



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler"

PÉRDIDAS DE NITRÓGENO POR VOLATILIZACIÓN Y SU IMPLICANCIA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN PERGAMINO (BS AS). EFECTOS DE FUENTE, DOSIS Y USO DE INHIBIDORES

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris¹
Lucrecia A. Couretot¹
Mirta Toribio²

Introducción

La pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante.

En la región pampeana argentina, los cultivos de gramíneas son habitualmente fertilizados con fuentes nitrogenadas sólidas y líquidas. Existen datos locales sobre las pérdidas por volatilización que pueden sufrir dichas fuentes, pero se trata de casos puntuales por lo que la dimensión geográfica y temporal de estas evaluaciones requiere ser ampliada. De igual modo, en los últimos años se han introducido moléculas inhibitoras del proceso que actúan especialmente a nivel de la enzima ureasa, catalizadora del proceso. La eficacia de estos inhibidores debe ser evaluada localmente.

El objetivo de este trabajo es comparar fuentes nitrogenadas, inhibidores de la volatilización y dosis de N en cuanto a las pérdidas gaseosas en forma de NH_3 y el rendimiento. Hipotetizamos que las pérdidas de N pueden ser minimizadas a través de una adecuada combinación de fuente, dosis y uso de inhibidores, maximizando así la eficiencia de uso de N (EUN).

Materiales y métodos

El ensayo fue conducido en la localidad de Pergamino, sobre un suelo serie Pergamino, Argiudol típico, Clase de uso 1 de muy buena productividad.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y siete tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos evaluados. Comparación de fuentes, dosis y uso de inhibidores de la volatilización de N en Maíz. Pergamino. Campaña 2008/09.

Nº	Tratamiento	Dosis de N (kg Nha ⁻¹)
T1	Testigo	
T2	Urea granulada (Urea)	60
T3	Urea granulada (Urea)	120
T4	EneTotal	60
T5	EneTotal	120
T6	Solución de Urea-Nitrato de amonio (UAN)	60
T7	Solución de Urea-Nitrato de amonio (UAN)	120

(1) Técnico de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino
(2) Investigación & Desarrollo Profertil SA

El ensayo se sembró el día 10 de Octubre de 2008 en SD, con antecesor trigo/soja, utilizando el híbrido Syngenta NK 910. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con fósforo (P) y azufre (S), a la dosis de 20 kg Pha⁻¹ y 18 kg Sha⁻¹. Las fuentes utilizadas fueron superfosfato triple de calcio (0-20-0) y sulfato de calcio (0-0-0-S18). El EneTotal es un fertilizante en el cual la urea (46-0-0) fue tratada previo a su aplicación con NBPT - *n* (*n*-butyl) tiamida tiofosfórica, el cual actúa bloqueando la enzima ureasa por el término de diez días aproximadamente (Trenkel, 1997; Watson, 2000). Por su parte, el análisis de suelo del sitio experimental se presenta en la Tabla 2. Se destaca un nivel de Materia orgánica y N relativamente bajo, normal de P y muy bajo de S.

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra

Bloque	Prof. (cm)	MO (%)	pH	Ntotal	N-NO3 ppm	N-NO3 kg/ha	P-Bray	S-SO4	K ppm	Mg	Ca
Promedio	0-20	2,53	5,8	1,26	10,0	26,0	18,8	1,7	508,3	122	1717,3
	20-40				8,3	21,7					
	40-60				4,2	10,8					

Para determinar el N-NH₃ volatilizado, se utilizó el método de sistema de absorción semiabierto estático, adaptado del propuesto por Nomnik (1973) y utilizado por Videla (1994). El mismo consiste en atrapar el N-NH₃ por medio de un cilindro de polietileno de 30 cm de diámetro por 50 cm de altura, con dos planchas de poliuretano de 1,5 cm de espesor en su parte superior. A causa de la ausencia de precipitaciones que interrumpieran el proceso, las determinaciones de N-NH₃ volatilizado se realizaron durante nueve días consecutivos desde la aplicación del fertilizante.



Fotografía 1: Medición de emisiones de N en forma de NH₃, INTA EEA Pergamino, Noviembre de 2008

En floración plena (estado R2), se evaluó la intensidad de verdor mediante Spad, la altura de plantas e inserción de la espiga principal, y el número de hojas verdes y senescentes. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una fracción de grano cosechado se midieron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

Resultados y discusión:

En la Tabla 3 se visualizan las condiciones ambientales en los días posteriores a la aplicación de los fertilizantes, momento en que se cuantificaron las pérdidas gaseosas de N en forma de NH_3 . Se caracterizaron por las elevadas temperaturas, alta insolación, viento predominante del sector norte y baja humedad relativa. Además, la cobertura del sitio era del 75 % (método de la recta transecta), de residuos de trigo y soja-principalmente, aunque de escaso espesor, no más de 2 cm. Estos factores configuraron un ambiente favorable a la ocurrencia del proceso de volatilización, por lo que las emisiones medidas podrían considerarse muy cercanas al máximo probable para la localidad de estudio.

