

## CONTENIDO

	Pág.
<b>Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa productiva</b> .....	1
<b>Reservas mundiales de nutrientes para fertilizantes</b> .....	5
<b>Resina de intercambio iónico para determinar la disponibilidad de fósforo en el suelo</b> .....	11
<b>Reporte de Investigación Reciente</b> .....	15
- Mineralización de residuos y crecimiento de raíces en caña de azúcar en relación a la fertilización con nitrógeno a la siembra	
- Fuentes de nitrógeno y épocas de aplicación en trigo en labranza cero en suelos del cerrado	
<b>Cursos y Simposios</b> .....	15
<b>Publicaciones Disponibles</b> .....	16

Editores : **Dr. José Espinosa**  
**Dr. Raúl Jaramillo**

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor



Misión: Desarrollar y promover la información científica sobre el manejo responsable de la nutrición de las plantas para beneficio de la humanidad

## PERDIDAS DE NITROGENO POR VOLATILIZACION EN CAFETALES EN ETAPA PRODUCTIVA

Luis Leal<sup>1</sup>, Alveiro Salamanca<sup>2</sup> y Siavosh Sadeghian<sup>3</sup>

### Introducción

Se ha demostrado que el cultivo del café responde positivamente a la aplicación de nitrógeno (N). Para condiciones de Colombia se recomienda aplicar entre 120 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, de acuerdo al contenido de Materia Orgánica (MO) del suelo, al nivel de sombra y a la densidad de siembra (Sadeghian, 2008). Además, se ha encontrado que cuando se deja de aplicar N, la producción puede reducirse a menos de la mitad cuando el contenido de MO del suelo es menor a 8 % o cuando es mayor al 30 % (Sadeghian, 2009).

En la caficultura colombiana, la urea es la fuente de N más utilizada para suplir los requerimientos del cultivo, debido a su alto contenido de N (46 %) y a su relativo bajo costo. Sin embargo, cuando esta fuente no se incorpora en el suelo se producen elevadas pérdidas por volatilización de N en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>).

La volatilización del N se origina por las reacciones de hidrólisis de la urea en contacto con el agua en la superficie del suelo. Estas reacciones producen NH<sub>3</sub> y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que son gases que se pierden fácilmente por volatilización. La magnitud de las pérdidas está determinada por factores ambientales (temperatura, lluvia y viento), por factores de suelo [capacidad de intercambio catiónico (CIC), MO, pH] y por el manejo del fertilizante (fuente, dosis y forma de aplicación) (Hargrove, 1988).

Las pérdidas de NH<sub>3</sub> por volatilización se pueden determinar en forma directa o indirecta. El método directo utiliza equipos de diversas formas y dimensiones para atrapar el NH<sub>3</sub> liberado del suelo mediante sistemas absorbentes ubicados en el interior de colectores (Lara y Trivelin, 1990). El colector semiabierto estático es el más conveniente para estudios en campo ya que posee una abertura permanente que posibilita el equilibrio de la atmósfera interna del colector con el aire exterior, minimizando así interferencias en la determinación (Nömmik, 1973). El método indirecto o de balance isotópico utiliza N marcado (<sup>15</sup>N) y consiste en determinar el NH<sub>3</sub> volatilizado a partir de la diferencia entre el N aplicado y el N residual del suelo, teniendo en

- <sup>1</sup> Extensionista de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- <sup>2</sup> Asistente de Investigación. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Chinchiná, Colombia.
- <sup>3</sup> Investigador Científico II, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Chinchiná, Colombia.

cuenta el N absorbido por la planta (Nömmik, 1973).

Se considera que las pérdidas por volatilización del N proveniente de la urea son importantes en el cultivo del café. Sin embargo, en Colombia no se había conducido experimentación de campo para cuantificar la magnitud de estas pérdidas. El objetivo de este estudio fue el de cuantificar las pérdidas de N provenientes de la aplicación superficial de urea en plantaciones de café en etapa productiva.

