

Fertilizantes nitrogenados

Implicaciones agronómicas para el cultivo del café en Colombia

Entre los nutrientes requeridos por el café, el nitrógeno (N) es el más limitante para la producción en Colombia (Sadeghian, 2009), razón por la cual se recomienda incluirlo de manera permanente en los planes de fertilización durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo (Sadeghian, 2008). Para este propósito pueden emplearse abonos orgánicos, fertilizantes de síntesis química o una combinación de los dos; sin embargo, y pese a las grandes bondades de los abonos orgánicos, su utilización se ve limitada por las altas cantidades requeridas en razón de las bajas concentraciones de N, la poca disponibilidad en las diferentes regiones del país y los altos requerimientos de la mano de obra para su transporte en la finca y la aplicación.

Los fertilizantes nitrogenados de síntesis química más empleados en Colombia son la urea y el nitrato de amonio, seguidos por el sulfato de amonio-SAM y en menor proporción el nitrato de calcio.

La **urea** es una de las fuentes simples con mayor concentración de N (46%); se usa sola o en mezcla con otros fertilizantes durante todas las etapas del cultivo. Comercialmente se ofrecen dos tipos de urea: *prilled* y *granular*. La urea *prilled* tiene gránulos de menor tamaño (Figura 1) y un recubrimiento más delgado de formaldehído con respecto a la urea granular. El menor tamaño aumenta la segregación cuando se mezcla con otros fertilizantes y la capa más delgada de formaldehído ocasiona aglutinamiento de los gránulos, aspecto que afecta la calidad del producto durante su manejo, transporte y almacenamiento.

Con el propósito de inhibir o retardar los procesos asociados a las pérdidas de N luego de su aplicación, se han desarrollado diferentes tecnologías, principalmente recubrimientos de polímeros que afectan la hidrólisis de la urea o la nitrificación del amonio, entre otros.

El **nitrato de amonio** (34% de N) constituye la principal forma de N en los fertilizantes compuestos de tipo complejo





Cenicafé
Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Siavosh Sadeghian

Investigador Científico III
<https://orcid.org/0000-0003-1266-0885>

Hernán González-Osorio

Investigador Científico II
<https://orcid.org/0000-0001-5716-2172>

Disciplina de Suelos
Centro Nacional de Investigaciones de Café -
Cenicafé, Manizales, Caldas, Colombia

DOI (Digital Object Identifier) <https://doi.org/10.38141/10779/0544>

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafé

Diagramación

Carmenza Bacca Ramírez

Imprenta

ISSN-0120-0178

ISSN-2145-3691 (En línea)

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia
Tel. (606) 8500707
www.cenicafe.org

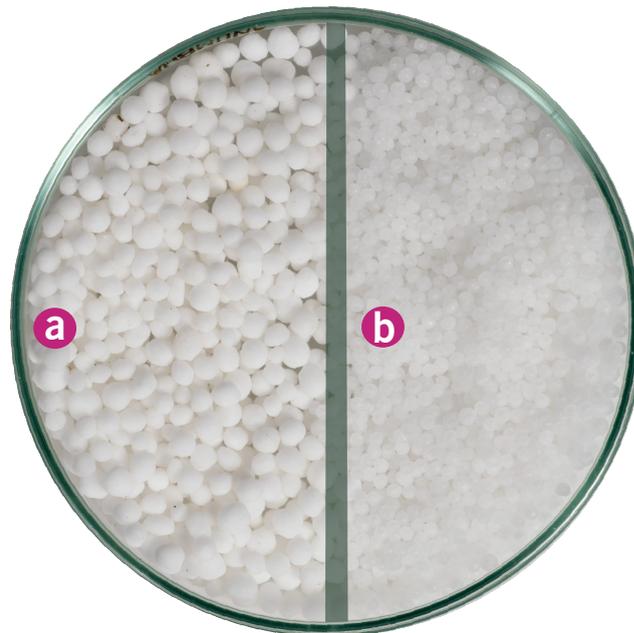


Figura 1. Tamaño de la urea granular (a - diámetro promedio 3 a 4 mm) y la urea prilled (b - diámetro promedio 1 a 3 mm).

granulado, empleados comúnmente en la etapa de producción de café. El **SAM**, con 21% de N y 24% de azufre (S), se utiliza como fuente de S y, dado su poder acidificante, resulta útil cuando el valor del pH del suelo excede el óptimo para el cultivo de café (mayor que 5,5). La importancia del **nitrateo de calcio**, con 15% de N y 26% de CaO, radica fundamentalmente en su contenido de calcio.

