

## Pérdidas por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno en maíz en función de la fuente, dosis y momento de aplicación

Barbieri, Pablo Andrés<sup>1,2</sup>; Hernán Eduardo Echeverría<sup>1</sup>; Hernán René Saíenz Rozas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Unidad integrada INTA-FCA, Ruta 226 km 73.5, Balcarce, Argentina (7620); <sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); <sup>3</sup>barbieri.pablo@inta.gov.ar

Barbieri, Pablo Andrés; Hernán Eduardo Echeverría; Hernán René Saíenz Rozas (2018) Pérdidas por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno en maíz en función de la fuente, dosis y momento de aplicación. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 111-116.

La volatilización de amoníaco ( $N-NH_3$ ) es una importante vía de pérdida de nitrógeno (N) desde fertilizantes nitrogenados. El incremento en el precio del fertilizante plantea la necesidad de desarrollar estrategias de manejo que maximicen su eficiencia de uso. El objetivo de este trabajo fue evaluar las pérdidas por volatilización, rendimiento, N en grano, eficiencia de uso de N (EUN) y sus componentes: eficiencia fisiológica (EF) y de recuperación (ER) en el cultivo de maíz bajo SD, a la aplicación de N (Urea o UAN) en dos momentos (V3 y V6) y dos dosis de N (60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>). Además se incorporó un tratamiento Testigo sin la aplicación de N. Las pérdidas por volatilización de  $N-NH_3$  fueron de 6 y 7 días desde la fertilización para V3 y V6, respectivamente. Se determinó interacción significativa fuente por dosis, donde las pérdidas totales de  $N-NH_3$  se incrementaron por la dosis de N solamente en el tratamiento Urea. El rendimiento no fue afectado por la fuente, dosis o momento de aplicación del N. Cuando en el análisis se incluyó el tratamiento Testigo se determinó respuesta significativa del 20% por el agregado de N. El contenido de N en grano, EUN, EF y ER fueron significativamente afectados solamente por la dosis de N. En síntesis, existen diferencias en el  $N-NH_3$  volatilizado entre fuentes, sin embargo no afectaron el rendimiento. Por lo tanto, para el sudeste bonaerense, la elección de la fuente y el momento de aplicación dependerán de cuestiones económicas y operativas.

**Palabras clave:** fertilización; nitrógeno; volatilización; maíz; siembra directa.

Barbieri, Pablo Andrés; Hernán Eduardo Echeverría; Hernán René Saíenz Rozas (2018) Ammonia volatilization losses and nitrogen use efficiency in corn affected by nitrogen source, rate and application time. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 111-116.

Ammonia volatilization ( $N-NH_3$ ) is an important process to nitrogen (N) losses from nitrogen fertilizers. Increase in fertilizer price need to develop management strategies that maximize fertilizer use efficiency. The objective of this work was to evaluate volatilization losses, grain yield, grain N content and N use efficiency (EUN) and its components: physiological efficiency (EF) and recovery efficiency (ER) in no-till corn from two N sources (Urea and UAN) applied at different moments (V3 and V6) and two N rates (60 and 120 kg N ha<sup>-1</sup>). A control treatment (ON) was added. Ammonia volatilization losses were extended over a period 6 and 7 days after N applied for V3 and V6, respectively. A significant interaction N source x N rate was determined. Total  $N-NH_3$  losses were increased by N rate only in Urea Treatments. Grain yield was not affected by N source, N rate or application time. Statistical analysis included ON treatment a 20% significant N response was determined. Grain N content, EUN, EF and ER were only affected by N rate. In synthesis, there are differences in  $N-NH_3$  volatilized between N sources, but did not affect corn grain yield. Therefore, at southeastern of Buenos Aires province, N source and fertilization time depends on economic and operational issues.

**Keywords:** fertilization; nitrogen; volatilization; corn; no-till.

---

Recibido: 01/03/2017

Aceptado: 22/05/2018

Disponible on line: 10/09/2018

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

## INTRODUCCIÓN

La intensificación de la agricultura y la utilización de variedades de mayor potencial productivo, entre otros factores, han incrementado las dosis de fertilizantes, especialmente con nitrógeno (N). El N es el nutriente que en mayor medida condiciona el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Echeverría y Sainz Rozas, 2015). Por lo tanto, conocer la eficiencia con que el cultivo utiliza el N derivado del fertilizante permitiría no sólo mejorar el aprovechamiento de este recurso, sino también minimizar el impacto ambiental que un elevado uso de insumos puede provocar.

