

# VOLATILIZACIÓN DE AMONÍACO A PARTIR DE SULFATO DE AMONIO Y UREA RECUBIERTOS CON PROPORCIONES VARIADAS DE ACIDO HÚMICO A DIFERENTES pH

Dirgedys Aguilera<sup>1</sup>, Mauro Albarracín<sup>1</sup>, y Alejandro Silva<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>UCV-Facultad de Agronomía. Inst. y Depto. de Agronomía, Maracay. [vanessaguilera23@hotmail.com](mailto:vanessaguilera23@hotmail.com); [mauro.albarracin@gmail.com](mailto:mauro.albarracin@gmail.com). <sup>2</sup>PEQUIVEN Gerencia de Mercadeo Nacional. Unidad de Logística y Abastecimiento de Fertilizantes Petroquímica de Venezuela, S.A. [silva@pequiven.com](mailto:silva@pequiven.com).

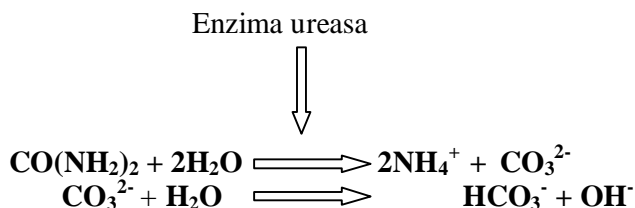
## RESUMEN

La volatilización de amoníaco desde sulfato de amonio (SA) y urea fue evaluada en la Facultad de Agronomía UCV, Maracay. Se utilizó un suelo franco y otro arenoso, se usó SA y Urea recubiertos con ácido húmico (AH) en un sistema cerrado con captura del amoníaco en ácido bórico. Se determinó el efecto del pH del AH usado para recubrir el SA y la Urea, y el efecto del porcentaje de recubrimiento sobre la volatilización de amoníaco. El pH del AH no tuvo efecto en la reducción de la volatilización de amoníaco desde el SA y la Urea, en ambos suelos. La cantidad de AH usada en el recubrimiento del SA no tuvo influencia en la reducción de la volatilización del amoníaco en ambos suelos. Se obtuvo un 21,2% de reducción de volatilización del amoníaco proveniente de la Urea en un suelo franco, cuando ésta fue recubierta con 5% de AH. En el suelo arenoso se observó diferencias entre la urea recubierta al 4% y 5% versus la urea sola, con reducción de la volatilización de amoníaco de 12% y 17% respectivamente.

**Palabras claves:** Volatilización de amoníaco, ácido húmico, sulfato de amonio, urea, pH.

## INTRODUCCIÓN

La urea es la fuente de nitrógeno más ampliamente usada por los agricultores en Venezuela debido a su bajo costo y a la disponibilidad del producto, sin embargo, la aplicación sobre la superficie en bandas o al voleo resulta en una alta tasa de pérdida de nitrógeno por volatilización de amoníaco, lo que conlleva no sólo a pérdidas económicas por la ineficiencia de la aplicación, sino también a una fuente importante de contaminación ambiental. Por otra parte, en Venezuela, aunque haya disponibilidad del fertilizante se ha restringido la comercialización debido al uso alternativo en la fabricación de cocaína y su uso en los cultivos ilegales, que han llevado a la reglamentación de su venta y transporte por parte de la Guardia Nacional Bolivariana lo que dificulta el fácil acceso para los agricultores. La reacción de la urea una vez ésta entra en contacto con el suelo húmedo en presencia de la enzima ureasa es:



Luego



Ocurriendo así una elevación del pH que conlleva la formación de gas  $\text{NH}_3$  que se volatiliza. La volatilización del amoníaco cuando la urea se aplica en la superficie de suelos agrícolas puede variar de 20 a 30% en suelos con grama y de 17 a 59% en suelos arenosos ácidos, según lo reportado por Volk (1959), valores similares fueron obtenidos por Khanif (1992) y Vaio (2006). Estos resultados fueron corroborados por Hamilton et al., (2009) quienes encontraron que las pérdidas por volatilización cuando se aplicó urea fueron del 59% de la cantidad de nitrógeno aplicado. Por otra parte la FAO (2001) señala que cuando la urea se aplica al voleo el rango de pérdidas va de 0 a 56% con promedio 26% y de 0 a 43 % con promedio de 21 % cuando la urea se incorpora.