La disponibilidad real de N en el suelo para las plantas, definida por la cantidad del elemento que puede absorber el cultivo de café durante un tiempo determinado, es el resultado del balance entre las entradas y las salidas que se presentan en el sistema. Las entradas corresponden principalmente a los aportes de N que provienen de los residuos orgánicos y los fertilizantes. Las salidas ocurren por la erosión, escorrentía, volatilización, lixiviación, denitrificación y remoción por la cosecha (Sadeghian, 2014). En cuanto a las pérdidas de N relacionadas con las fuentes fertilizantes, las mayores diferencias se relacionan con los procesos de volatilización y la lixiviación.

El gas amoníaco (NH_3) es un producto natural de la mineralización de N que se volatiliza hacia la atmósfera en pequeñas cantidades. La magnitud de las pérdidas de N a través de este proceso se incrementa cuando se aplican fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la superficie. Las pérdidas de N por volatilización son mayores cuando se emplea urea con respecto a otras fuentes; ello como resultado del incremento del pH del suelo en el área que circunda a los gránulos de este fertilizante (Havlin et al., 2017).

A su vez, las pérdidas de N por lixiviación se relacionan mayoritariamente con la forma nítrica del elemento (NO_3^-), la cual no es retenida por las cargas negativas del suelo (fase intercambiable, representada por la capacidad de intercambio catiónico-CIC), y se moviliza con facilidad más allá de la profundidad de las raíces. Este fenómeno, además de generar contaminación ambiental y afectar la calidad de las aguas para el consumo, incrementa

los costos de producción. En contraste, la forma amoniacal de N (NH_4^+) es capaz de adherirse temporalmente a las cargas negativas del suelo, reduciendo así su lixiviación. Cabe anotar que el amonio retenido por el suelo puede pasar a la forma nítrica una vez que se encuentre en la solución del suelo.

Es habitual la censura al uso de la urea debido a sus pérdidas por volatilización de N que genera su aplicación, así como la crítica al uso de fertilizantes portadores de N-nítrico por la susceptibilidad que presentan para lixiviar. El panorama descrito genera inquietudes para el caficultor al momento de elegir un fertilizante nitrogenado que reúna características favorables en su costo, efecto en la productividad de café y el impacto ambiental.

El objetivo del Avance Técnico es presentar resultados de investigaciones relacionadas con los fertilizantes nitrogenados de uso común en café, particularmente con las pérdidas de nitrógeno por volatilización y lixiviación, y el efecto en la producción.

Volatilización de nitrógeno

Experimento 1. Una investigación pionera para café en Colombia, realizada en las Estaciones Experimentales Naranjal (Caldas) y Paraguaicito (Quindío) demostró que, las pérdidas por volatilización al aplicar N en forma de urea *prilled* durante la etapa de producción de café, pueden alcanzar niveles entre 30% y 35% de la cantidad total aplicada (Figura 2). En este caso, las mayores pérdidas ocurrieron durante los primeros cinco días después de la aplicación (entre 23% y 27% de la cantidad aplicada, equivalentes al 77% de las pérdidas totales). Las

diferencias registradas entre las localidades se asociaron con las características del suelo y del clima.

Experimento 2. Para condiciones de la Estación Experimental Naranjal, se evaluó la volatilización de N durante la etapa de establecimiento de café, empleando como fuentes urea *prilled* y SAM. Al aplicar urea, se volatilizó cerca del 28% del N durante los siguientes 30 días de la aplicación, mientras que

las pérdidas a partir de SAM sólo representaron el 2% (Figura 3).

Estas diferencias entre las pérdidas se relacionan principalmente con el incremento inicial del pH, pues mientras con la aplicación de la urea el pH del suelo (evaluado 30 días luego de la aplicación del fertilizante), se incrementó en una unidad, con el SAM disminuyó en 0,33 unidades.