La eficiencia de uso del N (EUN) suele ser baja debido a que se trata de un nutriente muy dinámico en el suelo y que sufre numerosos cambios que incluyen procesos de pérdidas, ganancias y transformaciones. Las principales fuentes de N utilizadas como fertilizante contienen urea en su formulación (urea granulada y UAN) por lo tanto, se producen pérdidas por volatilización de amoníaco ( $\text{N-NH}_3$ ), dependiendo las mismas de las condiciones de suelo, ambiente y manejo. La volatilización de  $\text{N-NH}_3$  es una importante vía de pérdida de N desde fertilizantes nitrogenados que afecta la EUN. Se han determinado pérdidas de N por volatilización en maíces tardíos desde urea aplicada en superficie en SD, de hasta el 40% (Fontanetto et al., 2002, Ferraris et al 2014). Por el contrario, la magnitud de dichas pérdidas no superó el 15% en el SE Bonaerense siendo las mismas dependientes de la dosis de N utilizada (Sainz Rozas et al. 1999). La menor temperatura y la mayor capacidad de intercambio catiónico de los suelos del SE Bonaerense explicarían estos resultados. Las pérdidas desde UAN, reportadas en la bibliografía en general son menores respecto de la urea, principalmente cuando el UAN es chorreado sobre la superficie del suelo, siendo las mismas de 1 y 5% del N aplicado para labranza convencional y SD, respectivamente (García et al 1999).

El momento de aplicación del fertilizante también afecta la magnitud de las pérdidas por volatilización. Cuando se realizan aplicaciones de N al estadio de V6 en maíz bajo SD, las pérdidas de  $\text{N-NH}_3$  se incrementaron significativamente respecto de aplicaciones a la siembra, diferencia explicada por el incremento en la temperatura del suelo (Sainz Rozas et al., 1997). La incorporación de la urea por debajo de los rastrojos también mostró ser un método eficiente de reducir las pérdidas de N por volatilización, sin embargo, considerando los mayores costos que implica la utilización de dicha práctica, junto con el mayor tiempo operativo requerido, probablemente la aplicación en superficie constituya la mejor alternativa desde el punto de vista práctico (Barbieri et al., 2003). Otra alternativa que ha demostrado ser un método eficiente para reducir las pérdidas por volatilización de  $\text{N-NH}_3$  desde el fertilizante es la utilización de productos que retarden o inhiban la hidrólisis de la urea (Sainz Rozas et al 1999, Barbieri et al., 2010). No obstante, la utilización de estos inhibidores no produjo incrementos de rendimiento, contenido de N en grano ni en la EUN del cultivo de maíz bajo SD (Barbieri et al., 2010).

La fertilización nitrogenada del cultivo de maíz es una práctica de manejo necesaria para alcanzar elevados

rendimientos. No obstante, en la actualidad el incremento en el precio del fertilizante incide directamente en los costos de producción, por lo tanto existe la necesidad de desarrollar estrategias de manejo que maximicen la eficiencia de uso del fertilizante aplicado. El objetivo de este trabajo fue evaluar las pérdidas por volatilización, el rendimiento, el N acumulado en grano y la EUN del cultivo de maíz bajo SD, a la aplicación de N bajo la forma de urea o UAN en dos momentos del ciclo del cultivo (V3 y V6).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Balcarce, sobre un cultivo de maíz realizado en un lote de prolongada historia agrícola (más de 30 años) y bajo SD en los últimos 5 años, con una cobertura de rastrojo del 80%. El suelo es un Paleudol petrocálcico con un pH de 5,6, 5,3 % de materia orgánica y 17,2 mg  $\text{kg}^{-1}$  de P, la disponibilidad de  $\text{N-NO}_3^-$  al momento de la siembra fue de 42 kg  $\text{ha}^{-1}$ .