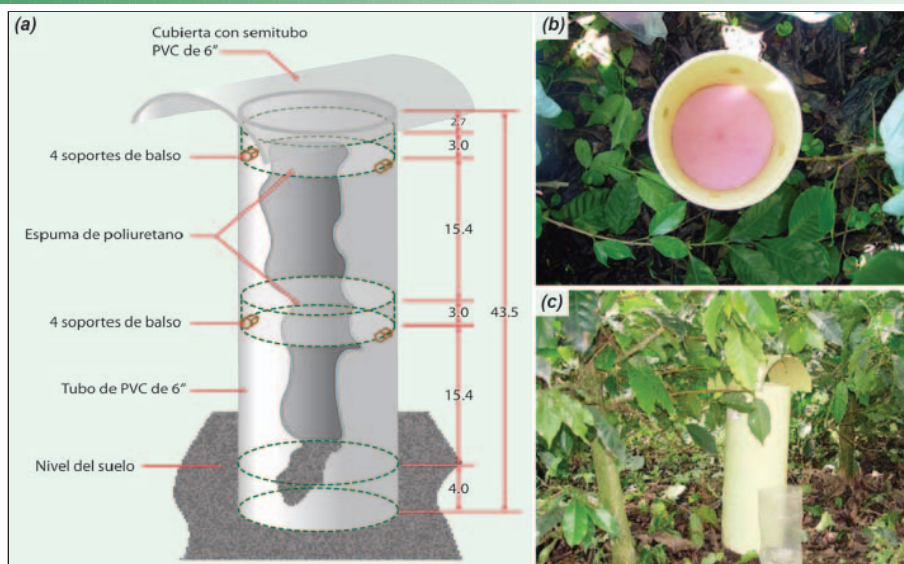
### Materiales y métodos

Este estudio se condujo en el primer semestre del año 2006 en dos estaciones experimentales del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé): Estación Central Naranjal y Subestación Experimental Paraguaicito, ubicadas en los departamentos de Caldas y Quindío, respectivamente. Las condiciones climáticas de los dos sitios se presentan en la **Tabla 1**. Los suelos de los sitios están clasificados como *Melanudands* y *Hapludands*, respectivamente. Las características físicas y químicas de los suelos utilizados en el estudio se presentan en la **Tabla 2**.

En cada localidad, se seleccionó un lote de café a libre exposición solar con adecuado manejo, en etapa productiva (tres años de edad) y que había sido sembrado con la variedad Colombia a una densidad de 6 700 plantas ha<sup>-1</sup>. Dentro de cada lote se ubicaron 10 bloques, cada uno conformado por dos árboles contiguos. En cada árbol se ubicó una unidad de observación en la zona del plato, a 30 cm del tallo, para cuantificar la volatilización de NH<sub>3</sub>. Una de las unidades de observación se fertilizó superficialmente con 6.5 g de urea, equivalentes a 3 g de N, y la otra unidad permaneció como testigo (sin fertilización).

Cada unidad de observación consistió de un colector semiabierto estático hecho de un cilindro de PVC de 15 cm de diámetro y 44 cm de altura, en cuyo interior se colocaron dos láminas de espuma de poliuretano de 3 cm de espesor, separadas 15.4 cm entre sí (**Figura 1**). Cada lámina de espuma se embebió en 70 ml de una solución de ácido sulfúrico 0.5 N y 3 % de glicerina (v/v). La lámina inferior atrapa el NH<sub>3</sub> liberado desde el suelo, mientras que la lámina superior evita el ingreso de NH<sub>3</sub> proveniente de la atmósfera (Nömmik, 1973; Lara et al., 1999).

