues de Establecidas sobre el Potencial de Forraje y el Grado de Invasión de Rama Blanca. Clave P89007. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. Méjico. <https://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P89007.html>. (acceso 25.02.21).

Stocking, M. y Albaladejo, J. 1994. Refuse isn't rubbish!. *Ambio* 23:229-232.

Tessi, N.; Avila, J.; Edith, R.; Armando, R. y Ferrando, C. 2014. *Buffel grass Generalidades, implantación y manejo para recuperación de áreas degradadas*. (ed) INTA, Chamical, La Rioja, pp 1-20.

Whitford, W. 2003. *Ecology of desert systems*. *J Mammal*, 84: 1122-1124.