



**XXIX Congreso Argentino
de la Ciencia del Suelo**
Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro
San Fernando del Valle de Catamarca,
Prov. de Catamarca, Argentina
21 al 24 de mayo de 2024



EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE N₂O PROVENIENTES DE EXCRETAS BOVINAS EN UN SISTEMA PASTORIL

Banegas, N.^{1,2*}, Viruel, E.¹, Grucci, V.¹, Beltrán, M.³ y Cosentino, V.^{3,4}.

¹Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS), Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), INTA; ²Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria (FAZyV) Universidad Nacional de Tucumán (UNT); ³Instituto de Suelos, Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRN), INTA; ⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); *Chañar Pozo S/N, (4111) Santa Rosa de Leales, Prov. De Tucumán, banegas.natalia@inta.gov.ar

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo fue cuantificar la emisión de N₂O proveniente de suelo, orina y heces en un sistema pastoril bovino con *Chloris gayana* cv Finecut. Se trabajó, en un diseño en bloques completos al azar, con 3 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento: suelo, orina y heces. Las muestras de N₂O se recolectaron del interior de cámaras estáticas no ventiladas entre las 9 y 13 a.m., a diferentes intervalos de tiempo (0, 20 y 40 minutos) luego de cerrar las cámaras. Paralelamente, se tomaron muestras para determinación de humedad gravimétrica y de densidad aparente a 0-10 cm de profundidad. La emisión de N₂O presentó un patrón similar para todos los tratamientos evaluado en el tiempo, evidenciándose dos picos. El primero se produjo dentro de los 15 días de aplicación de los tratamientos, con el máximo valor registrado en el día 12 para los tratamientos de orina y heces (2644,22 ± 596,98 y 118,31 ± 19,55 µg N₂O-N m² hora, respectivamente). En suelo, el máximo valor se observó el día 5 (25,59±0,58 N₂O-N m² hora). El segundo pico se produjo a los 54 días en relación directa con el contenido de agua en suelo. Tanto en emisión de N₂O puntual como la acumulada, el tratamiento con orina presentó valores significativamente mayores seguido por heces y finalmente suelo (p<0,05). Los resultados del trabajo muestran que la emisión de N₂O en sistemas pastoriles del Chaco Seco estuvo influenciada por las precipitaciones y la composición de las excretas. Dado que la composición de las mismas se encuentra fuertemente relacionada a la calidad de la pastura y la diversidad de configuraciones y estrategias de manejo de sistemas bovinos, sería interesante continuar evaluando las pérdidas de N₂O en este y otros sistemas de producción de relevancia en la región.

PALABRAS CLAVE: óxido nitroso, excretas bovinas, sistemas pastoriles

INTRODUCCION

En Argentina, los sistemas ganaderos contribuyen al 15% de las emisiones totales (Gobierno Argentino, 2017). Estudios en sistemas ganaderos típicos de la región central Argentina estimaron emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) teniendo en cuenta tipos de sistemas de producción (cría, recría y terminación), y sostienen que el 76% de las emisiones son de CH₄ y el 24% de N₂O, aunque sus proporciones varían según el sistema y las categorías de los animales (Nieto et al., 2019). El N₂O es un gas con efecto invernadero (GEI) cuyo potencial de calentamiento global equivale a 296 veces el causado por el dióxido de carbono (CO₂). Los suelos con actividad ganadera pueden emitir N₂O en forma directa, a partir del nitrógeno aplicado a los cultivos agrícolas

Organizado por:



y/o pasturas; y/o de las deyecciones sobre/en los suelos dedicados a la producción animal. (Taboada et al. 2018).

