



**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



**USO DE ZEOLITAS PARA MITIGAR LA VOLATILIZACIÓN DE NH<sub>3</sub> POST APLICACIÓN DE  
EFLUENTE DE TAMBO**

**Cosentino, V.R.N.<sup>1,2,\*</sup>, Otero Estrada, E.<sup>1</sup>, Romaniuk, R.I.<sup>1</sup>, Messina S.A.<sup>3</sup>, Beltrán, M.J.<sup>1</sup>, Pérez M.G.<sup>1</sup>; Costantini A.O.<sup>1,4</sup> y Imhoff S.<sup>2,5</sup>**

<sup>1</sup> instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigación de Recursos Naturales, Instituto de Suelos, De los Reseros y Nicolás Repetto, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.  
[cosentino.vanina@inta.gob.ar](mailto:cosentino.vanina@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> universidad de Morón, Gral. Machado 854, B1708 Morón, Provincia de Buenos Aires

<sup>4</sup> universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

<sup>5</sup> facultad Ciencias Agrarias, Esperanza, Santa Fe, Argentina

**RESUMEN:**

Para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos será necesario aumentar los rendimientos de los cultivos, esto implicará entre otras cosas aumentar el uso de fertilizantes nitrogenados. Una alternativa a los fertilizantes sintéticos tradicionales son las enmiendas orgánicas, como el efluente líquido de tambo (ELT). Sin embargo, el nitrógeno (N) contenido en las enmiendas es susceptible de ser perdido como volatilización de amoníaco (NH<sub>3</sub>) con potenciales impactos ambientales. Además, las pérdidas de N reducen su disponibilidad para las plantas, lo que subraya la importancia de minimizarlas para una producción sostenible. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de Zeolita como estrategia para minimizar la volatilización de NH<sub>3</sub> luego de la aplicación de ELT al suelo. Para ello, se realizó un ensayo a campo, donde se midió la volatilización de NH<sub>3</sub> después de la aplicación de los tratamientos ELT, ELT con zeolita (Zeo) y testigo (test). La cantidad de N aplicada con el ELT fue de 120kg de N/ha. La volatilización de NH<sub>3</sub> desde el suelo acumulada durante los 10 días que duró el ensayo fue 263,60; 164,03 y 135,55 g NH<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> con aplicación de ELT, Zeo y testigo respectivamente. Es decir, la volatilización de NH<sub>3</sub> desde el suelo con aplicación de ELT fue aproximadamente el doble que desde el tratamiento Zeo, siendo esta última similar a la del suelo testigo. No se observaron diferencias significativas (p < 0,05) en el rendimiento de la pastura. Según nuestros resultados, la aplicación conjunta de ELT con Zeo podría ser una alternativa efectiva para disminuir las pérdidas por volatilización de NH<sub>3</sub> sin pérdidas de rendimiento de la pastura. Es decir, ser una alternativa válida de manejo de los efluentes tendiente a reducir las pérdidas de N por volatilización de NH<sub>3</sub>. Es recomendable realizar estudios en otras situaciones climáticas.

**PALABRAS CLAVE:** gases de efecto invernadero, abono orgánico, nitrógeno.

**INTRODUCCION**

La creciente demanda mundial de alimentos conduce a un aumento acelerado de la producción agropecuaria. La fertilización con nitrógeno (N) es una alternativa para maximizar la productividad y mejorar la calidad de las pasturas. Por otro lado, el aumento de los residuos de la producción

Organizado por:



lechera representa un problema ambiental, pero al mismo tiempo una oportunidad de aprovechamiento, siendo una alternativa la aplicación de Efluente Líquido de Tambo (ELT) al suelo como fertilizante orgánico. Dado que más de la mitad del N aplicado se pierde al ambiente, minimizar estas pérdidas es crucial para garantizar una producción sostenible de alimentos (Lassaletta et al., 2014), minimizando los impactos negativos sobre la calidad de los sistemas agropecuarios. En consecuencia, reducir las pérdidas de N en los sistemas agropecuarios es uno de los principales desafíos de la agricultura moderna. En este contexto, la aplicación al suelo del ELT como fuente de N es una alternativa sustentable, pues proporciona una solución al problema de los residuos y reduce el uso de fertilizantes sintéticos.