La tasa de volatilización del amoníaco estuvo correlacionada positivamente con el pH del suelo, la concentración de  $\text{CaCO}_3$  y el contenido total de sales y correlacionada negativamente con el contenido de materia orgánica, la CIC y el contenido de arcilla (Duan y Xiao, 2000). Se ha encontrado que los fertilizantes a base de fósforo de naturaleza acidica como el fosfato mono amónico (MAP) y el superfosfato triple (SFT) reducen la volatilización del  $\text{NH}_3$  desde la urea cuando esta se aplicó en mezcla con estos fertilizantes; lo cual se podría explicar por una acidificación del sitio alrededor de la mezcla que retarda la hidrólisis de la urea, un menor pH que favorece la formación de  $\text{NH}_4^+$  sobre  $\text{NH}_3$  o la formación de productos metaestables con el fósforo (Fan y Mackenzie, 1983).

El ácido húmico ha sido utilizado para recubrir la urea y reducir la pérdida de amoníaco cuando ésta se aplica al suelo. Ahmed, et al., (2006a, 2006b) encontraron que la mezcla de fertilizante P ácido, ácido húmico o zeolita con urea incrementó significativamente el contenido en el suelo de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , la capacidad de intercambio de Ca, K y Mg y beneficio la formación de  $\text{NH}_4^+$  sobre  $\text{NH}_3$ . Resultados similares fueron obtenidos por Rosliza, et al., (2009a y 2009b), quienes encontraron que la mezcla de urea+superfosfato triple o muriato de potasio con ácido húmico, ácido fúlvico o ácido húmico más ácido fúlvico redujo la pérdida de amoníaco e incrementó el amonio intercambiable de 12 al 100% comparada con la urea sin aditivos

Con la finalidad de evaluar el efecto del pH y la concentración del ácido húmico utilizado para recubrir el sulfato de amonio y la urea sobre la volatilización de amoníaco se realizó el presente estudio en un suelo de textura media y uno de textura ligera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras superficiales de 0-15 cm de profundidad del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía UCV-Maracay (pH 6,3, franco arenoso, 1,29% de carbono, 0,112 % de nitrógeno, 41 ppm de fósforo y 70 ppm de potasio) y de una finca en Santa Bárbara de Maturín estado Monagas (pH 4,8, arenoso, 0,3% carbono, 0,019% de nitrógeno, 16 ppm de fósforo y 18 ppm de potasio), los cuales fueron homogenizados secados a la sombra y se tamizaron en un cedazo de 2 mm.

Ácido húmico (AH) pH 3 proveniente de la empresa Angostura Humics C.A. de origen fluvial, fue utilizado para el recubrimiento del SA y la urea. Utilizando ácido acético glacial o hidróxido de potasio (KOH) se produjo AH con pH 2, 3, 5 y 7. Se le determinó el contenido de humedad y luego se procedió a recubrir el SA y la urea con un 2% de AH (base seca) y se secaron con aire caliente.

Los tratamientos fueron suelo Maracay y suelo Santa Bárbara a razón de 500g de suelo, 2 g de SA o 4g de urea por pote, recubiertos con AH a pH 2, 3, 5 y 7, un testigo con suelo + SA o Urea sin recubrir, un blanco (suelo solo) y un blanco (sin suelo para determinar amoníaco en el ambiente), para un total de 14 tratamientos y tres replicas por fertilizante en un diseño completamente aleatorizado. Se utilizaron envases plásticos de 13 cm de alto x 10 cm de diámetro provistos de entrada y salida herméticamente selladas con silicón. Al suelo seco

Maracay se le colocaron 93 ml y al Santa Bárbara 57 ml de agua para llevarlos a capacidad de campo. El SA y la Urea fueron distribuidos en la superficie del suelo para simular la aplicación en bandas en un reabono para maíz.