En los sistemas pastoreados, la mayoría de las emisiones de N₂O se producen a partir de los parches de orina, mientras que la emisión desde las heces es sensiblemente menor. Si bien la contribución de las excretas animales a las emisiones de N₂O del suelo pueden ser bajas, estas podrían ser de relevancia una vez extrapolada al área total de pastoreo (Pérez et al., 2023)

Los sistemas pastoriles bovinos del Chaco Seco con pasturas megatérmicas, todavía no reportan valores de emisión de N₂O provenientes de las excretas generadas. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la emisión de N₂O proveniente de suelo, orina y heces en un sistema pastoril bovino con *Chloris gayana* cv Finecut

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-INTA, 27°11'34.82"S, 65°14'47.28"O), situado en el Chaco Seco argentino, subregión de la Llanura deprimida salina de Tucumán.

El clima es subhúmedo con una estación invernal seca bien definida (abril a octubre). El suelo es un Haplustol fluvacuéntico de textura franco limosa, con un relieve subnormal. El estudio se realizó entre diciembre de 2022 a marzo de 2023. La precipitación promedio es de 838 mm, con un coeficiente de variación interanual del 25 %. La temperatura media anual es de 19 °C, con extremos de 25 °C en enero y 13 °C en julio.

Se trabajó en un sistema pastoril con *Chloris gayana* cv Finecut de 22 años de implantación, en un diseño en bloques completos al azar, con 3 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento: suelo, orina y heces. Se utilizaron cámaras estáticas (33x24cm interna). Las bases fueron colocadas en suelo 48 horas antes al inicio de medición y no fueron removidas durante el periodo de estudio (93 días) (Alves et al., 2012). Las muestras de heces y orina de los animales fueron recolectadas en campo y manga el día anterior y conservadas en cámara fría a 4°C. En la totalidad de la parcela se aplicaron los tratamientos correspondientes con 17 l de orina y 17 kg de heces. Para mejorar la calidad de los datos, dentro de cada cámara de medición se agregó un equivalente a 1,2 l de orina, y 1,2 kg de excreta sólida, correspondiente a la categoría animal presente en el sistema pastoril (Lessa et al .2014).

Las muestras de N₂O se recolectaron del interior de las cámaras estáticas no ventiladas entre las 9 y 13 a.m. (Cosentino et al., 2012). La recolección se realizó a intervalos de tiempo 0, 20 y 40 minutos luego de cerrar las cámaras. La toma de muestra se realizó 5 días consecutivos luego de la aplicación de los tratamientos, luego a intervalos de 1 día, 2 días, 3 días, y finalmente a una vez por semana hasta alcanzar los 93 días de medición.

El N₂O de cada cámara fue extraído con jeringas de 60 ml y trasvasado a viales de 10 cm³ mediante el uso de una bomba de vacío. La concentración de N₂O fue determinada en cromatógrafo gaseoso GC 6890 Agilent Technologies Network. El flujo de N₂O fue calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{\Delta C \times V \times m}{\Delta t \times A \times V_m}$$

Donde: ΔC es el cambio en el contenido de N₂O en el período de incubación (Δt), en una cámara de 0.007 dm³ (V) y un área de 0.0792 m² (A); m es la masa molecular de N₂O; y V_m es el volumen molar N₂O. El cambio en el contenido de N₂O en el período de incubación es la tasa de emisión.