Experimento 3. Con el fin de generar alternativas para mitigar

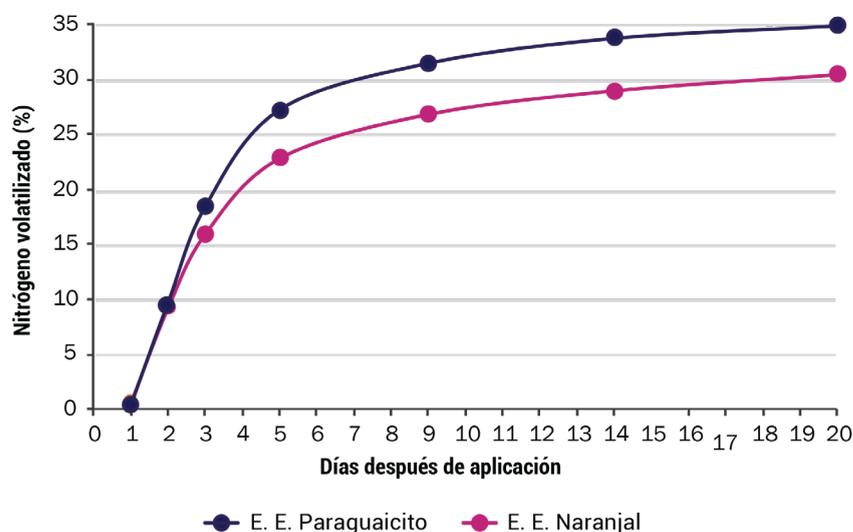


Figura 2. Pérdida de nitrógeno por volatilización a partir de urea *prilled* a través de tiempo en dos Estaciones Experimentales (E.E.) de Cenicafé. Tomado de Leal et al. (2007).

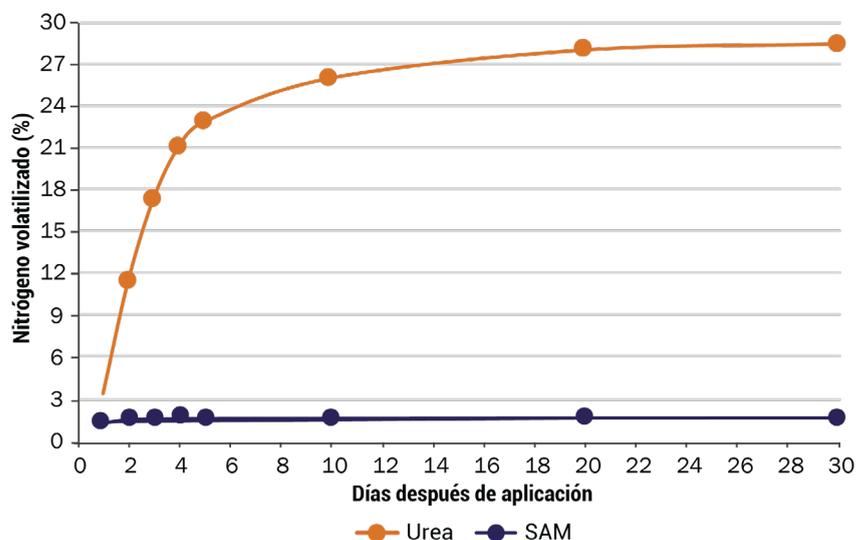


Figura 3. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de urea *prilled* y sulfato de amonio (SAM). Adaptado de González & Sadeghian (2012).

la volatilización de N, se evaluaron los siguientes tratamientos: 1) 3 g/planta de N aplicados como urea granular en la superficie del suelo, 2) 3 g/planta de N aplicados como urea *prilled* en la superficie del suelo, 3) 3 g/planta de N aplicados como urea *prilled* y enterrada a 3 cm de profundidad, 4) 3 g/planta de N suministrados como urea *prilled* y enterrada a 6 cm de profundidad, 5) 3 g/planta de N aplicados como urea disuelta en agua, y 6) 2 g/planta de N en forma de urea *prilled* en mezcla con 1 g/planta de N en forma de SAM, aplicados en la superficie del suelo.

Las pérdidas de N durante los siguientes 20 días después de la aplicación representaron cerca de 19% en el tratamiento 1 y 26% en el tratamiento 2 (Figura 4). Una vez que se profundizó la urea *prilled* a 3 y 6 cm, las pérdidas disminuyeron a 4% y 0,2%, respectivamente. Con la aplicación de la urea *prilled* en disolución o mediante la mezcla de esta fuente con SAM, las cantidades volatilizadas de N fueron 17% y 11%, respectivamente.

