

DISPONIBILIDAD DE NITRATO Y AMONIO EN SUELO DEBIDO A LA MANCHA DE ORINA DE BOVINOS ALIMENTADOS CON LEGUMINOSAS

¹Tania Guadalupe Osorio Montor; ²Daniela Rangel Isais; ^{1*}Francisca Avilés Nova

Centro Universitario UAEM-Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca-Tejupilco Km. 67.5, C.P. 51300, Temascaltepec de González, Estado de México.
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas. Instituto Politécnico Nacional. Blvd. Del Bote S/N Cerro del Gato, Ejido La Escondida, C.P. 98160, Zacatecas, Zacatecas.
franavilesnova@yahoo.com.mx

RESUMEN

El nitrógeno contenido en la mancha de orina de bovinos en pastoreo, debido al consumo de leguminosas, puede provocar en el suelo acumulación de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) y generar impactos ambientales negativos. El objetivo del estudio fue evaluar la disponibilidad de nitratos y amonio en el suelo debido a la mancha de orina de ganado bovino alimentado con diferente proporción de heno de *Cynodon plectostachyus* y vaina de *Enterolobium cyclocarpum*. Los tratamientos fueron: T1= Urea en orina (20 kg/ha) de bovinos alimentados con 100%, *C. plectostachyus* a libre acceso, T2 = Urea en orina (36 kg/ha) de bovinos alimentados con 85% *C. plectostachyus* + 15% *E. cyclocarpum* y T3= Urea en orina (79 kg/ha) de bovinos alimentados con 70% *C. plectostachyus* + 30% *E. cyclocarpum*. Se simuló un sistema silvopastoril en 12 microparcelas de 1x1 m², cuatro parcelas por tratamiento donde se asperjó orina (1.5 L/tratamiento/microparcela). Se tomaron 4 muestras de 200 g de suelo por tratamiento durante 16 días para determinar amonio, nitrato, pH y humedad. La inclusión de leguminosas en la dieta de los rumiantes no mostró efecto sobre la concentración de amonio en suelo ($P>0.05$), la concentración de nitratos, presentó efecto ($P<0.05$), el T3 (30% de inclusión de *E. cyclocarpum*) presentó mayor concentración de nitratos. La mayor disponibilidad de nitrato y amonio en suelo se presentó entre el día 3 y 5 de muestreo. Los factores pH y humedad no fueron significativos en las concentraciones ($p>0.05$). Se concluyó que el nivel de inclusión de leguminosas en la dieta de bovinos no influyó sobre el contenido de amonio en suelo, sin embargo, existió influencia sobre los contenidos de nitrato en suelo.

PALABRAS CLAVE: *Enterolobium*; NH_4^+ ; nitrógeno; NO_3^- ; rumiantes.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es un elemento de gran importancia en la producción animal ya que es parte de los aminoácidos que conforman la proteína de tejidos y leche, (Francis *et al.*, 2007), además de ser parte de la estructura de la proteína de las dietas ofrecidas a los animales, conocida como Proteína Cruda (PC) (Nelson y Cox, 2000), la cual es utilizada para mantenimiento y producción. Una manera de proporcionar la PC en dieta es a través del forraje de leguminosas, ya que son una alternativa para mejorar la alimentación del ganado.