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es el gas alcalino más importante de la atmósfera y tiene importantes impactos en el medio ambiente y la salud humana (Behera et al., 2013). El  $\text{NH}_3$  se emite principalmente por actividades agrícolas, como la fertilización (Bouwman et al., 1997). La pérdida de N por volatilización de  $\text{NH}_3$  son máximas a los pocos días después de la aplicación del fertilizante, en condiciones ambientales de alta temperatura y baja precipitación. Las zeolitas son minerales de bajo costo que presentan una estructura microporosa, que les confiere alta capacidad de intercambio catiónico. Este atributo les permite adsorber en su superficie nutrientes como  $\text{NH}_4^+$  provenientes del ELT y luego liberarlos gradualmente. Por lo que agregar zeolitas al momento de la aplicación del ELT es una solución prometedora para minimizar las pérdidas de  $\text{NH}_3$  al ambiente disminuyendo el impacto ambiental negativo al mismo tiempo que mejora el rendimiento de la pastura.

El **objetivo** de este trabajo fue evaluar el uso de zeolitas para minimizar la volatilización de  $\text{NH}_3$  a la atmosfera luego de la aplicación de ELT al suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En un lote ubicado en el predio del INTA Castelar  $34^\circ 37' 21,13''\text{S} - 58^\circ 40' 12,44''\text{O}$ ) se realizó un ensayo a campo en mayo del 2022, sobre un suelo Argiudol Típico. El experimento se realizó sobre un pastizal natural con promoción de Ray-Grass y consistió en un diseño completamente aleatorizado (DCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento. Se aplicó (1) efluente líquido de tambo (ELT), (2) ELT con Zeolita (Zeo) y (3) el testigo (Test: suelo sin aplicación de tratamiento). Se realizaron parcelas de  $10,5 \text{ m}^2$  y se aplicaron 11 litros de ELT/ $\text{m}^2$  (equivalente a  $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ) en los tratamientos que incluyeron ELT. Para el tratamiento con Zeolita, 24 hs antes de la aplicación del ELT al suelo se adicionaron 10 g de Zeolita/litro de ELT (equivalente a  $1,1 \text{ kg de Zeo/ha}$ ). El ELT se recolectó fresco 2 días antes de la aplicación de una laguna de estabilización de una granja de ordeño ubicado en la localidad de Lobos.

Para medir la volatilización de  $\text{NH}_3$  se utilizó el sistema de absorción semiabierto estático propuesto por Nommik en 1973 y modificado por Videla (1994). Las determinaciones de  $\text{NH}_3$  en el tiempo se midieron hasta el momento en que no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos y el suelo testigo (Videla, 1994). Se muestreó diariamente durante los primeros 10 DDA de los tratamientos. En cada muestreo la placa de poliuretano de la rejilla inferior se enjuagó con agua destilada y el contenido de  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución de lavado de esponja se determinó por el método de microdestilación y posterior titulación. A partir del valor de  $\text{N-NH}_4^+$  se obtuvo la concentración de  $\text{N-NH}_3$  volatilizado por la superficie cubierta por la cámara de captación de  $\text{NH}_3$ .

$$\text{mg N-NH}_4^+ \text{ captado en el cilindro} = (V_m - V_b) \times \text{Factor} \quad (6)$$

Donde:  $V_m$  es el Volumen de ácido sulfúrico gastados por muestra [ $\text{cm}^3$ ],  $V_b$  es el volumen de ácido sulfúrico gastados por blanco [ $\text{cm}^3$ ] y Factor es la normalidad del ácido sulfúrico [ $\text{meq/cm}^3$ ] / volumen de muestra [ $\text{cm}^3$ ] x 500) x peso del meq de  $\text{NH}_4^+$ .

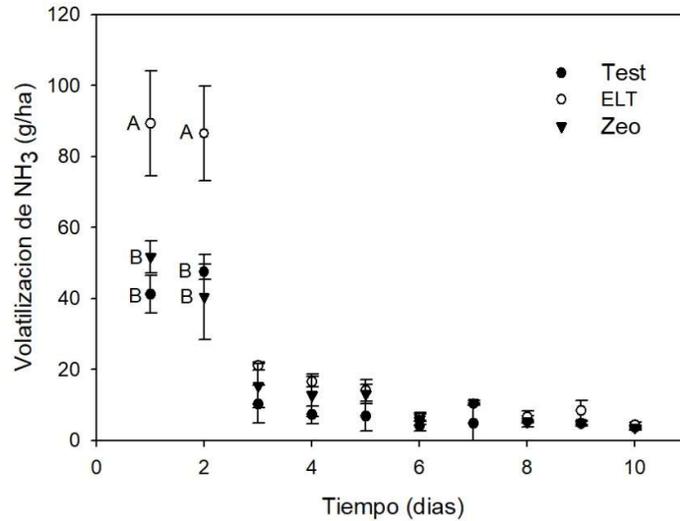
$$\text{mg N-NH}_3 \text{ volatilizado /m}^2 = (\text{mg de N-NH}_3/500 \text{ cm}^3) \times 10000/ \text{Superficie Cilindro [m}^2] \quad (7)$$

Para definir las posibles diferencias entre cada tratamiento en la volatilización de  $\text{N-NH}_3$  durante la totalidad de los 10 muestreos se calcularon los valores acumulados para cada repetición de cada tratamiento y se realizó un análisis de las tasas diarias acumuladas durante los 10 días de monitoreo. Según lo reportado por Videla (1994) en los primeros 6 DDA se espera una volatilización aproximada del 80 % del  $\text{NH}_3$ .