Experimento 4. Cuando la urea se aplica al voleo en el plato del árbol, la volatilización de N es menor respecto a la que se presenta con la aplicación de manera concentrada, por ejemplo, en corona o media luna. Esto se debe a que, al dispersar los gránulos en el terreno, el incremento del pH generado en el suelo por la hidrólisis de esta fuente se amortigua parcialmente en el área de aplicación. Contrario a esto, una aplicación concentrada en menor unidad de superficie de suelo, causa un mayor impacto en el pH y, en consecuencia, la volatilización se aumenta. Lo anterior se corroboró en una investigación en la que se evaluaron dosis equivalentes a 1,0; 2,0 y 3,0 g de N dispuestos en un área de 200 cm² del suelo en la zona de raíces de café. Al aplicar 1,0 g de N (urea más dispersa), sólo se volatilizó el 9% del N aplicado, en tanto que con las dosis de 2,0 y 3,0 g se generaron pérdidas equivalentes a 14% y 25%, respectivamente (Figura 5).

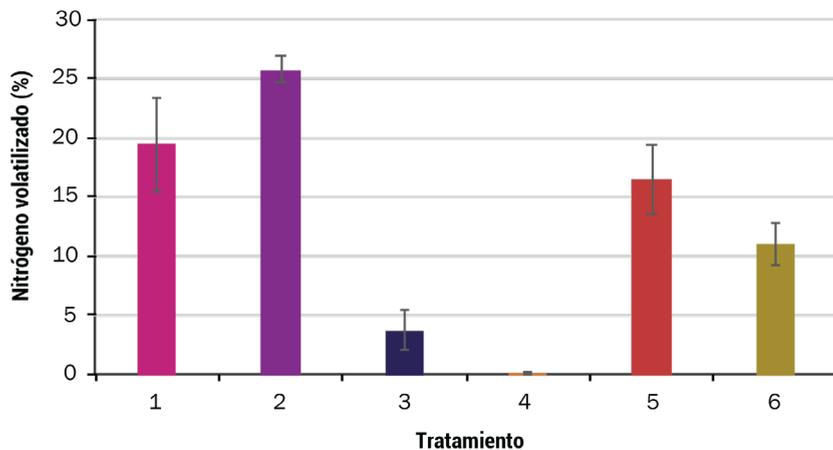


Figura 4. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de algunas alternativas de manejo. Adaptado de González et al. (2015).

- Tratamiento 1: urea granular aplicada en la superficie
- Tratamiento 2: urea *prilled* aplicada en la superficie
- Tratamiento 3: urea *prilled* aplicada a 3 cm de profundidad
- Tratamiento 4: urea *prilled* aplicada a 6 cm de profundidad
- Tratamiento 5: urea *prilled* disuelta en agua
- Tratamiento 6: urea *prilled* aplicada junto con sulfato de amonio

