

# RESPUESTA DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) A FUENTES Y DOSIS DE NITRÓGENO EN LA ETAPA DE ALMÁCIGO

Siavosh Sadeghian Khalajabadi\*; Hernán González Osorio\*

---

SADEGHIAN K, S.; GONZÁLEZ O, H. Respuesta del café (*Coffea arabica* L.) a fuentes y dosis de nitrógeno en la etapa de almácigo. *Revista Cenicafé* 65 (1):34-43. 2014

Pese a los requerimientos de nitrógeno (N) en las diferentes etapas del desarrollo del café (*Coffea arabica* L.), la respuesta a su aplicación ha sido negativa durante la fase de almácigo en Colombia, probablemente como resultado de las altas dosis suministradas en forma de urea. Con el fin de aportar mayores criterios para el manejo de N en esta etapa del cultivo, se evaluó el efecto de cuatro dosis (0,25; 0,50; 0,75 y 1,00 g de N/planta) y ocho fuentes de N (urea, sulfato de amonio-SAM, nitrato de amonio, nitrato de potasio, Calcinit, Nitrorbor, Nitromag y Sulfammo) en el crecimiento y la absorción de nutrientes para dos unidades cartográficas de suelos del departamento de Antioquia (Salgar y Venecia). El N se aplicó cuando el almácigo tenía dos meses de edad, junto con 2 g/planta de  $P_2O_5$  en forma de superfosfato triple-SFT. Adicionalmente, se evaluaron otros tratamientos: i) testigo sin N, ii) testigo absoluto, iii) 2 g/planta de  $P_2O_5$ , como DAP, iv) mezcla de suelo:lombrinaza en proporción 3 a 1 y, v) 2 g/planta de  $P_2O_5$ , como DAP + mezcla de suelo:lombrinaza. La respuesta al N, medido como materia seca de las plantas, varió según la unidad de suelo, pues mientras que en Salgar sólo hubo efecto de fuentes, en Venecia se presentó efecto de fuentes y dosis. En las dos unidades el mayor promedio fue para SAM y el menor para nitrato de potasio. En la unidad Venecia, el óptimo biológico se obtuvo con 0,54 g/planta de N, sin que la magnitud del incremento fuese alta (16,5%). El uso de lombrinaza afectó negativamente el crecimiento de las plantas desarrolladas en el suelo de la unidad Salgar, mientras que para la unidad Venecia ocurrió lo contrario; en cuanto al uso de fósforo, su aplicación se tradujo en mayor peso de las plantas cuando se suministró como DAP. Las anteriores diferencias se asociaron con la salinidad y la acidez del suelo. La concentración de N en la planta no se incrementó con su aplicación.

**Palabras clave:** Nutrientes, lombrinaza, acidez, salinidad.

---

## COFFEE (*Coffea arabica* L.) RESPONSE TO NITROGEN SOURCES AND DOSIS DURING NURSERY

Nitrogen (N) is highly required by coffee (*Coffea arabica* L.) in the different crop stages, but in Colombia the response to this nutrient has been negative during the nursery stage likely as a result of high doses applied as urea. In order to provide more criteria for N management at this stage, the effect of four doses (0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 g of N / plant) and eight N sources (urea, ammonium sulfate-AS, ammonium nitrate, potassium nitrate, Calcinit, Nitrorbor, Nitromag and Sulfammo) on growth and nutrient uptake was assessed in two soil mapping units of Antioquia (Salgar and Venecia). When the seedlings were two months old, N was applied along with 2 g of  $P_2O_5$  / plant as triple superphosphate. Additionally, other treatments were evaluated: i) absolute control without N and P, ii) control without N, iii) 2 g of  $P_2O_5$  / plant, as DAP, iv) mixture of soil: earthworm manure in a 3 to 1 ratio, and v) mixture of soil:earthworm manure + 2 g of  $P_2O_5$  / plant, as DAP. The plant response to N in terms of dry weight depended on the soil unit; there was only effect of sources in Salgar, and effect of sources and doses in Venecia. In both soils the highest average was obtained for AS and the lowest for potassium nitrate. In Venecia, the biological optimum was obtained with 0.54 g of N / plant with a low increase of magnitude (16.5%). The plant growth was negatively affected by the manure in Salgar, but the opposite occurred in Venecia. By applying phosphorus as DAP the dry weight was increased. These differences were associated with soil salinity and acidity. The plant N concentration was not affected by the N application.

**Keywords:** Nutrients, earthworm manure, acidity, salinity.

---

\*Investigador Científico II e Investigador Científico I, respectivamente, Disciplina de Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

Parte importante del éxito en el desarrollo de los cafetales depende de la calidad del material que se lleva al campo. A su vez, el vigor de las plantas objeto de la siembra depende de las prácticas que se realicen para obtenerlas, entre las cuales tienen especial importancia aquellas relacionadas con la nutrición.

Se ha demostrado que durante la etapa de almácigo, el desarrollo de las plantas se ve favorecido por el uso de abonos orgánicos como pulpa de café (9), lombrinaza de pulpa de café (11, 13), gallinaza (3, 14), estiércol vacuno (16), pollinaza (3) y cenichaza (15).

La respuesta al fósforo (P) también ha sido favorable en la mayoría de las ocasiones (4, 7, 12); siendo la fuente más común el DAP, cuyos efectos trascienden del aporte de N y P a la acidificación del medio por la nitrificación del amonio y la subsiguiente reducción del efecto nocivo de abonos orgánicos parcialmente descompuestos (3).

Respecto al potasio (K), con su aplicación no se han logrado mejorar los parámetros relacionados con el vigor (13), e incluso, éstos se han afectado de manera negativa (7, 10).