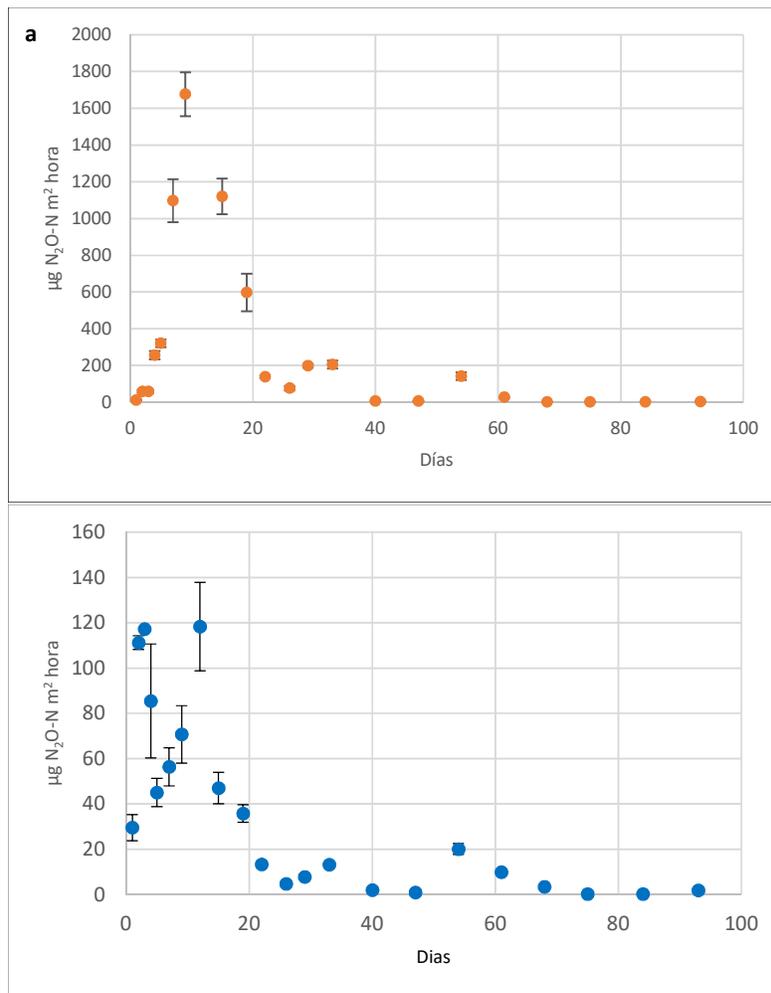
Paralelamente en cada unidad de muestreo se tomaron muestras para determinación de humedad gravimétrica (a igual frecuencia de muestreo que la toma de muestras de N₂O) y de densidad

aparente a 0-10 cm de profundidad. Estas variables se utilizaron para el cálculo de porcentaje de poros llenos con agua.

Se realizó un análisis de variancia y la prueba Tukey ($p \leq 0,05$) para detectar diferencias significativas entre tratamientos en el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2020)

RESULTADOS Y DISCUSION

La emisión de N_2O presentó un patrón similar para todos los tratamientos evaluados en el tiempo, evidenciándose dos picos. El primero de ellos, se produjo dentro de los 15 días de aplicación de los tratamientos, con el máximos valor registrado en el día 12 para los tratamientos de orina $2644,22 \pm 596,98 \mu\text{g } N_2O-N \text{ m}^2 \text{ hora}$ y heces $118,31 \pm 19,55 \mu\text{g } N_2O-N \text{ m}^2 \text{ hora}$. En suelo control, el máximo valor se observó el día 5 siendo de $25,59 \pm 0,58 N_2O-N \text{ m}^2 \text{ hora}$ (Fig. 1).



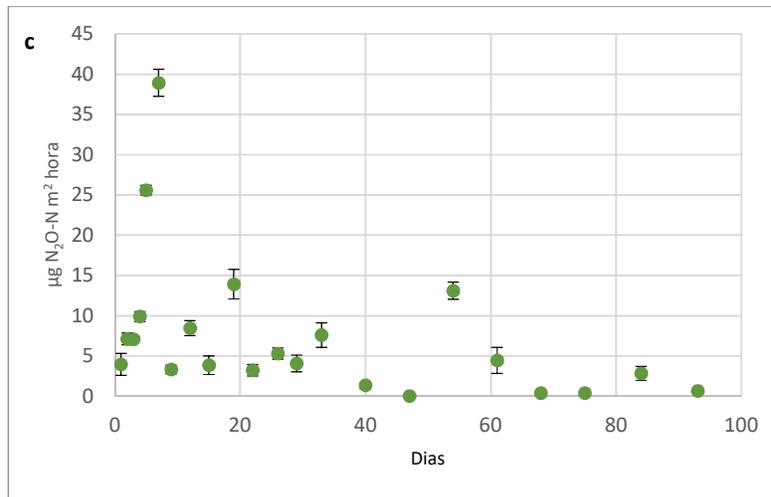


Figura 1. Evolución de las emisiones de N₂O en los 93 días de evaluación para los tratamientos: **a. Orina, b. Heces y c. Suelo**