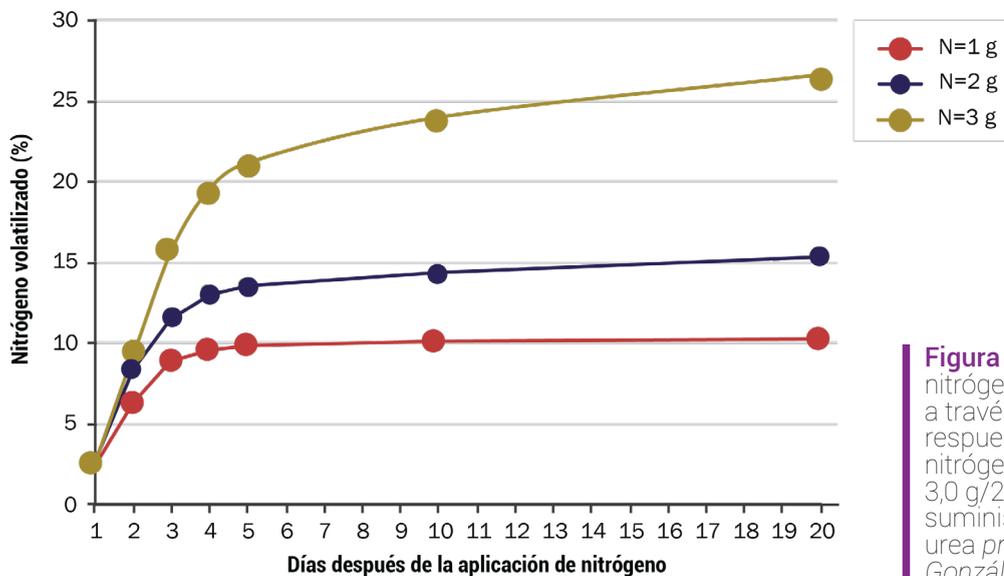


Figura 5. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a través de tiempo en respuesta a la dosis de nitrógeno (1,0 – 2,0 y 3,0 g/200 cm² de suelo), suministrado como urea *prilled*. Tomado de González et al. (2015).

Experimento 5. Se sabe que al mezclar los fertilizantes nitrogenados con las cales se propicia la volatilización de N, razón por la cual se recomienda evitar esta práctica. Por esto, se evaluó el efecto que tiene la aplicación de la urea en un terreno recién encalado; encontrando que esta práctica no afecta la volatilización de N (Figura 6). Lo anterior se debe a que la urea se solubiliza durante los primeros días luego de su aplicación, mientras que la cal tarda en reaccionar; además, el incremento inicial del pH por la aplicación de la urea generalmente es mayor que el de la cal.

Lixiviación de nitrógeno

Experimento 6. En una investigación realizada para un suelo franco arenoso de la unidad Quindío, se midió la lixiviación de N durante 90 días. Cuando se empleó como fuente la urea, las pérdidas acumuladas de N representaron el 7% mientras que

para el nitrato de amonio fueron 33% (Figura 7). Lo anterior corrobora que, para estas dos fuentes las pérdidas totales de N son equiparables, pues el nitrógeno procedente de la urea se volatiliza más pero se lixivia menos; en contraste, el nitrógeno que proviene del nitrato de amonio presenta una menor volatilización pero una mayor lixiviación.

Producción de café

Experimento 7. En cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé, ubicadas en los departamentos de Antioquia (El Rosario), Caldas (Naranjal), Quindío (Paraguaicito) y Tolima (La Trinidad), se evaluó el efecto de tres fuentes de nitrógeno en la producción y calidad física de café: nitrato de amonio, urea y urea Entec® (cubierta de una molécula para inhibir la nitrificación de N). En todas las localidades la producción de café se incrementó con el suministro de N, sin que se presentaran diferencias estadísticas

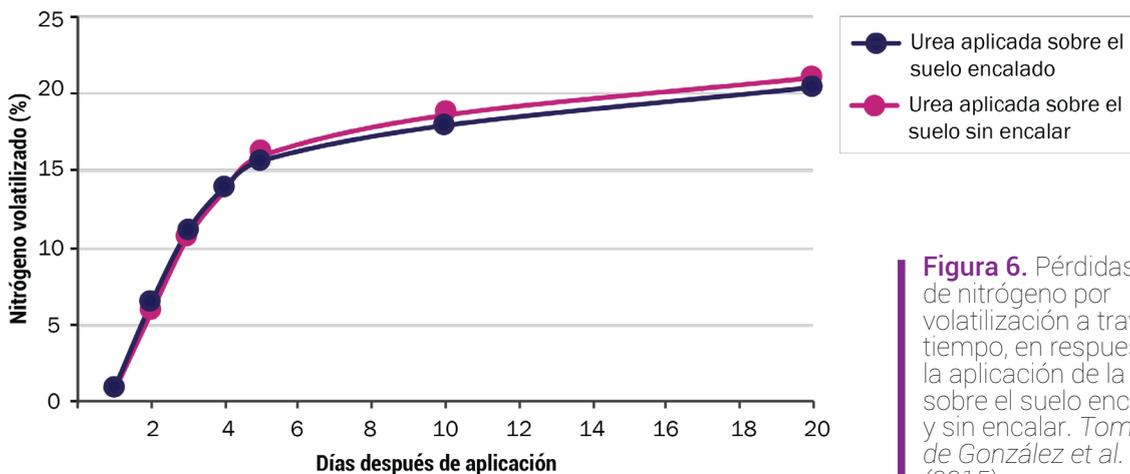


Figura 6. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a través de tiempo, en respuesta a la aplicación de la urea sobre el suelo encalado y sin encalar. Tomado de González et al. (2015).