El N constituye un factor principal en la producción de forraje (Van der Hoek, 1998), no obstante, las plantas solo pueden absorberlo a través de las raíces en forma de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) (Oaks, 1994). Desafortunadamente, la producción de cultivos y en especial la ganadería, utiliza este elemento en una tasa deficiente (Steinfeld *et al.*, 2006). El ganado bovino ocupa sólo una parte del nitrógeno consumido (5 al 10% en bovinos carne y del 20 al 25% para razas lecheras), el excedente de N regresa al medio a través de las excretas (Whitehead, 1995). El nitrógeno excretado depende de factores como consumo de materia seca, concentración de proteína y la digestibilidad de la dieta (Salazar, 2006). Un alto contenido de N en heces y orina de los animales puede tener efectos negativos en la calidad del agua, además de promover la liberación de compuestos nitrogenados a la atmosfera como óxido nitroso (N_2O) y a la capa del suelo en forma de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) (Galloway *et al.*, 2004). El N perdido a través de la lixiviación en forma de nitrato empobrece el ecosistema y estimula la acidificación de los suelos y el lavado de cationes tales como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ . Además, causa problemas graves en la calidad del agua subterránea y de los ríos corriente abajo (Benimeli *et al.*, 2019). A nivel mundial, se realizan esfuerzos para crear y desarrollar estrategias de alimentación para mejorar la utilización de N por parte de los animales, reducir las pérdidas y minimizar el impacto ambiental asociado con los sistemas de producción. Reducir el exceso de N en la dieta limita el contenido de N en las excretas, por lo que desarrollar dietas que satisfagan las necesidades de los animales ayuda a prevenir la excreción excesiva de N y otros nutrientes (Klopfenstein *et al.*, 2002). El objetivo del trabajo fue evaluar la disponibilidad de nitratos y amonio en el suelo debido a la mancha de orina de ganado bovino sometido a una dieta con diferentes proporciones de heno de *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg y vaina de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo experimental se realizó en el sur del Estado de México, en la unidad de producción agropecuaria "Rancho El Peñón", en la localidad de El Peñón, municipio de Temascaltepec, ubicado a una latitud de $19^\circ, 3', 4.85''$ y longitud de $100^\circ, 6', 57.59''$, a 1845 msnm durante los meses de julio-septiembre 2021.

Metodología

Se utilizó una pradera de *Cynodon plectostachyus*, donde se simuló un sistema silvopastoril, asperjando orina de bovinos alimentados con diferente proporción de vaina de *Enterolobium cyclocarpum* en la dieta. Los tratamientos fueron: T1= Urea en orina (20 kg/ha) de bovinos alimentados con 100% *C. plectostachyus* ad libitum T2 = Urea en orina (36 kg/ha) de bovinos alimentados con 85% *C. plectostachyus* + 15% *E. cyclocarpum* y T3= Urea en orina (79 kg/ha) de bovinos alimentados con 70% *C. plectostachyus* + 30% *E.* Para la obtención de la orina de cada tratamiento se utilizaron 2 bovinos doble propósito cada uno con peso vivo de 300 ± 50 kg. En la pradera se delimitaron 12 microparcels de 1m x 1m cada una (4 microparcels por tratamiento). Cada microparcels se asignó para muestras de suelo para determinar nitratos y amonio. La orina de cada tratamiento se asperjó al suelo en cada microparcels (1.5 L/tratamiento/microparcels). Se realizaron 16 muestreos: M1 (referencia, sin aplicación de tratamientos), M2 (Aplicación de tratamientos), M3



(Aplicación de tratamientos), M4-8 (muestreos diarios post aplicación tratamientos). Posteriormente cada tercer día hasta completar 16 días de muestreos. En cada día de muestreo, se tomó una muestra de 200 g por microparcela para determinación de humedad, pH, nitratos y amonio. Para la determinación de nitratos y amonio de cada muestra se realizó lo siguiente:

Se tomó una muestra de suelo a 10-20 cm de profundidad con una barrena. Se separó manualmente la muestra de suelo, eliminando residuos de la planta, raíces, gusanos, etc. Se pesaron 5 g de suelo húmedo en frascos de plástico, se agregó agua destilada hasta aforarse todos a la misma medida. Los tubos se colocaron en la centrifuga durante 10 minutos a 6000 rpm. El líquido resultante se filtró mediante papel filtro Whatman grado 2 para obtener la muestra líquida para el análisis. Para la cuantificación de amonio se realizó la aplicación del reactivo Neesler y para nitrato el método conocido con el nombre de Reducción de Cadmio, en el cual los iones de nitrito reaccionan en un medio ácido con ácido sulfánilico para formar una sal diazonium intermedia utilizando un HI 83215 Nutrient Analysis Photometer HANNA Instruments ®.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron mediante un Analisis de varianza (ANOVA) para un diseño de bloques al azar, cuando existieron diferencias entre medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.005$), además de un Analisis de correlación de Pearson para mostrar la influencia de los factores pH y Humedad en la disponibilidad de nitratos y amonio a través del paquete estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Amonio en suelo

Los valores promedio de amonio en suelo debido a la mancha de orina de bovinos alimentados con diferentes porcentajes de vaina de *E. cyclocarpum* en dieta mostraron variabilidad a lo largo del periodo de muestreo ($P < 0.0001$) (Cuadro 1). La concentración de amonio debido a la orina de los diferentes tratamientos no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$).