La emisión de N₂O está influenciada por la cantidad de excretas, su concentración de N y las formas en que este elemento está presente (Mazzeto et al., 2014; Ongaratto et al., 2023). Cada tipo de excreta (orina y heces) presenta diferentes formas de N. Más del 70% del N urinario está presente en forma de urea, por lo tanto, es fácilmente hidrolizado por la enzima ureasa y convertido en NH₄⁺ y N₂O, y es por ello en este estudio se reportan los mayores valores de emisión de N₂O en el tratamiento de aplicación de orina. Mientras que, en las heces, la mayoría del N está presente en formas de NH₂ orgánicas, que provienen del alimento indigestible, productos metabólicos de la digestión y células bacterianas (Sordi et al., 2014; Ordoñez-Vargas et al., 2023), por lo tanto, está menos disponible para la hidrólisis, presentándose picos de emisión menores con respecto a orina. Es importante destacar también que, junto a la alta disponibilidad de N en estos tratamientos, el día de aplicación de los tratamientos se registraron precipitaciones de 18.2 mm, las cuáles aumentaron el EPSA (Fig. 2). Cuando el EPSA es elevado, se incrementa el proceso de desnitrificación y como consecuencia la emisión de N₂O, (Cardoso et al., 2016). De igual manera, el pico observado el día 54 en todos los tratamientos (Fig. 1) también está relacionado a días previo de medición con precipitaciones de 11.4 mm y 24.2 mm.

Tanto para la emisión de N₂O puntual como la acumulada, el tratamiento con orina presentó valores significativamente mayores de emisión de N₂O seguido por heces y finalmente suelo control ($p < 0,05$) (Fig. 1 y 3). Estos resultados son coincidentes con los reportados por otros autores (Cardoso et al., 2016; Ongaratto et al., 2023) en excretas animales y aplicación de abonos orgánicos como consecuencia de la incorporación de N y formas de N rápidamente disponibles al suelo.

El contenido de agua en suelo juega un rol fundamental en la disponibilidad de oxígeno, y por ende en la actividad de los microorganismos anaeróbicos en el suelo (Davidson, 1991). En ambos momentos de pico observados en el tiempo de evaluación, el porcentaje de poros llenos de agua estuvieron entre valores del 80-90% (Fig. 2). Si bien, la máxima emisión de N₂O se registra entre un 70-80%, los valores reportados en este estudio se registran por debajo de 90%, límite al cual se considera que a valores superiores, la desnitrificación está completa (Davidson 1991).

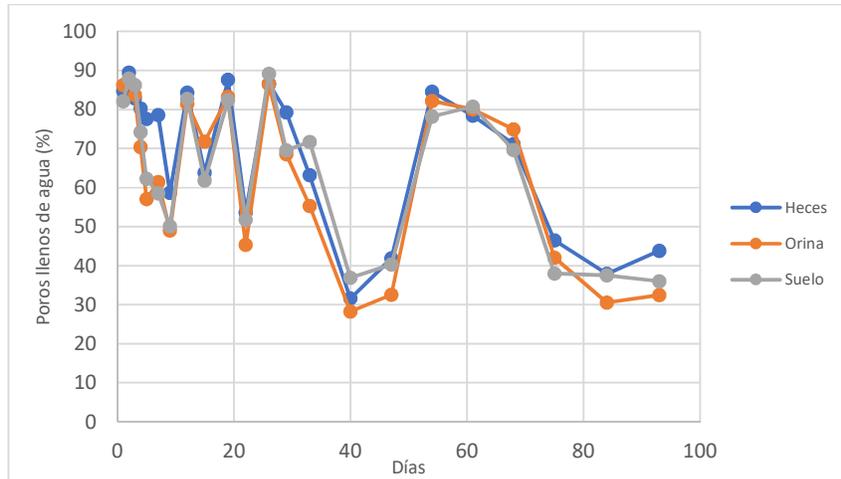


Figura 2. Porcentaje de poros llenos de agua para los diferentes tratamientos durante el período evaluado.