Tabla 3: Registros ambientales diarios (17 al 26 de noviembre) de nueve días posteriores a la aplicación de los fertilizantes. Evaluación de fuentes, dosis y uso de inhibidores de la volatilización de nitrógeno en Maíz. Pergamino, Campaña 2008/09.

	Días desde la aplicación de los fertilizantes									
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9
T Max (C°)	30,2	32,3	33,0	32,0	31,4	33,7	36,0	34,0	38,0	27,2
T Media (C°)	19,5	22,9	24,6	24,7	23,7	25,0	27,5	27,0	27,0	24,0
T mínima (C°)	8,8	13,5	16,2	17,4	16,0	16,2	19,0	20,0	16,0	20,7
Ppciones										2,5
Heliofanía (hs)	13,0	10,7	11,7	11,6	12,7	12,1	12,9	2,1	11,8	3,1
Vel viento (km/h)	8,7	11,2	13,1	12,9	14,5	17,0	11,6	5,2	7,7	6,3
Dirección viento	NNNE	EENE	NNENE	ENENE	EENE	NNENE	EENENE	SSSE	ENENE	EENE
HR (%)	49,5	48,5	51,5	53,5	50,5	52,5	45,5	57,5	58,5	73,0

La emisión de NH_3 fue detectable desde el inicio del ensayo, pero se evidenciaron diferencias entre tratamientos a partir del tercer día (Figura 1). Nótese que aún el testigo sin fertilización mostró pérdidas cuantificables de N, superiores a las observadas por otros investigadores (Sainz Rosas et al., 1997; Barbieri et al., 2005), aún en localidades ubicadas al norte de Pergamino como Oliveros (Salvagiotti, 2005) o Rafaela (Fontanetto et al., 2001). Esto muestra la singular severidad ambiental bajo la cual se realizaron las mediciones.

Las fuentes mostraron diferencias en su comportamiento. Las pérdidas fueron superiores en Urea con respecto a UAN (Figuras 1 y 2). El inhibidor NBPT agregado a la Urea (EneTotal) logró mitigar casi en forma completa las pérdidas, asemejándose al testigo. La reacción además fue favorecida por la concentración de sustrato. Es decir, al incrementar la dosis, las pérdidas porcentuales aumentaron. Esto sucede por la saturación de la capacidad buffer de amonio (NH_4), limitada en este caso por el bajo contenido de materia orgánica del suelo (Tabla 2).