En el segundo experimento se recubrió El SA y la urea con 2, 3, 4, y 5 % de AH (base seca) a pH 3, de la misma forma que en el ensayo anterior. Los tratamientos fueron suelo Maracay y Santa Bárbara, SA o urea a razón de 4 g por pote recubiertos con 2, 3, 4, y 5 % de AH, suelo con SA o urea sin recubrir, suelo solo sin SA o urea y un blanco sin suelo, para un total de 14 tratamientos por fertilizante y tres replicas en un diseño completamente aleatorizado. La determinación de la volatilización del amoníaco se realizó en un sistema cerrado de igual forma que en el primer experimento (figura1).

La volatilización del amoníaco fue medida en un sistema cerrado. Se utilizó una bomba para generar el flujo de aire, la cual fue conectada a un manifold del que salían mangueras que conectaban los envases para conducir el flujo del aire hasta los tratamientos, de cada envase salía una manguera que conducía el flujo del aire hasta un vial con 100 ml de ácido bórico para capturar el NH<sub>3</sub> volatilizado en cada tratamiento, como se muestra en la figura 1.

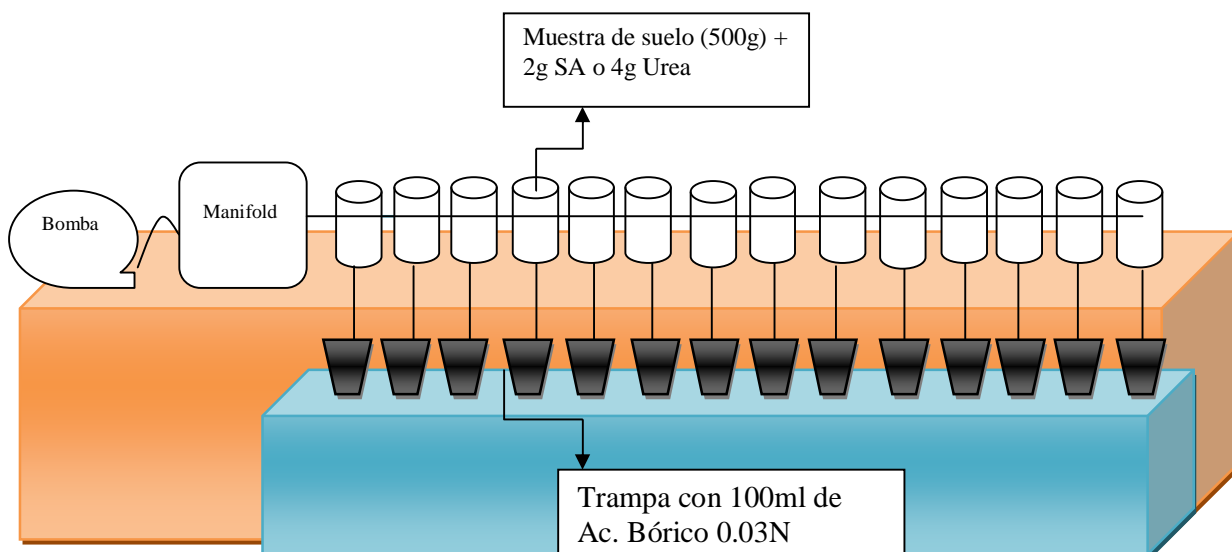


Figura 1. Esquema del Sistema Cerrado.

El flujo de aire a razón de 0,477 litro.min<sup>-1</sup>.envase<sup>-1</sup> paso a través de los envases con los tratamientos y arrastraron el NH<sub>3</sub>, el cual fue atrapado en 100 ml de de ácido bórico 0.03M. La trampa con ácido bórico fue cambiada cada 24 horas durante 8 días, las muestras colectadas de ácido bórico fueron tituladas hasta el pH original del ácido bórico con una solución 0,03M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilizando un potenciómetro.