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones con un arreglo factorial 2 x 2 x 2; dos fuentes de N (Urea en superficie y UAN chorreado) dos momentos de aplicación (V3 y V6) y dos dosis de N (60 y 120 kg  $\text{ha}^{-1}$ ), además se incorporó un tratamiento testigo. El método para estimar el  $\text{N-NH}_3$  volatilizado consistió en un sistema de absorción semiabierto estático, adaptado del propuesto por Nommik (1973) y utilizado en suelos de la zona por Barbieri et al (2003 y 2010). El mismo permitió atrapar el  $\text{NH}_3$  por medio de un cilindro de polietileno de 30 cm de diámetro por 50 cm de altura que tiene en su parte superior dos planchas de poliuretano (goma espuma) de 1,5 cm de espesor. Estas están embebidas con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N y separadas 12 cm entre sí. El  $\text{NH}_3$  es atrapado por la plancha inferior, mientras que la superior evita que se contamine con  $\text{NH}_3$  proveniente de otros lugares. Las planchas se cambiaron cada 24 h y fueron lavadas con 1,5 l de agua desmineralizada. Una alícuota de 25 ml fue alcalinizada con 5 ml de NaOH al 40 % y el  $\text{NH}_3$  producido se recogió por microdestilación (Keeney & Nelson 1982) en ácido bórico al 2 % hasta completar un volumen de 35 ml. El mismo fue titulado con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,005 N para determinar la cantidad de  $\text{N-NH}_3$  desprendida. Se colocó una trampa por parcela, la que se distribuyó aleatoriamente dentro de la misma. Las trampas fueron enterradas en su parte inferior unos 5 a 7 cm dentro del suelo para ser fijadas y evitar escapes de  $\text{NH}_3$  hacia la atmósfera. Las determinaciones de  $\text{NH}_3$  volatilizado se realizarán desde la aplicación del fertilizante, hasta que los tratamientos con fertilización igualen al testigo sin N o hasta la ocurrencia de una precipitación superior a los 10 mm.

El ensayo se condujo sin limitaciones hídricas durante la floración a fin de maximizar el rendimiento y poder expresar en el cultivo el impacto de las eventuales pérdidas de N del sistema. En madurez fisiológica se determinó el rendimiento, para ello se cosecharon tres surcos de 7,15 m de largo de cada unidad experimental, ajustándose el mismo al 14% de humedad. El N orgánico reducido acumulado en grano,

se determinó por combustión seca (LECO, 2009) utilizando un equipo LECO TruSpec CN. La acumulación de N en grano se calculó multiplicando el rendimiento y la concentración de N en grano.

La eficiencia de uso de N en grano ( $\text{kg de grano kg N disponible}^{-1}$ ) fue calculada como el producto de sus componentes eficiencia fisiológica ( $\text{kg de grano kg de N absorbido}^{-1}$ ) y de recuperación ( $\text{kg de N absorbido kg de N disponible}^{-1}$ ). El N disponible fue calculado como la suma entre el N mineral al momento de la siembra, el N mineralizado (N acumulado en grano por el testigo) y el N aplicado como fertilizante. El análisis de la varianza fue realizado usando el procedimiento GLM incluido en las rutinas del Statistical Analysis Systems (SAS) (SAS Institute Inc, 2008). Las medias de tratamientos fueron comparadas usando el test de LSD cuando el análisis de la varianza indicó efecto significativo de los tratamientos o su interacción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Condiciones climáticas

Las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo totalizaron 331 mm, este valor es inferior a la

evapotranspiración del cultivo determinada para la zona (530 mm) por Andrade y Gardiol (1995), el déficit hídrico calculado mediante balance hídrico fue de 193 mm. Sin embargo, debido a los riegos aplicados durante la floración y la variación de agua útil del suelo, probablemente no se haya producido déficit hídrico. En consecuencia, el rendimiento del maíz no debería haberse afectado por estrés hídrico (Figura 1).

### Volatilización de $\text{N-NH}_3$

Las pérdidas por volatilización de  $\text{N-NH}_3$  se extendieron por un período de 6 y 7 días desde la fertilización para los momentos V3 y V6, respectivamente, dado que una lluvia superior a 10 mm incorporó los fertilizantes en el perfil de suelo (Fox & Piekielek, 1993). En ambos momentos de aplicación, las máximas tasas de pérdida se observaron a partir del tercer día después de la fertilización (Figura 2), dichas pérdidas de N se corresponderían con los mayores valores de pH registrados en el suelo (Ferguson *et al.*, 1984). En ambos momentos de fertilización y dosis, las máximas tasas de pérdida de  $\text{N-NH}_3$  fueron determinadas desde el tratamiento Urea (Figura 2), mientras que el comportamiento observado para UAN fue similar al testigo.