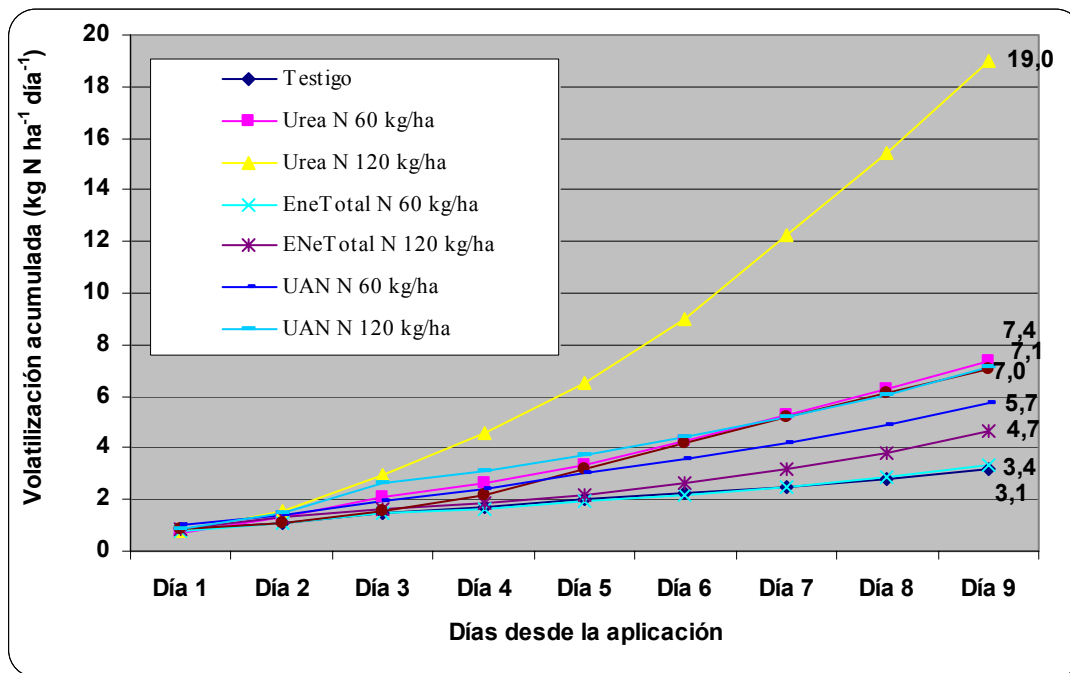


Figura 1: Emisión acumulada de nitrógeno (kg N ha^{-1}) en forma de NH_3 a lo largo del experimento. Fuentes, dosis y uso de inhibidores de la volatilización de nitrógeno en Maíz. Pergamino, campaña 2008/09.

Las pérdidas máximas se alcanzaron para la dosis de N120 agregados como Urea, siendo de 19 kg N ha^{-1} , respectivamente. Para calcular el N perdido desde el fertilizante se debe restar los $3,14 \text{ kg N ha}^{-1}$ capturados en el testigo. Así calculadas, las pérdidas de N proveniente de los fertilizantes alcanzarían un rango de 0,4 a 13,2 %, respectivamente (Figura 2)

Barbieri et al, (2005) en Balcarce registraron pérdidas máximas de 16 kg N ha^{-1} (N120- Urea al voleo). Salvagiotti (2005) en Oliveros, midió emisiones de hasta 16 kg N ha^{-1} (N200 –Urea al voleo), mientras que en Rafaela, Fontanetto et al., (2006) cuantificaron la volatilización en Trigo en $5,8 \text{ kg N ha}^{-1}$. En esta localidad, las pérdidas en el mes de octubre sobre un experimento de maíz alcanzaron entre 14,1 % (N80-urea al voleo, rastrojo bajo) y 21 % (N80-urea al voleo, rastrojo alto) y en noviembre un rango de 25,7 a 35,8 para igual dosis, fuente y cobertura, respectivamente. Durante la campaña 2008/09, las condiciones ambientales de Pergamino se asemejaron a las que predominan en localidades ubicadas más al norte, favoreciendo la sobreexpresión del proceso de volatilización. Es de esperar que en un año con registros medios de temperatura y humedad, las pérdidas de N alcancen valores intermedios a los determinados en la región pampeana sur –Balcarce- y norte –Oliveros o Rafaela-.