La volatilización del NH<sub>3</sub> se determinó a los 1, 2, 3, 5, 9, 14 y 20 días después de la aplicación de la urea. Cada día de evaluación se reemplazaron las láminas de espuma de cada cilindro y se adicionó un volumen de agua similar a la



**Figura 1. (a) Esquema del colector de NH<sub>3</sub>. (b) Colector de NH<sub>3</sub> con la lámina de espuma inferior instalada. (c) Colector de NH<sub>3</sub> instalado en el campo.**

precipitación recogida en recipientes aledaños. La lámina inferior se llevó al laboratorio para determinar la cantidad de NH<sub>3</sub> volatilizado. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 10 repeticiones y se empleó como factor de bloqueo el grado de fertilidad del suelo, determinado por la posición del terreno en la pendiente.

Como información complementaria se recolectaron los registros diarios de temperatura media del aire y precipitación durante todo el periodo de evaluación en las dos estaciones climáticas de Cenicafé ubicadas cerca de los sitios de evaluación. Estas variables climáticas afectan la humedad del suelo y pueden afectar las pérdidas de NH<sub>3</sub> de la urea aplicada a la superficie del suelo.

### Resultados y discusión

Los promedios de las pérdidas por volatilización de NH<sub>3</sub> ocurridas a través del tiempo en los dos sitios de evaluación se presentan en la **Tabla 3**. En los dos sitios y durante todos los días de evaluación, las pérdidas de N ocurridas en el tratamiento de aplicación superficial de urea fueron mayores y significativamente diferentes del testigo sin N.

Cuando no se aplicó urea, las pérdidas diarias de NH<sub>3</sub> fueron muy bajas y relativamente constantes a través de tiempo. Las pérdidas en Paraguaicito fueron más altas (0.87 - 0.95 mg de N) que las de Naranjal (0.40 - 0.61 mg de N). Estas pérdidas se encuentran dentro de los rangos reportados por la literatura para tratamientos similares (Barbieri y Echeverría, 2003; Sangoi et al., 2003) y pudieron provenir de formas de N que se liberan del suelo por la actividad microbiana (Havlin et al., 1999).

El comportamiento de la volatilización de N en los tratamientos con aplicación de urea fue similar en las dos localidades, con pérdidas muy bajas en el primer día y un incremento notable en el segundo día, pasando de 22.0 a 257.7 mg de N en Naranjal y de 13.4 a 279.6 mg

**Tabla 1. Condiciones climáticas de los sitios del estudio (Cenicafé, 2005).**

Sitio	Altitud m	Temperatura °C	Humedad relativa %	Brillo solar h año <sup>-1</sup>	Precipitación mm año <sup>-1</sup>
Naranjal	1381	21.3	73.1	1797	2711
Paraguaicito	1203	21.9	77.0	1720	2149

**Tabla 2. Principales propiedades físicas y químicas de los suelos del estudio.**

Sitio	Arena	Limo	Arcilla	MO	pH	CIC cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup>
	----- % -----					
Naranjal	49	32	19	11.3	4.8	23
Paraguaicito	54	27	19	7.1	5.2	13

**Tabla 3. Promedios de las pérdidas de N por volatilización en los dos sitios de evaluación.**

Sitio	Tratamiento	----- Días después de la aplicación -----						
		1	2	3	5	9	14	20
		----- mg -----						
Naranjal	- urea	0.60	0.61	0.59	0.55	0.57	0.42	0.40
	+ urea	22.0	257.7	199.9	205.1	119.6	64.0	43.9
Paraguaicito	- urea	0.89	0.87	0.86	0.87	0.88	0.95	0.86
	+ urea	13.4	279.6	260.7	263.3	126.5	68.1	33.9

en Paraguaicito (**Tabla 3**). Las pérdidas ocurridas entre el tercero y quinto día presentaron un leve descenso en Naranjal, pero fueron similares al segundo día en Paraguaicito. A partir del quinto día el porcentaje de N volatilizado se redujo gradualmente hasta llegar a los niveles más bajos en el día 20.