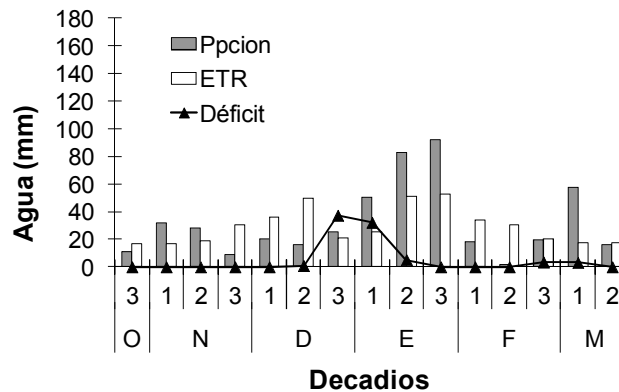


Figura 1. Balance de agua del cultivo de maíz irrigado bajo SD. La línea de triángulos representa los momentos durante el ciclo del cultivo en donde se produjeron deficiencias hídricas.

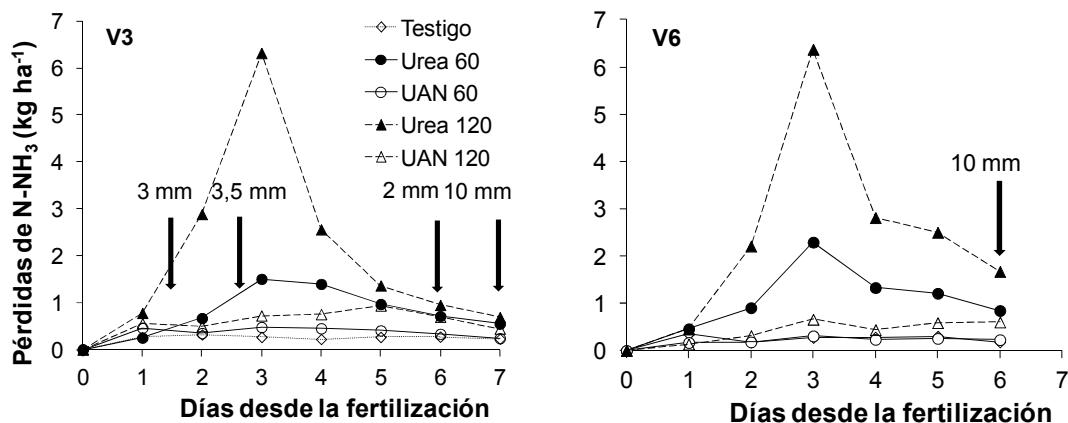


Figura 2. Evolución de las pérdidas por volatilización de  $\text{N-NH}_3$  en función de la fuente dosis y momento de aplicación de N (V3 y V6).

Las pérdidas totales por volatilización fueron afectadas por la interacción fuente por dosis de N como consecuencia de los incrementos determinados solamente en el tratamiento Urea con el aumento de la dosis (Tabla 1, Figura 3). Las pérdidas totales desde el tratamiento Urea, promedio de ambos momentos de fertilización, fueron de 4,8 y 14,1 kg N ha<sup>-1</sup> para la dosis de 60 y 120 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que las pérdidas totales desde el tratamiento UAN, promedio de ambos momentos de fertilización, fueron de 2,0 y 3,6 kg N ha<sup>-1</sup> para la dosis de 60 y 120 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estas pérdidas representan el 8,1 y 11,7% del N aplicado como Urea para la dosis de 60 y 120 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que para UAN representan el 3,3 y 3% del N aplicado para la dosis de 60 y 120 kg de N ha<sup>-1</sup> (Figura 3). La magnitud de las pérdidas de N-NH<sub>3</sub> no fueron de gran magnitud y se explicaría en parte por la elevada capacidad buffer de los suelos del área. Los valores de pérdida de N determinados en esta experiencia, fueron similares a los ya informados para el sudeste bonaerense (Sainz Rozas et al., 1999; Barbieri et al., 2003).