Es posible observar en la tabla 1 el aumento de la concentración promedio de Amonio, al momento de la aplicación de la orina (día 2-3), ya que la aplicación de compuestos nitrogenados favorece al incremento de bacterias fijadoras para que el proceso de mineralización se llevase a cabo. La disminución de la concentración se puede atribuir a que el consumo del N para realizar el proceso de mineralización ocurrió rápidamente (Celaya-Michel, 2011).

Cuadro 1. Media y desviación estándar de mg/L de NH_4^+ durante el periodo de muestreo.

Días de muestreo	Media mg/L NH_4^+	Desviación Estándar
1	2.00 ^{bcde}	1.19
2	6.98 ^{abc}	1.84



3	9.34 ^a	7.06
4	6.25 ^{abcd}	1.29
5	7.86 ^{ab}	2.71
6	0.18 ^e	0.05
7	0.02 ^e	0.01
8	0.24 ^e	0.03
9	0.05 ^e	0.02
10	0.04 ^e	0.01
11	0.05 ^e	0.00
12	0.04 ^e	0.00
13	0.05 ^e	0.01
14	1.20 ^{cde}	1.00
15	0.68 ^{de}	0.88
16	0.75 ^{de}	1.00

Los valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre días de muestreo.
mg/L= miligramos/Litro. NH₄⁺= Amonio

Cuadro 2. Media y desviación estándar de mg/L de NO₃⁻ en el periodo de muestreo.

Días de muestreo	Media mg/L NO ₃ ⁻	Desviación Estándar
1	113.333 ^a	43.68
2	36.41 ^c	6.51
3	238.33 ^a	56.86
4	192.46 ^a	45.20
5	224.44 ^a	26.78
6	15.46 ^c	5.87
7	6.21 ^c	1.92
8	19.28 ^c	6.76
9	5.70 ^c	3.40
10	13.88 ^c	3.10
11	23.40 ^c	7.60
12	25.08 ^c	5.22
13	25.53 ^c	4.86
14	27.73 ^c	8.34
15	27.85 ^c	4.50
16	33.80 ^c	1.41

Los valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre días de muestreo.
mg/L= miligramos/Litro. NO₃⁻= nitrato



Nitrato en suelo

La concentración de NO_3^- debido a la mancha de orina de bovinos alimentados con diferentes porcentajes de leguminosas presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro 2). El T3 (30% de inclusión de *E. cyclocarpum*) presentó mayor concentración de nitratos. Además, entre días de muestreo existió diferencia significativa ($P < 0.0001$).

Relación entre mg/L de Amonio y Nitrato y parámetros químicos del suelo.