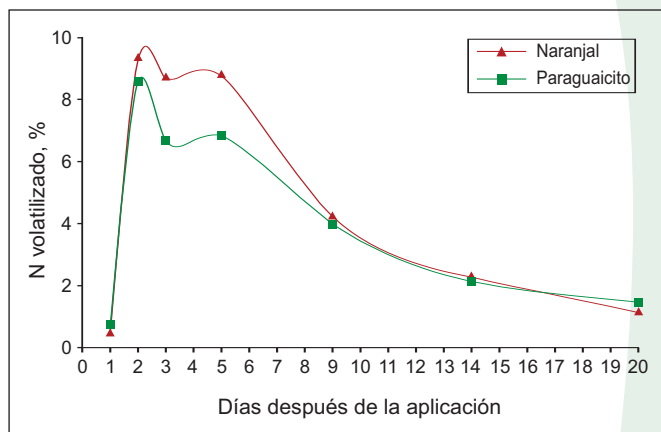
Las elevadas pérdidas de N durante los primeros días se deben a la rápida disolución e hidrólisis de la urea, procesos que producen un aumento del pH alrededor del gránulo y que facilitan la formación de NH<sub>3</sub> a partir del amonio (NH<sub>4</sub>) producto de la primera reacción de la urea (Kiehl, 1989; Vitti et al., 2002).

Al expresar los resultados de las pérdidas diarias de N como porcentaje del total de N aplicado se observa que el comportamiento de la volatilización fue similar en las

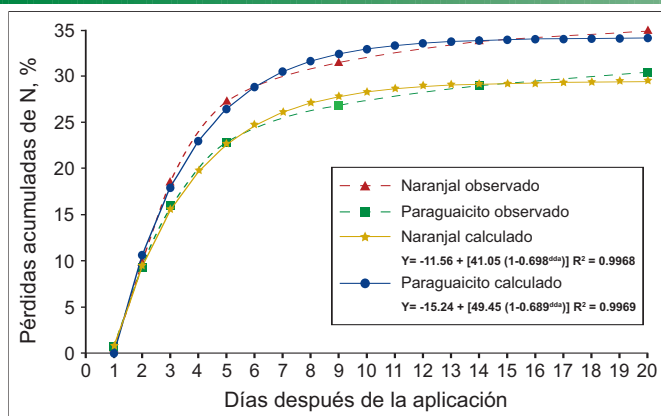
dos localidades (**Figura 2**). Las altas pérdidas del segundo día equivalen al 8.6 y 9.3 % para Naranjal y Paraguaicito, respectivamente. Las pérdidas ocurridas del tercero al quinto día en Naranjal sufrieron un ligero descenso, mientras que en Paraguaicito las pérdidas fueron similares a las del segundo día.

Las pérdidas acumuladas de N se presentan en la **Figura 3**. Al finalizar el periodo de evaluación la volatilización total en Naranjal fue de 30 % del total del N aplicado, menor que la de Paraguaicito que fue 35 %. La volatilización durante los primeros 5 días de evaluación fue muy alta alcanzando 23 % en Naranjal y 27 % en Paraguaicito. Estas pérdidas de N son similares a las reportadas para plantaciones de caña de azúcar en Brasil con valores que fluctuaron entre 35 y 36 % del N aplicado (Costa et al., 2003).