El momento de aplicación del fertilizante no afectó las pérdidas de N-NH<sub>3</sub> por volatilización, este comportamiento sería debido a que la diferencia de temperatura promedio del suelo durante el período experimental, principal variable que explica las pérdidas por volatilización (Sainz Rozas et al., 1999), fueron de

25.6 y 23.8 °C para V3 y V6, respectivamente. No obstante, las pérdidas N-NH<sub>3</sub> por volatilización se incrementaron con el aumento de la temperatura del suelo y dicho incremento fue mayor para Urea, respecto de UAN (Figura 4). Es válido mencionar que se determinaron mayores pérdidas por volatilización en V6 respecto a la siembra de maíz, cuando la temperatura del suelo aumentó entre dichos momentos de fertilización (Sainz Rozas et al., 1997).

**Rendimiento, N en grano y EUN**

El rendimiento del cultivo no se incrementó por efecto de la fuente, momento de aplicación ni la dosis de N (Tabla 1). El incremento en rendimiento por efecto de la utilización de UAN respecto de Urea fue solamente del 1.2%, mientras que el aumento de rendimiento por aplicar el N en V6 respecto de V3 fue de similar magnitud. Cuando en el análisis fue incluido el tratamiento Testigo se determinó respuesta al agregado de N (Tabla 1), el incremento de rendimiento por efecto de la aplicación de N promedio de ambas dosis fue del 20%.

El contenido de N en grano no fue afectado significativamente por la fuente de N, pero tanto el momento de aplicación como la dosis de N lo afectaron (Tabla 1). La aplicación de N en V6 incrementó el contenido de N acumulado (6%), similares resultados han sido reportados por Sainz Rozas et al (1999) para maíz bajo SD con aplicaciones de N en V6 respecto de

Tabla 1. Pérdidas totales de N-NH<sub>3</sub> por volatilización, rendimiento en grano, contenido de N en grano, eficiencia de uso de N (EUN) y sus componentes: eficiencia fisiológica (EF) y eficiencia de recuperación (ER) en función de la fuente dosis y momento de aplicación de N. \*\*, \* Diferencias significativas al 1 y 5 % de probabilidad, respectivamente Valores con distinta letra indican diferencias significativa al 5% de probabilidad según el test de LSD.

Tratamientos		Dosis de N	Volatilización	Rend	N en grano	EF	ER	EUN
Momento	Fuente		-----	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	-----	kg gr kg N abs <sup>-1</sup>	kg N abs kg N disp <sup>-1</sup>	kg gr kg N disp <sup>-1</sup>
V3	Urea	60	4,2	10347,3	114,3	78,3	0,63	49,4
		120	13,7	10777,3	146,4	63,4	0,61	38,5
	UAN	60	2,5	11037,7	128,2	74,5	0,71	52,6
		120	4,4	11466,8	136,5	72,4	0,57	41,1
V6	Urea	60	5,5	11868,0	135,6	67,7	0,67	45,0
		120	14,5	10655,4	142,0	64,5	0,54	34,7
	UAN	60	1,3	10906,1	135,4	69,2	0,66	46,0
		120	2,7	10746,5	141,0	66,0	0,53	35,0
Fuente (F)		Urea	9,5	10912,0 a	134,6 a	68,7 a	0,61 a	41,9 a
		UAN	2,7	11039,3 a	135,3 a	70,5 a	0,62 a	43,7 a
Momento (M)		V3	6,2	10907,3 a	131,3 b	72,4 a	0,63 a	45,4 a
		V6	6,1	11044,0 a	138,8 a	66,8 a	0,60 a	40,3 a
Dosis (D)		60	3,4	11039,8 a	128,4 b	72,7 a	0,67 a	48,3 a
		120	8,8	10911,5 a	141,5 a	66,6 b	0,56 b	37,3 b
Análisis de la varianza								
F			**	ns	ns	ns	ns	ns
M			ns	ns	*	ns	ns	ns
D			**	ns	**	**	**	**
FxM			ns	ns	ns	ns	ns	ns
FxD			**	ns	ns	ns	ns	ns
MxD			ns	ns	ns	ns	ns	ns
FxD			ns	ns	ns	ns	ns	ns
Análisis de la varianza incluyendo al testigo								
Testigo			1,7 b	9109,1 b	92,5 c	85,2 a	0,70 a	59,4 a
60			4,3 b	11039,8 a	128,4 b	72,4 b	0,67 a	48,3 b
120			9,7 a	10911,5 a	141,5 a	66,5 c	0,56 b	37,3 c