La masa y los porcentajes de volatilización de NH<sub>3</sub> fueron calculados con la siguiente fórmula:

$$N \text{ (mg)} = \text{acido (ml)} \times N \text{ (normalidad del acido)} \times 14$$

Donde: 14 es el peso equivalente del nitrógeno y

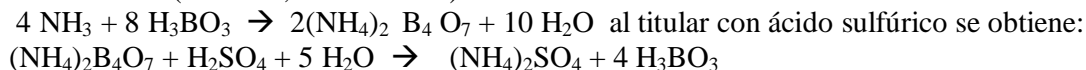
$$\% N \text{ volatilizado} = \frac{\text{(mg totales de N en cada tratamiento)}}{420 \text{ mg}} \times 100$$

$$\% N \text{ volatilizado} = \frac{\text{(mg totales de N en cada tratamiento)}}{840 \text{ mg}} \times 100$$

$$\% N \text{ volatilizado} = \frac{\text{(mg totales de N en cada tratamiento)}}{1840 \text{ mg}} \times 100$$

Donde: 420 y 840 son los mg de nitrógeno por envase cuando se agregó 2 y 4 g de sulfato de amonio y 1840 son los mg de nitrógeno por envase cuando se agregó 4g de urea.

La reacción química que se da en la captura del amoníaco volatilizado se muestra a continuación (Ramírez, on line 2010):



Los datos fueron analizados por análisis de la varianza para aquellas variables que cumplieron los supuestos del ANAVAR y los que no se analizaron por métodos no paramétricos usando la prueba de Kruskal –Wallis para datos con una vía de clasificación

## RESULTADOS

No se encontró efecto del pH del ácido húmico usado como recubrimiento del SA tanto en el suelo franco como en el suelo arenoso, los valores de volatilización más altos fueron < 1,171% y < 0,457% , respectivamente.

Para el caso de la urea, el pH del ácido húmico no tuvo influencia en la volatilización del amoníaco, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos tanto en el suelo franco como en el arenoso. Con la urea se obtuvo valores totales de volatilización de hasta un 17% para el suelo franco y hasta de 35% para el suelo arenoso. Lara et al., (1997) señalan que las pérdidas de nitrógeno por volatilización pueden ser superiores al 40% cuando la urea se deja en la superficie del suelo inclusive cuando se riega el campo luego de la aplicación de la urea.

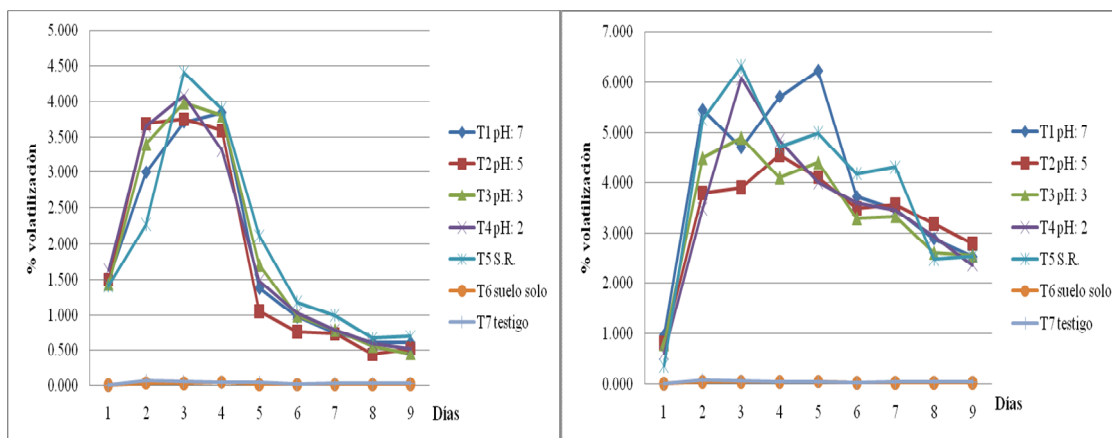
Cuadro 1. Efecto del pH del ácido húmico usado para recubrir la urea, sobre el porcentaje total de volatilización de nitrógeno en un suelo franco y en uno arenoso