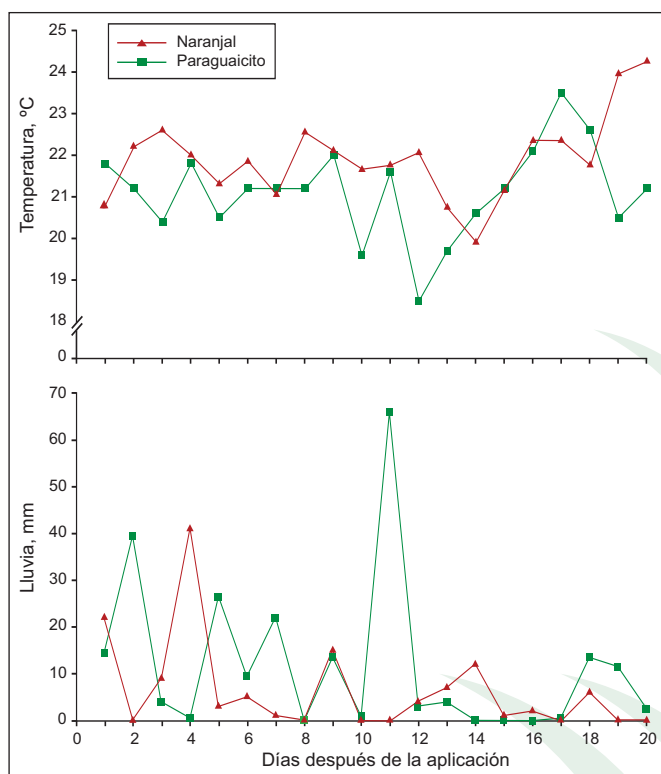
En la **Figura 3** también se presentan los datos de volatilización acumulada calculados por el modelo de regresión de mejor ajuste con los datos obtenidos en los dos sitios. La información obtenida en los dos sitios indica que a los 20 días se reduce casi totalmente la volatilización del NH<sub>3</sub> proveniente de la urea. Si se asume entonces que la pérdida a los 20 días representa el 100 % del total de N perdido por volatilización, los datos obtenidos indican que a los 10 días después de aplicada la urea se ha perdido aproximadamente 96 % del total del N volatilizado. Esto indica que las pérdidas por volatilización ocurren en un corto periodo de tiempo y que las medidas para control de estas pérdidas deben ajustarse a estas condiciones.



**Figura 2. Promedio de pérdida diaria de N a través del tiempo en los dos sitios de evaluación.**



**Figura 3. Promedio de pérdidas acumuladas de N y curvas de regresión ajustadas para los datos de los dos sitios de evaluación.**



**Figura 4. Temperatura media del aire y precipitación diaria registrada en las Estaciones Experimentales Naranjal (Marzo 14 - Abril 02, 2006) y Paraguaicito (Abril 27 - Mayo 16, 2006).**

La diferencia en la magnitud de las pérdidas de N por volatilización entre los dos sitios estudiados fue de 5 %, siendo más alta en Paraguaicito. Esta diferencia está asociada con las características de suelo y clima de los sitios donde se condujo el estudio.

El suelo es uno de los factores que más influye en el proceso de volatilización. Características como el contenido de MO, CIC, textura y pH afectan la magnitud de la volatilización. Los suelos con alta CIC y mayor contenido de MO poseen mayor capacidad de retener el  $\text{NH}_4^+$  liberado por las reacciones de hidrólisis de la urea y esto reduce la volatilización (Fenn y Kissel, 1976; Fleisher et al., 1987). Los resultados obtenidos sugieren que algo similar ocurre en los sitios del estudio. En

Naranjal las pérdidas fueron menores debido al mayor contenido de MO y una mayor CIC en comparación con Paraguaicito. Las diferencias en pH y textura entre los dos sitios no son suficientes como para explicar la diferencia en volatilización de  $\text{NH}_3$  observada.

Se ha documentado en cafetales de Colombia que la temperatura del aire hasta 2 m de altura tiene alta correlación con la temperatura del suelo en los primeros 10 cm de profundidad (Jaramillo, 2005). Esta condición es a su vez influenciada por otros elementos meteorológicos como radiación solar, viento, evaporación, condensación, lluvia y por factores del suelo como labranza, MO, textura y humedad. Como se observa en la **Figura 4**, el comportamiento de la temperatura media registrada durante los 20 días de evaluación fue diferente entre las dos localidades. En general, la menor temperatura media en Naranjal durante todo el periodo de estudio podría asociarse con la menor magnitud en las pérdidas de N por volatilización. Las pérdidas de N por esta vía son mayores a medida que aumenta la temperatura ya que se incrementa la actividad microbiana del suelo, particularmente de los microorganismos que generan la enzima ureasa (Ernst y Massey, 1960; Hargrove, 1988).