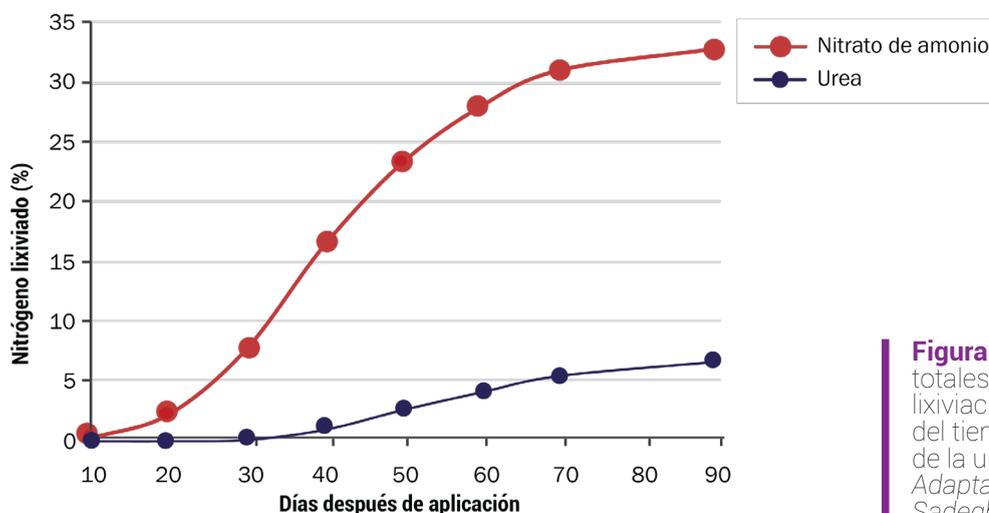


Figura 7. Pérdidas totales de N por lixiviación a través del tiempo, en suelo de la unidad Quindío. Adaptado de González y Sadeghian (2012).

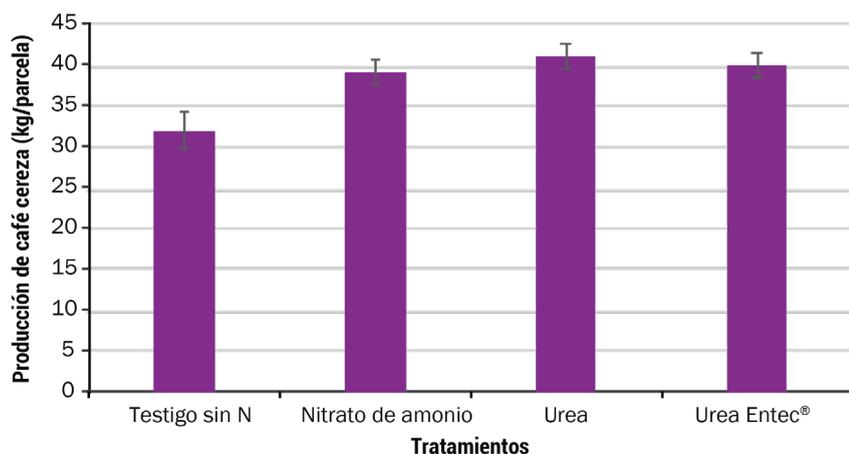


Figura 8. Producción de café cereza, obtenida en respuesta a tres fuentes de nitrógeno en la Estación El Rosario (Venecia, Antioquia). Valores promedio de tres dosis para cada fuente (100, 200 y 400 kg ha-año⁻¹). No se presentan diferencias estadísticas entre las fuentes de nitrógeno. Tomado de Sadeghian (2022).

entre las fuentes. En la Figura 8 se presenta un ejemplo de la producción de café cereza obtenida. La relación café cereza:café pergamino seco y el factor de rendimiento en trilla fueron estadísticamente iguales para las tres fuentes.

Experimento 8. En tres Estaciones Experimentales de Cenicafé, situadas en los departamentos de Caldas, Risaralda y Santander, se midió la producción de café en respuesta a la aplicación de dos tipos de fertilizantes: i) un complejo granulado del grado 17-6-18-2 con 10% de N-amoniaco y 7% N-nítrico, y ii) una mezcla física, equivalente en nutrientes, y obtenida a partir de urea, DAP y KCl. Los resultados no revelaron diferencias significativas en la producción entre las fuentes (Figura 9).