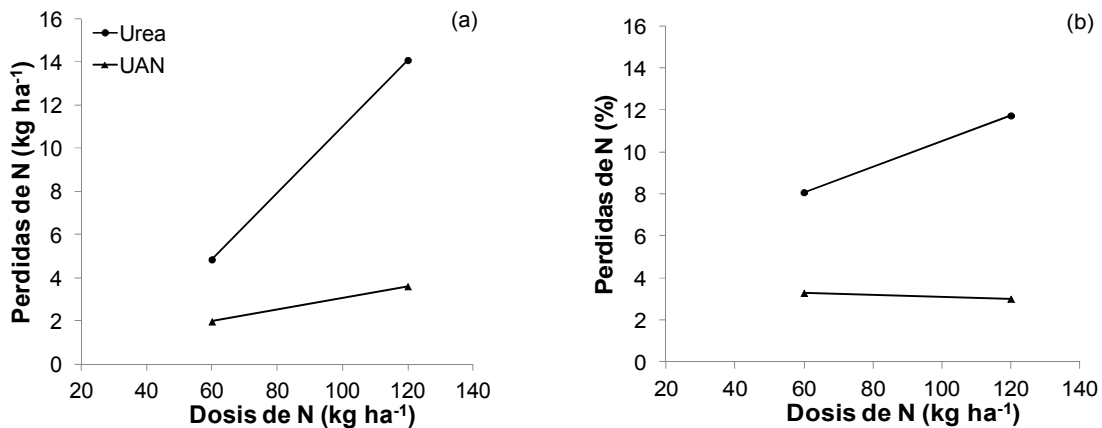


Figura 3. Pérdidas totales de N-NH<sub>3</sub> por volatilización expresadas en kg ha<sup>-1</sup>(a) y en porcentaje del N aplicado (b) en función de la fuente y la dosis de N.

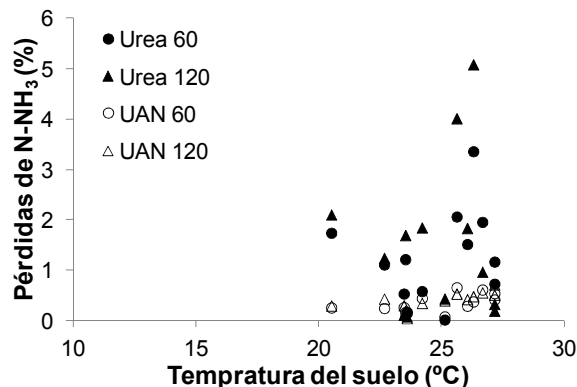


Figura 4. Pérdidas de N-NH<sub>3</sub> por volatilización (%) en función de la temperatura del suelo.

la siembra. Cuando se incluyó el tratamiento testigo se determinaron incrementos del 39 y 53% en el contenido de N acumulado por la aplicación de 60 y 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabla 1).

La EUN y sus componente (EF y ER) solamente fueron afectadas significativamente por la dosis de N, el incremento de la dosis de N produjo reducciones en la EUN y sus componentes (Tabla 1). La falta de respuesta en la EUN o sus componentes a la fuente de N sería debido a que si bien las pérdidas por volatilización de N-NH<sub>3</sub> desde Urea fueron superiores a UAN (10 vs 3% del N aplicado promedio de dosis para Urea y UAN, respectivamente), las mismas no fueron de gran magnitud, mientras que para el momento de aplicación de N sería debido a que las pérdidas totales de N-NH<sub>3</sub> por volatilización fueron similares entre momentos, 7 y 6 % del N aplicado (promedio de fuentes y dosis) para V3 y V6, respectivamente.

Cuando en el análisis de la EUN fue incluido el tratamiento Testigo, se determinaron diferencias significativas entre dosis de N (Tabla 1). Similar comportamiento fue determinado para la EF, mientras que la ER no fue diferente entre el Testigo y la dosis de

60 kg N ha<sup>-1</sup>, y estas difirieron significativamente respecto de la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 1). La EUN disminuyó 37% entre el testigo y 120 kg N ha<sup>-1</sup> como consecuencia de disminuciones de aproximadamente 20% en EF y ER (Tabla 1). Los valores de EUN y sus componentes son muy elevados para el tratamiento testigo por las favorables condiciones en que se desarrolló el cultivo y el moderado estrés de N. El incremento en la disponibilidad de N en los tratamientos fertilizados, disminuyó tanto la EUN como sus componentes.