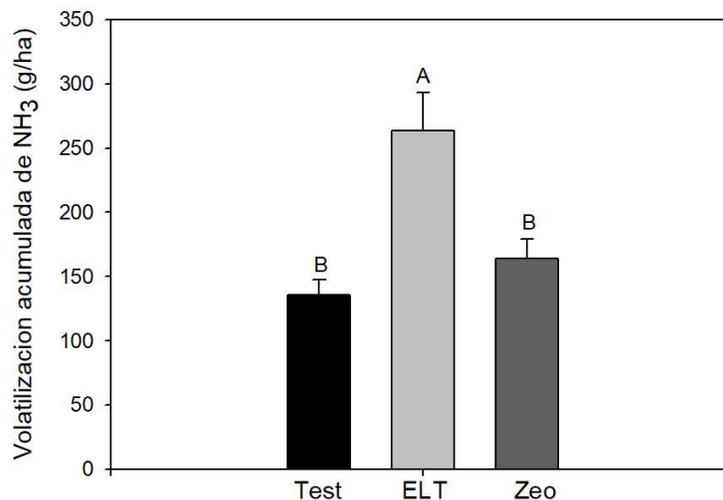
A los 180 días después de la aplicación de los tratamientos, se cortó la superficie total de cada parcela y se determinó el rendimiento. Las muestras cortadas se secaron en estufa a  $40^\circ\text{C}$  y fueron pesadas para obtener el peso seco. Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA).

## RESULTADOS Y DISCUSION

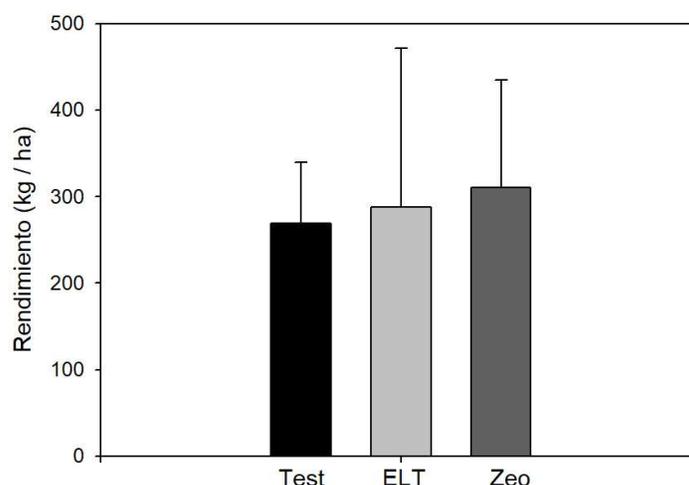
Durante el período de muestreo de la volatilización de  $\text{NH}_3$  la temperatura promedio del suelo fue cercana a  $11,3^\circ\text{C}$ , la del aire a  $15,8^\circ\text{C}$  y con valores promedio del 56% del espacio poroso saturado con agua. Mientras que la precipitación acumulada durante los 180 días que duro el ensayo fue de 41,2 mm.



**Figura 1:** Evolución de la volatilización de amonio en el suelo testigo (Test, ●), con aplicación de efluente líquido de tambo (ELT, ○) y con efluente líquido de tambo más zeolita (Zeo, ▼). Las barras indican error estándar. Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.



**Figura 2:** Volatilización de  $\text{HN}_3$  acumulada desde el suelo control (C, ■), luego de la aplicación del efluente líquido de tambo (ELT, □) y del efluente líquido de tambo más zeolita (Zeo, ▒). Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.



**Figura 3:** Rendimiento desde el suelo control (C, ■), luego de la aplicación del efluente líquido de tambo (ELT, □) y del efluente líquido de tambo más zeolita (Zeo, ▒).