Experimento 9. Con el fin de determinar el efecto de la aplicación de nitrato de calcio, adicionado a fertilizantes de tipo complejo granulado y mezcla física, se llevó a cabo una investigación en cuatro localidades de Colombia, donde se evaluaron los siguientes tratamientos:

- Fertilizante tipo complejo granulado (CG)
- Fertilizante tipo complejo granulado + nitrato de calcio (CG+NC)
- Fertilizante tipo mezcla física, obtenida a partir de urea, DAP, KCl y Kieserita (MF)
- Fertilizante tipo mezcla física, obtenida a partir de urea, DAP, KCl y Kieserita + nitrato de calcio (MF+NC)

En todos los tratamientos se suministraron cantidades iguales de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre. Los resultados en producción, calidad física del grano y calidad en taza fueron estadísticamente iguales para los tratamientos en todas las localidades evaluadas. En la Figura 10 se presentan los resultados de la producción en la finca El Agrado (Quindío) y la Estación Experimental Naranjal (Caldas).

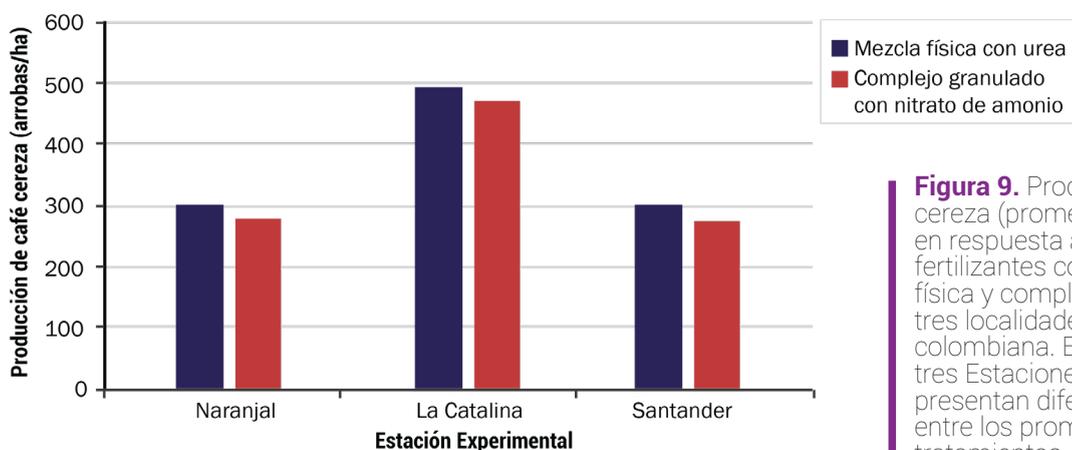


Figura 9. Producción de café cereza (promedio de cuatro años) en respuesta a la aplicación de fertilizantes compuestos en mezcla física y complejo granulado, en tres localidades de la zona cafetera colombiana. En ninguna de las tres Estaciones Experimentales se presentan diferencias estadísticas entre los promedios de los dos tratamientos. Tomado de Sadeghian et al. (2007).