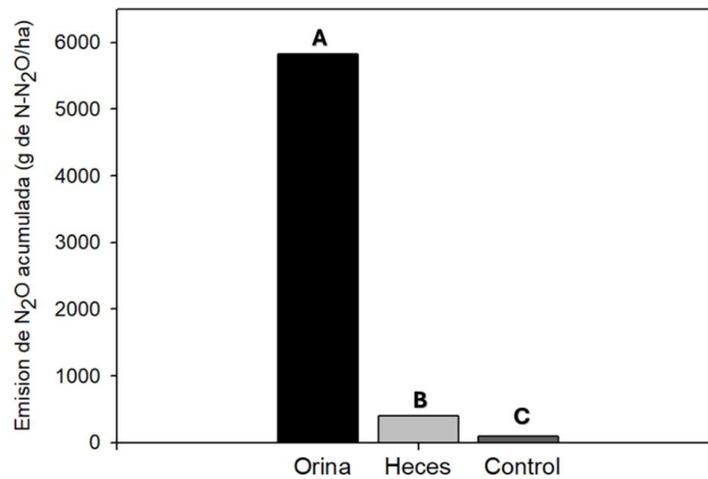


Figura 3. Emisión de N₂O acumulada desde el suelo Control (■) y luego de la aplicación de la orina (■) y las heces (■). Las diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05) entre los tratamientos.

Los menores valores observados en el tratamiento con heces luego de los primeros 15 días (Fig. 1) pueden estar relacionados a un desecamiento y encostramiento de estas, lo que de acuerdo a lo expresado por algunos autores causa una reducción en los flujos de N₂O y una disminución del N adicionado por las excretas sólidas (Saggar et al. 2004; Cardoso et al., 2016).

La disminución de las emisiones de N₂O desde el tratamiento con orina en el tiempo es concordante con lo reportado por otros autores, los cuáles observaron que más del 95% de las emisiones en parches de orina se producen en la primera mitad de período analizado (43 días) (Cardoso et al., 2016). Lessa et al. (2014) encontraron que luego de los 30 días de aplicación, el tratamiento con aplicación de orina no mostró diferencias en los flujos de N₂O con respecto al testigo (suelo). Resultados similares reportamos en este estudio a partir del día 26.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo muestran que la emisión de N₂O en sistemas pastoriles del Chaco Seco estuvo influenciada tanto por las precipitaciones como por la composición de las excretas (contenido de humedad y forma nitrogenadas). Por esto, es posible que en otras