La volatilización de  $\text{NH}_3$  mostro un patrón similar para todos los tratamientos, con los valores máximos al inicio del ensayo y decayendo con el paso de los días. En promedio el 62% de la volatilización medida se produjo en los dos primeros días después de la aplicación de los tratamientos (figura 1). Estos resultados concuerdan con Hube et al., (2022) quienes realizaron un ensayo con 6 clases de fertilizantes y observaron que entre el 2 y el 51% del N aplicado se perdió entre volatilización de  $\text{NH}_3$  y emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ , con las mayores pérdidas de  $\text{NH}_3$  inmediatamente después de la aplicación del N.

Se observo menor volatilización de  $\text{NH}_3$ , tanto puntual como acumulada, desde suelo con aplicación conjunta de ELT y Zeolita respecto al suelo con aplicación de ELT solo, sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos Zeo y test (figuras 1 y 2). Estos resultados coinciden con lo observado por Vijay et al., (2018) quienes realizaron una amplia revisión bibliográfica y encontraron que las zeolitas actúan como fertilizantes de liberación controlada, reduciendo la volatilización del  $\text{NH}_3$  y la lixiviación de nitratos, mejorando así la eficiencia en el uso del N y el rendimiento de los cultivos. Esto podría atribuirse a las características fisicoquímicas únicas de la zeolita mineral. Los canales internos de las zeolitas poseen una superficie interna extremadamente grande en relación con su superficie externa, con una alta capacidad de intercambio catiónico para fijar cationes como el  $\text{NH}_4^+$  (Curi et al., 2006). Por lo tanto, pueden absorber el  $\text{NH}_4^+$  derivado del ELT, además el controlan el pH del suelo mejorando la retención del  $\text{NH}_4^+$  lo que resulta en menores pérdidas de N al ambiente (Aghaalikhani et al., 2012; Vijay et al., 2018). Minimizar las pérdidas de N por volatilización de  $\text{NH}_3$  a partir del uso de la zeolita brinda una oportunidad para que el cultivo absorba más nitrógeno y, por tanto, aumenta su rendimiento de grano.

El rendimiento de la pastura presentó valores bajos y sin diferencias significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos, lo que fue condicionado por las condiciones ambientales. Las bajas precipitaciones, con valores acumulados de 41,2 mm, limitaron el desarrollo de las plantas.

## CONCLUSIONES

En este estudio la volatilización de  $\text{NH}_3$  desde un suelo con aplicación conjunta de ELT y zeolita fue significativamente menor a la reportada luego de la aplicación de ELT solo, sin mostrar cambios en el rendimiento de la pastura. Por esto, los resultados del presente ensayo sugieren que desde el punto de vista de la volatilización de  $\text{NH}_3$ , agregar zeolita al ELT al momento de su aplicación como fertilizantes podría ser una buena alternativa de manejo tendiente a mitigar las pérdidas de nitrógeno al ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- Aghaalikhani, M., Gholamhoseini, M., Dolatabadian, A., Khodaei-Joghan, A., & Sadat Asilan, K. (2012). Zeolite influences on nitrate leaching, nitrogen-use efficiency, yield and yield components of canola in sandy soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(10), 1149-1169.
- Behera, S. N., Sharma, M., Aneja, V. P. & Balasubramanian, R. (2013). Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies, *Environ. Sci. Pollut. R.*, 20, 8092-8131, <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2051-9>.
- Bouwman, A. F., Lee, D. S., Asman, W. A. H., Dentener, F. J., VanderHoek, K. W. & Olivier, J. G. J. (1997). A global highresolution emission inventory for ammonia, *Global Biogeochem. Cy.*, 11, 561-587, <https://doi.org/10.1029/97gb02266>.
- Curi, A., Granda, W. J., Lima, H. M., & Sousa, W. T. (2006). Las zeolitas y su aplicación en la descontaminación de efluentes mineros. *Información tecnológica*, 17(6), 111-118.
- Lassaletta, L.; Billen, G.; Grizzetti, B.; Anglade, J. & Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: The relationship between yield and nitrogen input to cropland. *Environ. Res. Lett.* 9, 105011.
- Sara, Hube., Francisco, Salazar., Maria, Justo, Rodriguez., Jaime, H., Mejias., Luis, Ramirez. & Marta, Alfaro. (2022). Dynamics of Nitrogen Gaseous Losses Following the Application of Foliar Nanoformulations to Grasslands. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22:1758-1767. doi: 10.1007/s42729-022-00769-0
- Videla CC. (1994). La volatilización de amoníaco: Una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce; (Boletim técnico, 131).
- Vijay, S., eep, Jakkula., Suhas & P, Wani. (2018). Zeolites: Potential soil amendments for improving nutrient and water use efficiency and agriculture productivity. *Scientific Reviews and Chemical Communications*, 8(1):1-15.