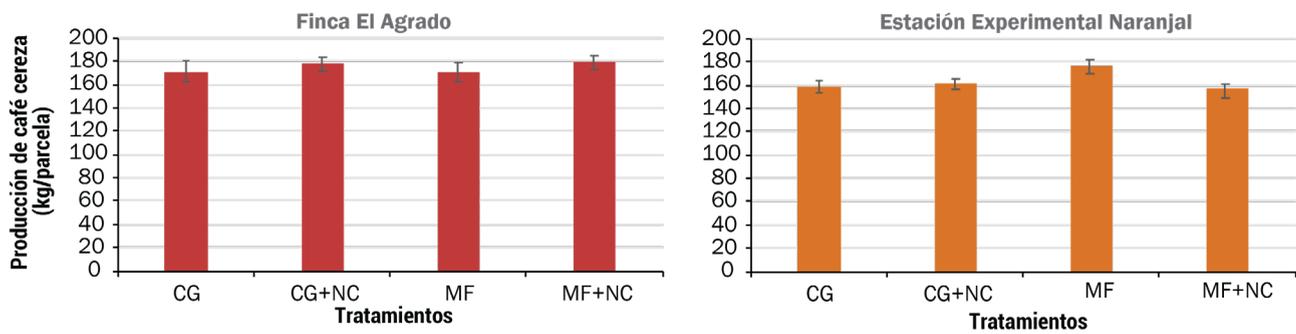


Figura 10. Producción de café cereza (promedio de cuatro años), en respuesta a la aplicación de nitrato de calcio (NC), adicionado a fertilizantes de tipo complejo granulado (CG) y mezcla física (MF), en dos localidades de Colombia. La dosis de calcio, suministradas a través de nitrato de calcio, correspondieron a 120 kg ha^{-1} de CaO. No se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

En resumen

- ✓ La fertilización nitrogenada incrementa la productividad de los cafetales.
- ✓ Las pérdidas de nitrógeno por volatilización pueden representar hasta el 35% de la cantidad aplicada cuando se emplea como fuente urea *prilled*. Es posible reducir estas pérdidas si se emplea urea granular en vez de urea *prilled* y se dispersa de manera homogénea esta fuente en el plato del árbol.
- ✓ Al enterrar la urea se reduce la volatilización de nitrógeno; sin embargo, esta práctica daña las raíces, genera erosión y aumenta los costos de la mano de obra.
- ✓ La aplicación de fertilizantes nitrogenados sobre suelos recién encalados no incrementa la volatilización.
- ✓ Las pérdidas de nitrógeno por volatilización son mayores en la urea que el nitrato de amonio; lo contrario ocurre con la lixiviación. En consecuencia, las pérdidas totales de nitrógeno (volatilización + lixiviación) a partir de estas dos fuentes resultan similares.
- ✓ Con la aplicación de fertilizantes compuestos de tipo complejo granulados, cuya fuente de nitrógeno es nitrato de amonio, pueden obtenerse productividades iguales que los fertilizantes en mezcla física, obtenidos a partir de la urea.

SEÑOR CAFICULTOR

EL NITRÓGENO es indispensable para el crecimiento y la producción del café.

Aumente su eficiencia en la utilización de este nutriente y la rentabilidad de su finca, seleccionando fertilizantes de buena calidad y aplicándolos en la época y forma adecuada.



Literatura citada

- González, H., & Sadeghian, S. (2012a). Lixiviación de nitrógeno en suelos de la zona cafetera a partir de diferentes fuentes fertilizantes. *Revista Cenicafé*, 63(1), 111–119. <http://hdl.handle.net/10778/516>
- González, H., & Sadeghian, S. (2012b). Volatilización del nitrógeno a partir de diferentes fuentes fertilizantes en la etapa de crecimiento vegetativo del café. *Revista Cenicafé*, 63(1), 132–143. <http://hdl.handle.net/10778/518>
- González, H., Sadeghian, S., Medina, R., & Castro, A. (2015). Alternativas para disminuir la volatilización de nitrógeno producida por la fertilización con urea. *Revista Cenicafé*, 66(1), 7–16. <http://hdl.handle.net/10778/604>
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2017). *Soil Fertility and Fertilizers : an introduction to nutrient management*. (8a ed.). Pearson.
- Leal, L., Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2007). Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa productiva. *Revista Cenicafé*, 58(3), 216–226. <http://hdl.handle.net/10778/224>
- Sadeghian, S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica. *Boletín Técnico Cenicafé*, 32, 1–43. <http://hdl.handle.net/10778/587>
- Sadeghian, S. (2009). Calibración de análisis de suelo para N, P, K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. *Revista Cenicafé*, 60(1), 7–24. <http://hdl.handle.net/10778/179>
- Sadeghian, S. (2014). Manejo integrado de nutrientes para una caficultura sostenible. *Suelos Ecuatoriales*, 44(2), 74–89. http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/40
- Sadeghian, S. (2022). Nutrición de café. Consideraciones para el manejo de la fertilidad del suelo. *Cenicafé*. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0017>
- Sadeghian, S., Hernández, E., & González, H. (2007a). Mezcla de fertilizantes en la finca, una buena opción para el caficultor. *Avances Técnicos Cenicafé*, 362, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/363>