| Tratamiento    | Suelo franco        |                                    | Suelo arenoso       |                                   |
|----------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
|                | % de volatilización | Reducción de la volatilización (%) | % de volatilización | Reducción de la volatilización(%) |
| Urea + AH pH 7 | 16,376              | 7,1                                | 35,655              | -1,4                              |
| Urea + AH pH 5 | 16,027              | 9,1                                | 30,198              | 14,1                              |
| Urea + AH pH 3 | 17,085              | 3,1                                | 30,502              | 13,2                              |
| Urea + AH pH 2 | 17,070              | 3,2                                | 31,361              | 10,8                              |
| Urea           | 17,644              | 0,0                                | 35,160              | 0,0                               |

En columnas tratamientos seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba LSD (P<0.05)

No se encontró efectos estadísticamente significativos en el porcentaje de recubrimiento del sulfato de amonio con ácido húmico a pH 3 sobre la volatilización de amoníaco en los tratamientos para ambos suelos. Se obtuvo valores muy bajos de volatilización de amoníaco tanto para el suelo arenoso (<0,162%), como para el suelo franco (< 1,086%).

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de los tratamientos durante los días de medición en ambos suelos. Se observó que hubo volatilización de amoníaco desde la urea y ésta fue mayor durante los primeros 5 días de evaluación.



**Figura 1.** Efecto del pH del ácido húmico utilizado para recubrir la Urea sobre la volatilización del amoníaco durante los 9 días de medición. Izq. Suelo Maracay (franco). Der. Suelo Santa Bárbara (arenoso).

Quando se recubrió la urea con diferentes proporciones de AH se encontró efectos estadísticamente significativos ( $P \leq 0,05$ ) para el suelo franco, con diferencias entre la urea sin recubrir y la urea recubierta al 5%, reduciendo la volatilización de amoníaco en un 21,2% en comparación con el tratamiento urea sola. Para el suelo arenoso también se encontró efectos estadísticamente significativos ( $P \leq 0,05$ ) con diferencias entre los tratamientos urea recubierta al 4% y 5% en comparación con el tratamiento urea sola, reduciendo la volatilización en un 12% y 17% respectivamente (cuadro 2). En este suelo la volatilización total alcanzó hasta un 31%, que fue similar a lo obtenido por Cantarella et al., (2002) al aplicar 200 Kg de N/ha proveniente de la urea en la superficie de un campo cultivado con pasto, quien obtuvo un total 40% de volatilización del nitrógeno.

Esta menor volatilización del amoníaco se podría explicar por una disminución del pH en el micrositio donde se depositó la urea recubierta y un retardo en la hidrólisis de la urea lo que resultó en menor producción de amoníaco, tal como lo señala Rosliza, et al., 2009b

**Cuadro 2.** Efecto del porcentaje de recubrimiento con ácido húmico sobre el porcentaje total de volatilización de nitrógeno en un suelo franco y en suelo arenoso

| Tratamiento  | Suelo franco        |                                    | Suelo arenoso       |                                    |
|--------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
|              | % de volatilización | Reducción de la volatilización (%) | % de volatilización | Reducción de la volatilización (%) |
| Urea + 2% AH | 16,328 A            | 0,9                                | 31,530 A            | -5,4                               |
| Urea + 3% AH | 16,608 A            | -0,8                               | 28,345 ABC          | 5,3                                |
| Urea + 4% AH | 14,913 AB           | 9,5                                | 26,220 BC           | 12,4                               |
| Urea + 5% AH | 12,920 B            | 21,2                               | 24,607 C            | 17,8                               |
| Urea         | 16,475 A            | 0,00                               | 29,907 AB           | 0,00                               |

En columnas tratamientos seguidos de letras diferente indican diferencias significativas según la prueba LSD ( $P < 0,05$ )

### CONCLUSIONES

El pH del ácido húmico utilizado para recubrir el sulfato de amonio o la urea no tuvo efecto significativo en la reducción de la volatilización del amoníaco tanto en el suelo Franco arenoso como en el suelo arenoso.