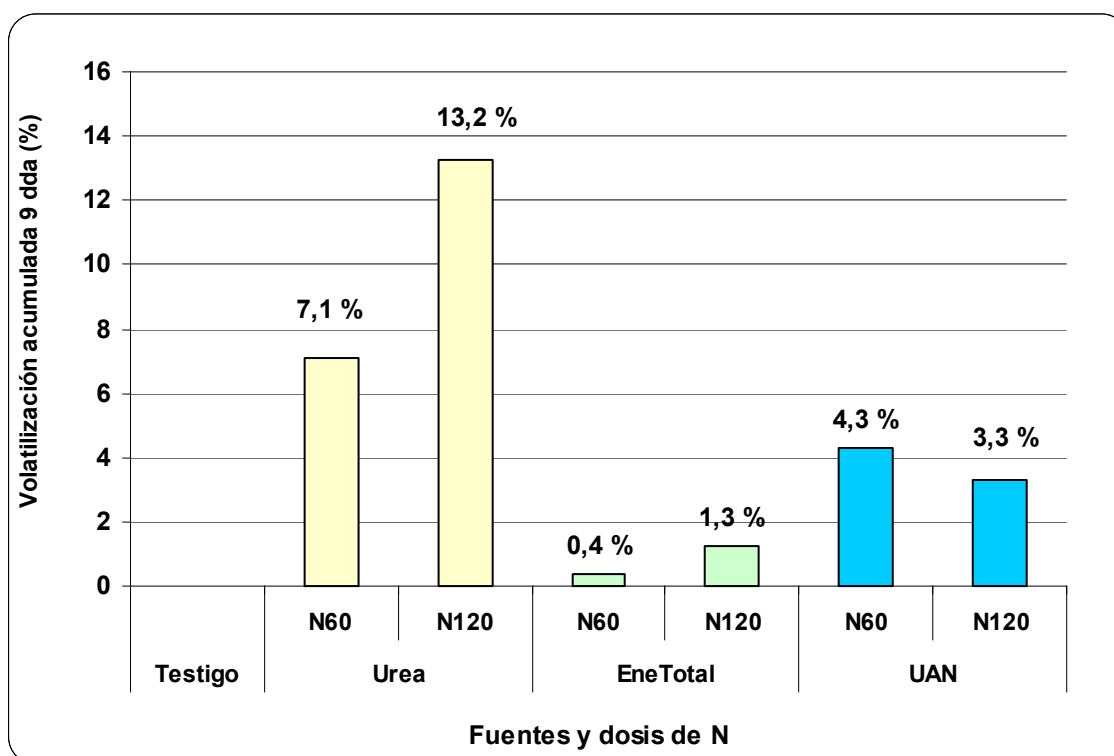


Figura 2: Incremento relativo en las pérdidas de N en forma de NH₃, con relación al testigo no fertilizado, al noveno día desde la aplicación de los fertilizantes. Fuentes, dosis y uso de inhibidores de la volatilización de nitrógeno en Maíz. Pergamino, campaña 2008/09.

Los tratamientos se manifestaron claramente en parámetros simples de cultivo (Tabla 4), que en alguna medida anticiparon lo que sucedería más tarde en los rendimientos. El testigo mostró síntomas marcados de deficiencias de N. Las diferencias entre dosis se manifestaron en variables simples, como las lecturas Spad o el número de hojas verdes en floración. Esta medida fue especialmente sensible, marcando diferencias entre dosis para aquellas fuentes que sufrieron pérdidas de menor magnitud, es decir, que lograron absorber el N aplicado.

Tabla 4: Índice de verdor (Unidades Spad), número de hojas verdes y secas, altura de plantas y de inserción de espigas. Evaluación de fuentes, dosis y uso de inhibidores de la volatilización de nitrógeno en Maíz. Pergamino, Campaña 2008/09.

Nº	Tratamiento	Lecturas Spad	Número hojas senescidas R1	Número hojas verdes R1	Altura plantas (cm)	Altura inserción (cm)
T1	Testigo	39,0	6	10	205	110
T2	Urea 60	40,8	5	12	233	110
T3	Urea 120	43,5	4	13	230	105
T4	EneTotal	39,7	5	12	238	125
T5	EneTotal	42,2	3	14	230	120
T8	UAN 60	41,1	4	13	225	105
T9	UAN 120	44,4	2	15	230	120

Se determinaron diferencias en rendimiento entre tratamientos (P=0,003; CV=6,7%). El testigo se diferenció netamente del resto (Figura 3). En general, la dosis menor (N60) permitió alcanzar el rendimiento máximo para todas las fuentes. La sequía que imperó durante la

campana limitó los rendimientos y con ello la capacidad de respuesta a N, impidiendo así que el agregado de N120 se manifestara por sobre la dosis inferior.