En la **Figura 4** se presenta el comportamiento de la precipitación diaria durante el periodo de estudio en ambas localidades. La precipitación total durante los 20 días de evaluación en Naranjal fue de 252 mm, mientras que en Paraguaicito solo llegó a 128 mm. La menor cantidad de N volatilizado en Naranjal puede relacionarse con la mayor cantidad de lluvia acumulada durante los primeros 5 días de evaluación, periodo en el cual ocurrió la mayor pérdida en los dos sitios. La lluvia disminuye las pérdidas de N por volatilización porque diluye, alrededor del gránulo del fertilizante, la concentración de hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ) producidos durante la hidrólisis de la urea y además incorpora el fertilizante en el suelo (Lara et al., 1997).

### Conclusión

Los datos de este estudio demuestran que las pérdidas de N proveniente de la urea aplicada a la superficie del suelo son significativas y que ocurren en un periodo corto de tiempo. El efecto combinado de suelo y clima influye en la cantidad total de pérdida, pero en cualquier situación las pérdidas de N por volatilización en los cafetales son importantes. Es necesario ajustar las formas de manejo de los fertilizantes para eliminar o minimizar este tipo de pérdidas.

### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Cenicafé y a todas aquellas personas que colaboraron durante la realización de este trabajo.

## Bibliografía

- Barbieri, P.A. y H.E. Echeverría. 2003. Evolución de las pérdidas de amoníaco desde urea aplicada en otoño y primavera a una pastura de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). Revista de Investigaciones Agropecuarias 32:17-27.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. 2005. Archivo de información climática, Cenicafé, Disciplina de Agroclimatología. 552 p.
- Costa, G., C. Vitti, H. Cantarella. 2003. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. Revista Brasileira de Ciência do Solo 27:631-637.
- Ernst, J.W. and H.F. Massey. 1960. The effects of several factors on volatilization of ammonium formed from urea in soil. Soil Science Society of America Journal 24:87-90.
- Fenn, L.B. and D.E. Kissel. 1976. The influence of cation exchange capacity and depth of incorporation on ammonia volatilization ammonium compounds applied to calcareous soils. Soil Science Society of America Journal 40:394-397
- Fleisher, Z., A. Kenig, I. Ravina, and J. Hagin. 1987. Model of ammonia volatilization from calcareous soils. Plant and Soil 103:205-212.
- Hargrove, W.L. 1988. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: Bock, B., and D. Kissel (eds). Ammonia volatilization from urea fertilizers. Alabama, National Fertilizer Development Center, p. 17-37.
- Havlin, J.L., D.J. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Upper Saddle, Prentice Hall, 1999.
- Jaramillo, A. 2005. Clima andino y café en Colombia. Chinchiná, Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. 192 p.
- Kiehl, C.J. 1989. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. Revista Brasileira de Ciência do Solo 48:75-80.
- Lara, A., G. Korndörfer, e A. Motta. 1997. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amonio. Revista Brasileira de Ciência do Solo 21:481-487.
- Lara, A., e P. Trivelin. 1990. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH<sub>3</sub> volatilizado da uréia aplicação ao solo. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 14:345-352.
- Lara, A., P. Trivelin, J. Bendassolli, D. Santana, and G. Gascho. 1999. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis 30:389-406.
- Nömmik, H. 1973. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. Plant and Soil 39:309-318.
- Sadeghian, K.S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía Práctica. Boletín Técnico Cenicafé 32:1-43.
- Sadeghian, K.S. 2009. Calibración de análisis de suelo para N, P, K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. Cenicafé 60(1):7-24.
- Sangoi, L., P. Ernani, V. Lech, G., and G. Rampazzo. 2003. Volatilization of N-NH<sub>3</sub> influenced by urea application forms, residue management and soil type in lab conditions. Ciencia Rural 33:687-692.
- Vitti, G.C., J.E. Tavares Junior, P.H. Luz, J.L. Favarin, e M.C. Costa. 2002. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. Revista Brasileira de Ciência do Solo 26:663-671. ★