El porcentaje de recubrimiento del sulfato de amonio con ácido húmico, no tuvo efecto significativo sobre la reducción de la volatilización de amoníaco.

El porcentaje de recubrimiento de la urea con ácido húmico tuvo un efecto significativo sobre la volatilización del nitrógeno; con 5% de recubrimiento se redujo un 21% la volatilización en un suelo franco y con 4 y 17% de recubrimiento la reducción fue de 12 y 17%. La volatilización del nitrógeno fue mayor en un suelo arenoso que en un suelo franco

## **BIBLIOGRAFIA**

- AHMED, O.H.; AMINUDDIN H. & M.H.A. HUSINI. 2006a. Reducing ammonia loss from urea and improving soil-exchangeable ammonium retention through mixing triple superphosphate, humic acid and zeolita. *Soil Use and Management*. 22: 315-319.
- AHMED, O.H.; AMINUDDIN H. & M.H.A. HUSINI. 2006b. Effects of urea, humic acid and phosphate interactions in fertilizer microsite and volatilization and soil ammonia and nitrate contents. *Inter. J. Agri. Res.* 1(1): 25-31.
- CANTARELLA, H.; L. DE A. CORREA, AC PRIMAVESI, O. PRIMAVESI, AR DE FREITAS Y AG DA SILVA. 2002. Ammonia volatilization losses from different fertilizers and effect of several urease inhibitors, CaCl<sub>2</sub> and phosphogypsum on losses from urea. Instituto Agronómico de Campinas, Campinas, SP, Brasil Volumen 23, Número 3
- FAN, M.X. AND A.F. MACKENZIE. 1993. Urea and phosphate interactions in microsites: ammonia volatilization and pH changes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:839-845.
- FAO. 2001. En línea Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land. INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2001. [http://www.fao.org/DOCREP/004/Y2780E/y2780e04.htm#P527\\_24111](http://www.fao.org/DOCREP/004/Y2780E/y2780e04.htm#P527_24111)
- KHANIF, Y. M. 1992. Ammonia Volatilization from Malaysian Soils Following Application of Urea. *Pertanika* 15(2),115-120 (1992)
- LARA, W. A. R., G. H. KORNDORFERE Y S.A. MOTTA. 1997. Volatilizacao de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: 11, Avaliacao de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional, *Revista Brasileira de Ciencias do solo* 21.
- ROSLIZA, S, O.H. AHMED, N.M.A. MAJID. 2009a. Controlling ammonia volatilization by mixing urea with humic acid, fulvic acid, triple superphosphate and muriate of potash. *Am. J. of Environ. Sci.* 5 (5): 605-609.
- ROSLIZA, S., O.H. AHMED, M.A.MAJID Y B.J. MOHAMADU. 2009b. Reduction of ammonia volatilization through mixing urea with humic and fulvic acids isolate from palm oil effluent sludge. *Am. J. of Environ. Sci.* 5 (3): 382-386.
- VAIO N. 2006. Ammonia volatilization and n-uptake from urea, urea ammonium nitrate (uan) and nitamin® (urea-polymer) applied to tall fescue in Georgia. Thesis Submitted to the Graduate Faculty of The University of Georgia in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree MASTER OF SCIENCE. ATHENS, GEORGIA.
- VOLK, G.M. 1959. Volatile Loss of Ammonia Following Surface Application of Urea to Turf or Bare Soils. *Agron. J.* 51:746-749 (1959)