En síntesis, se determinaron diferencias en el N-NH<sub>3</sub> volatilizado entre fuentes, sin embargo estas no se tradujeron en incrementos de rendimiento, N acumulado en grano o la EUN, similar comportamiento fue determinado para el momento de aplicación de N. Por lo tanto, para el sudeste bonaerense, la fuente de N a utilizar como así también el momento de aplicación del fertilizante será una decisión que deberá tomar el productor en función de cuestiones económicas y operativas como podrían ser la disponibilidad de maquinaria, costo de fertilizante, etc.

## CONCLUSIÓN

Las pérdidas de N-NH<sub>3</sub> por volatilización variaron en función de la fuente y la dosis, determinándose los menores valores para UAN y para la menor dosis, no obstante el rendimiento y la EUN no fue afectada por la fuente o el momento de aplicación del fertilizante.

## BIBLIOGRAFÍA

**Andrade, F.H. & J. Gardiol**, 1995. Sequía y producción de los cultivos de maíz, girasol y soja. INTA Est. Ex. Agr. Boletín Técnico 132. 15 p.

**Barbieri, P.A., H. E. Echeverría & H.R. Sainz Rozas**. 2003. Respuesta del cultivo de maíz bajo siembra directa a la fuente y al método de aplicación de nitrógeno. *Ciencia del Suelo* 21: 18-23

**Barbieri, P.A., H. E. Echeverría, H.R. Sainz Rozas & M. Maringolo**. 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. *Ciencia del Suelo* 28: 57-66.

**Echeverría, H.E. & H.R. Sainz Rozas**. 2015. Nitrógeno. Pp 189-228. En H.E. Echeverría y F.O. García (eds.) *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA Bs As Argentina

**Ferraris, G.N., G. Elias & M.L Galetto**, 2014. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en maíces tardíos en Pergamino (BS AS). Efectos de fuente y dosis. Actas X Congreso Nacional de maíz. Rosario, Santa Fe. 3-5 de septiembre 2014

**Ferguson, R.B., D.E. Kiessel, J.K. Koelliker & W. Basel**. 1984. Ammonia volatilization from surface-applied urea: Effect of hydrogen ion buffering capacity. *Soil Science Society of America Journal* 2, 578–585.

**Fontanetto, H., H. Vivas, O. Kéller & J. Romera**. 2002. Evaluación de la volatilización de amoníaco desde diferentes fuentes nitrogenadas en soja con siembra directa. II Congreso Brasileiro de Soja. Mercosoja 2002. Resumos:229.

**Fox, R.H., & W.P. Piekielek**. 1993. Management and urease inhibitor effect on nitrogen use efficiency in no-till corn. *J. Prod. Agr.* 6:195-200.

**García, F.O., K.P. Fabrizzi, L.I. Picone & J.F. Justel**. 1999. Volatilización de amonio a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional en Argentina. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón. Actas en CD.

**Keeny, D.R. & W.D. Nelson**. 1982. In *Methods of Soil Analysis*. Part. 2. Chemical and Microbiological properties, A L Page ed. pp. 643-693. American Society of agronomy, Madison, Wisconsin (USA).

**LECO**. 2009. Organic application notes. Disponible en [http:// www.leco.com/](http://www.leco.com/), verificado 18/02/2009.

**Nommik, H.** 1973. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. *Plant Soil*. 39:309-318.

**SAS, Institute**. 2008. The SAS system for windows. Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC.

**Sainz Rozas, H.R, H.E. Echeverría, G.A. Studdert & F.H. Andrade**. 1997. Efecto del inhibidor de la ureasa y momento de fertilización sobre la absorción de nitrógeno y rendimiento del cultivo de maíz bajo siembra directa. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata*.102: 129-136.

**Sainz Rozas, H.R, H.E. Echeverría, G.A. Studdert & F.H. Andrade**. 1999. No-tillage corn nitrogen uptake and yield: effect of urease inhibitor and application time. *Agron. J.* 91: 950-955.