El análisis de correlación de Pearson mostró una correlación negativa en los días de muestreo y la disponibilidad de amonio ($r = -0.567$, $P = 0.000$) y nitrato ($r = -0.546$, $P = 0.000$), es decir, que conforme aumentaron los días de muestreo, la concentración de estos disminuyó, mismo que se muestra en el cuadro 1 y 2. En adición a esto, la tasa de mineralización mejora cuando el suelo se encuentra debajo de árboles o arbustos de leguminosas, debido a los nódulos de sus raíces y a la deposición constante de nitrógeno por la hojarasca que estos generan (Celaya-Michel, 2011). Por lo tanto, debido a que el proyecto consistió en una simulación de SSP, no hubo otra fuente de N significativa durante el experimento sólo el efecto del parche de orina aplicado y las precipitaciones, lo cual explica la disminución de NH_4^+ después de un cierto periodo de tiempo. No obstante, el análisis presentó correlación positiva entre los valores de amoniaco y nitrato ($r = 0.806$, $P = 0.000$), es decir, aumentaron los valores de concentración de amoniaco en suelo y de la misma manera los de nitrato. Las excretas de mamíferos herbívoros son uno de los principales impulsores de la disponibilidad de N en suelo (Bargett, 2005). Debido a que las concentraciones de estas formas de N son más altas en el pastoreo se podría favorecer a un mayor efecto de la orina de estos animales sobre los procesos biológicos del suelo para mantener un sistema con disponibilidad de nutrientes. Los factores de pH y Humedad no fueron significativos sobre la disponibilidad de amonio y nitrato en suelo ($P > 0.05$). El factor pH mantuvo una correlación negativa con la media de amonio ($r = -0.020$) y una relación positiva con el nitrato ($r = 0.063$). Celaya-Michel (2011) menciona que la volatilización de amonio ocurre en suelos con pH de 7 o mayor a este, lo cual pudo haber sucedido ya que el pH del suelo en algunos muestreos fue cercano o incluso mayor a 7.

CONCLUSIONES

En la simulación del uso de un sistema silvopastoril (gramínea- leguminosa), la disponibilidad de nitratos y amonio en el suelo debido a la concentración de urea de la mancha de orina de bovinos alimentados con diferentes proporciones de heno de *C. plectostachyus* y vaina de *E. cyclocarpum*, presentó variabilidad a través de los días de muestreo. Se presentó mayor concentración de NO_3^- en el suelo con la mancha de orina de los bovinos alimentados con 30% de *E. cyclocarpum* lo que indica que puede generar impactos negativos ambientales debido a la concentración excesiva de nitratos en el suelo, ya que se generaría una elevada pérdida de esta vía lixiviación hacia aguas subterráneas y posteriormente en aguas superficiales.



BIBLIOGRAFÍA

- Bardgett, R. (2005). *The Biology of Soil: A community and ecosystem approach*. Oxford University Press. DOI:10.1093/acprof:oso/9780198525035.001.0001
- Benimeli, M., A. Plasencia, R.D. Corbella, D.A. Guevara, A. Sanzano, F.A. Sosa y J. Fernández. (2019). El nitrógeno del suelo. Cátedra de edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.
- Francis, C.A., J.M. Beman & M.M. Kuypers. (2007). New processes and players in the nitrogen cycle: the microbial ecology of anaerobic and archaeal ammonia oxidation. *The ISME Journal* 1:19-27.
- Galloway J.N., F.J. Dentener, D.G. Capone, E.W. Boyer, R.W. Howarth, S.P. Seitzinger, G.P. Asner, C.C. Cleveland, P.A. Green, E.A. Holland, D.M. Karl, A.F. Michaels, J.H. Porter, A.R. Townsend & C.J. VÖrÖsmarty. (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* 70 (2): 153-226.
- Klopfenstein, T.J., A. Rosalina, G. Cromwell, E.E. Galen, D. Fox, C. Pearson, L.D. Satter, A.L. Sutton, D.H. Baker, A. Lewis & D. Meyer. (2002). Animal Diet Modification to Decrease the Potential for Nitrogen and Phosphorus Pollution. *Council for Agricultural Science and Technology* No. 21.
- Nelson, D., M. Cox, & A. Lehninger. (2000). *Lehninger principles of biochemistry*. Worth Publishers. 3RD edn. New York, U.S.A. 1152 p.
- Oaks, A. (1994). Efficiency of nitrogen utilization in C3 and C4 cereals. *Plant Physiol* 106 (2): 407-414.
- Salazar, J. (2005). El Nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana* 17(1): 69-77.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales y C. De Haan. (2006). *La larga sombra del Ganado*. FAO, Roma, Italia.
- Van der Hoek K.W. (1998). Nitrogen efficiency in global animal production. *Environmental Pollution* 102 (1): 127-132.
- Whitehead D.C. (1995). *Grassland nitrogen*. CAB International. Londres. 396 p.