situaciones ambientales y/o composiciones, las emisiones de N₂O se vean afectadas. Dado que la composición de las excretas se encuentra fuertemente relacionada a la calidad de la pastura y la diversidad de configuraciones y estrategias de manejo de sistemas bovinos, sería interesante continuar evaluando las pérdidas de N₂O en este y otros sistemas de producción de relevancia en la región.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, B.J.R., Smith, K.A., Flores, R.A., Cardoso, A.S., Oliveira, W.R.D., Jantalia, C.P., Urquiaga, S. y Boddey, R.M. (2012). Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N₂O flux from soils. *Soil Biol Biochem.*, 46:129-35. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.022>
- Cardoso A.d.S., Alves B.J.R., Urquiaga S. y Boddey R.M. (2016). Effect of volume of urine and mass of faeces on N₂O and CH₄ emissions of dairy-cow excreta in a tropical pasture. *Anim. Prod. Sci.* 58(6):1079. <https://doi.org/10.1071/AN15392>.
- Cosentino, V.R.N., Fernandez, P.L., Figueiro, S.A. y Taboada, M.A. (2012) N₂O emissions from a cultivated mollisol: Optimal time of day for sampling and the role of soil. *Rev Bras Cienc Solo.*, 36:1814-9. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600015>
- Cosentino, V., Romaniuk, R., Mórtoła, N., Otero Estrada, E., Martinek, N., Beltran, M., Costantini, A., Imhoff, S. y Taboada, M. (2023). Nitrification inhibitor addition to farm dairy effluent to reduce nitrous oxide emissions. *Rev Bras Cienc Solo.*, 48:e0230039. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230039>
- Davidson, E.A. (1991). Fluxes of nitrous oxide and nitric oxide from terrestrial ecosystems. In: Rogers JE, Whitman W, editors. *Microbial production and consumption of greenhouse gases: Methane, nitrógeno oxides, and halomethanes*. Washington: American Society for Microbiology (pp 219-35).
- Di Rienzo, J.Á., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2020) InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gobierno Argentino. (2017). Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Segundo informe bienal de actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. República Argentina. Capítulo 2 (pp 37-69).
- Lessa A.C.R., Madari B.E., Paredes D.S., Boddey R.M., Urquiaga S., Jantalia C.P. y Alves B.J.R. (2014). Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. *Agric. Ecosyst. Environ.* 190:104–111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.010>
- Mazzetto, A.M., Barneze, A.S., Feigl, B.J., Van Groenigen, J.W., Oenema, O. y Cerri, C.C. (2014). Temperature and moisture affect methane and nitrous oxide emission from bovine manure patches in tropical conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 76: 242-248. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.05.026>.
- Nieto, M., Frasinelli, C., Frigerio, K., Reiné, R., Y Barrantes, O. (2019). Estrategias de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos bovinos extensivos del sur de San Luis, Argentina. Estudio de casos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(3): 404-41.
- Ongaratto, F., Fernandes, M.H.M.d.R., Dallantonia, E.E., Lima, L.d.O., Val, G.A.d., Cardoso, A.d.S., Rigobello, I.L., Gomes, L.M., Reis, R.A., Ruggieri, A.C., et al. (2023). Effect of the Interaction between Excreta Type and Nitrogen Fertilizer on Greenhouse Gas and Ammonia Emissions in Pastures. *Atmosphere*, 14: 492. <https://doi.org/10.3390/atmos14030492>

- Ordoñez-Vargas, W.F, Posada-Ochoa, S.L. y Rosero-Noguera, R. (2023). Emisiones de gases de efecto invernadero por aplicación de excrementos bovinos al suelo Ordoñez-Vargas Información Tecnológica Vol. 34(1), 101-116. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642023000100101>
- Pérez, M. G., Romaniuk, R.I., Cosentino, V. R. N., Melani, E., Otondo, J., Bailleres, Matías, Costantini A.O. (2023). Jerarquización de variables reguladoras de la emisión de N₂O en suelos hidromorfo de uso ganadero XXXVIII Congreso Brasileiro de la ciencia del Suelo. XXIII Congreso Latino americano de la ciencia del suelo. Florianopolis, Brasil.
- Saggar, S., Bolan, N.S., Bhandral, R., Hedley, C.B., Luo, J.A. (2004). Review of emissions of methane, ammonia, and nitrous oxide from animal excreta deposition and farm effluent application in grazed pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **47**, 513–544. doi:[10.1080/00288233.2004.9513618](https://doi.org/10.1080/00288233.2004.9513618)
- André Sordi, A., Dieckow, J., Bayer, C., Albuquerque, M.A., Piva, J.T., Acordi Zanatta, J., Tomazi, M., Machado da Rosa, C., y de Moraes, A. (2014). Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190: 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.004>.
- Taboada, M. Cosentino, V., Costantini, A. (2018). Emisiones de óxido nitroso desde suelos agrícolas y alternativas para mitigarlas. *Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. Ciencia e Investigación*, 68 (5): 41-45