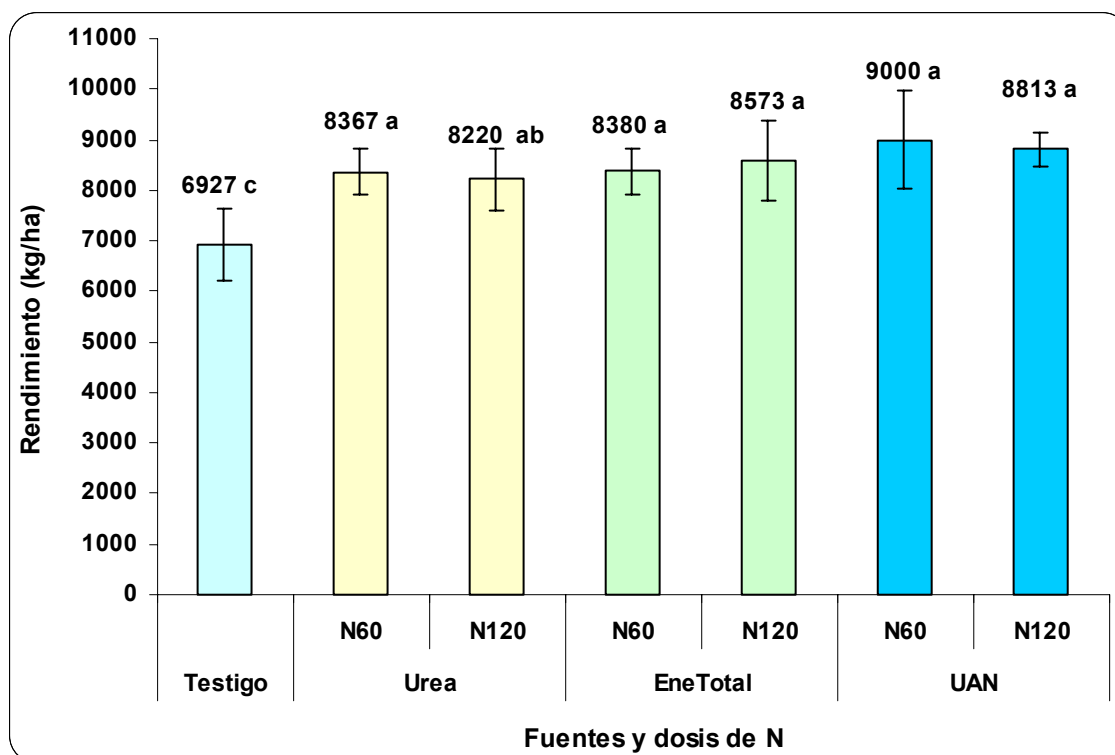


Figura 3: Producción de grano (kg ha^{-1}) de diferentes dosis, fuentes y tratamientos con inhibidores de la volatilización de N en maíz. Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ($\text{LSD } \bullet=0,05$). Las barras verticales indican la desviación Standard de la media. Pergamino, Campaña 2008/09.

Conclusiones:

- Bajo condiciones predisponentes se registraron en la localidad de Pergamino pérdidas moderadas de N por volatilización. Estas alcanzaron un rango de 3,1 a 19,0 kgN ha^{-1} , y podrían considerarse muy próximas al máximo esperable para la localidad.
- La magnitud de las pérdidas fue afectada por la fuente, la dosis y el uso de inhibidores. El incremento de la dosis satura la capacidad del suelo para retener amonio y produce un aumento de las pérdidas en términos absolutos y relativos. El inhibidor NBPT, que acompaña a la Urea en la fuente EneTotal, fue efectivo para reducir la producción de NH_3 a niveles similares al testigo.
- El rendimiento reflejó efecto de tratamiento, el cual siguió la tendencia de las pérdidas por volatilización y se asoció a variables simples que reflejaron el grado de nutrición nitrogenada. No obstante, el rendimiento máximo se alcanzó con la dosis de N60, lo cual se atribuye a una limitación en los rendimientos y la demanda de N causada por sequía.
- Los resultados reflejan la factibilidad de alcanzar elevadas EUN y reducir las pérdidas con una variedad de estrategias de fertilización. La utilización de inhibidores de la volatilización brinda una herramienta de manejo adicional a las ya conocidas – incorporación mecánica, proximidad de lluvias- ampliando el espectro de fuentes nitrogenadas que pueden utilizarse en forma segura y confiable.

Literatura citada

-Barbieri, P. A.; Echeverría, H. E. y Sainz Rosas, H. 2005. "Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización en el cultivo de maíz en función de la fuente, dosis y métodos de colocación del fertilizante". (Convenio INTA Balcarce - Profertil, 2004/05).

- Fontanetto, Hugo y Keller, Oscar. 2006. Manejo de la fertilización en Maíz. Experiencias en la Región Pampeana Argentina. En: Información Técnica de Cultivos de Verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea N° 106. pp 85-113 INTA EEA Rafaela.
- Keeny D R, Nelson W D. 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).
- Nomnik H. 1973. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. Plant Soil. 39:309-318.
- Osmond, D, C. Crozier, J. Dunphy, K. Edminsten, L. Fisher, R. Heiniger, R Weisz and D. Hardy. 2008. Testing New Fertilizers and Fertilizer Additives. Department of Soil Science. NC State university. Disponible on line. www.stanly.ces.ncsu.edu/files/library/84/Fertilizer%20Additives.3.7.2008.pdf
- Sainz Rozas, H, Echeverría H.E, Studdert G.A, Andrade, FH, 1997a. Volatilización de amoníaco desde urea aplicada al cultivo de maíz bajo siembra directa. Ciencia del Suelo 15: 12-16
- Trenkel, M.E. 1997. Improving Fertilizer Use Efficiency. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. 151 p
- Videla, CC. 1994. La volatilización de amoníaco: una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. EEA Balcarce INTA Bol.Tec. 131, 16 p.
- Salvagiotti, F. 2005. "Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización y su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz". EEA INTA Oliveros. (Convenio INTA Oliveros - Profertil, 2004/05)
- Watson, C.J. 2000. Urease activity and inhibition. Principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceeding N° 454. 39 p