Pese a la alta demanda relativa de nitrógeno (N) en las diferentes fases del desarrollo del cultivo, los resultados de las investigaciones desarrolladas en Colombia indican que durante la etapa del almácigo el suministro de N afecta negativamente el crecimiento de las plantas cuando se aplica en forma de urea (7, 12), probablemente en consecuencia de las dosis empleadas (más de 1 g/planta). Para remediar la anterior situación se sugiere suministrar cantidades más bajas (2) o realizar fraccionamiento (8).

Mediante el desarrollo de esta investigación se buscó aportar mayores criterios para el

manejo de la nutrición nitrogenada de café durante la etapa de almácigo en lo que a dosis y fuentes se refiere.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de la investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental El Rosario del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, ubicada en el municipio de Venecia (Antioquia) en el Ecotopo 203A, con las coordenadas geográficas 05° 58' latitud Norte, 75° 42' longitud Oeste y a una altitud de 1.635 m. Durante el transcurso del trabajo –febrero a septiembre de 2011– las variables climáticas fueron: precipitación de 2.929 mm, temperatura promedio 20°C, brillo solar 120 h.año<sup>-1</sup> y humedad relativa 81%.

Bajo el diseño de bloques completos al azar y empleando ocho repeticiones, se evaluó la respuesta de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo a cuatro dosis de N (0,25, 0,50, 0,75 y 1,00 g/planta), suministradas a través de urea (46% de N), SAM (21% de N y 24% de S), nitrato de amonio (26% de N), nitrato de potasio (13% de N y 45% de K<sub>2</sub>O), Calcinit (15,5% de N y 26,3% de CaO), Nitabor (15% de N, 26% de CaO y 0,3% de B), Nitromag (21% de N, 11% de CaO y 7,5% de MgO) y Sulfammo 26 (26% de N, 7% de CaO, 3,5% de MgO, 9% de S y 0,3% de B). El N se aplicó cuando las plántulas tenían 2 meses de transplante, junto con 2 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en forma de Superfosfato triple-SFT (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 19% de CaO). Además de los 32 tratamientos descritos (cuatro dosis x ocho fuentes), se contó con un testigo sin N, pero con aporte de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como SFT, un testigo absoluto (sin fertilización química ni orgánica) y tres alternativas de fertilización comúnmente empleadas durante esta etapa: i) 2 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados a través

de DAP (18% de N y 46% de  $P_2O_5$ ), ii) mezcla de suelo y lombrinaza en proporción 3 a 1, y iii) mezcla de suelo y lombrinaza en proporción 3:1 más 2 g/planta de  $P_2O_5$  suministrado vía DAP.

Se emplearon suelos de las unidades cartográficas Salgar y Venecia, obtenidos en los municipios de Fredonia y Venecia (Antioquia), respectivamente. Para ello, se recolectó aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de suelo, extraído de los primeros 25 cm del horizonte A, de un cafetal representativo de la región. Las propiedades de los suelos (Tabla 1) se determinaron mediante las siguientes metodologías descritas por Carrillo (5): pH potenciométrico en relación suelo:agua 1:1 (p/p); C orgánico Walkley Black-colorimétrica; N semi-miro Kjeldahl, P extracción con Bray II y lectura por colorimetría; Ca, Mg, K extracción con  $NH_4OAc$  1N-pH 7,0 y lectura por Espectroscopia de Absorción Atómica-EAA; Al extracción con KCl 1N y lectura por EAA; S extracción con fosfato de calcio monohidratado 0,008M y lectura por colorimetría turbidimetría; Fe, Mn, Zn, Cu extracción con EDTA 0,01M en  $NH_4OAc$  1N-pH 7,0 y lectura por EAA; B extracción con agua caliente y lectura por colorimetría; CIC extracción con  $NH_4OAc$  1N-pH 7,0 y lectura por colorimetría; textura por bouyucos.

Se utilizó café Variedad Castillo® El Rosario, cuyas semillas fueron sembradas en arena de río desinfectada. Después de 2,5 meses las plántulas se transplantaron en bolsas plásticas negras de 17 cm x 23 cm, que contenían suelo de cada unidad cartográfica. Para los tratamientos con lombrinaza la mezcla del abono orgánico y suelo se realizó 5 días antes del transplante.

Después de 6 meses de la siembra en las bolsas se extrajeron las plantas, se lavaron

**Tabla 1.** Propiedades de los suelos empleados en el estudio.

Propiedad	Unidad cartográfica de suelo	
	Salgar	Venecia
pH	4,8	5,0
N (%)	0,47	0,50
Materia orgánica (%)	12,2	13,0
P (mg.kg <sup>-1</sup> )	12,0	3,0
S (mg.kg <sup>-1</sup> )	29,8	0,30
Ca (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	1,03	1,86
Mg (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,37	0,61
K (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,38	0,21
Na (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,02	0,02
Al (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	2,3	5,1
CIC (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	23,0	31,0
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	191,0	171
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	10,0	6,0
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	2,2	2,9
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	4,0	0,8
B (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,35	0,23
Ar (%)	34,0	36,0
L (%)	19,0	19,0
A (%)	47,0	45,0
Clasificación textural	F.Ar.A.	F.Ar.

las raíces y se secaron en horno a 70°C, durante 48 h, tiempo después del cual se pesaron y se determinó la concentración de nutrientes mediante la metodología descrita por Carrillo *et al.* (6). Se extrajo una porción del suelo de cada tratamiento y repetición con el fin de obtener una muestra compuesta y determinar el pH y la conductividad eléctrica.

Para cada unidad cartográfica de suelo se realizó un análisis de varianza ( $p \leq 0,05$ ). Se utilizó la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparar los promedios entre fuentes y la prueba Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) para comparar el testigo sin N con respecto al promedio de las fuentes. Cuando se presentó efecto de las dosis se realizó análisis de regresión.

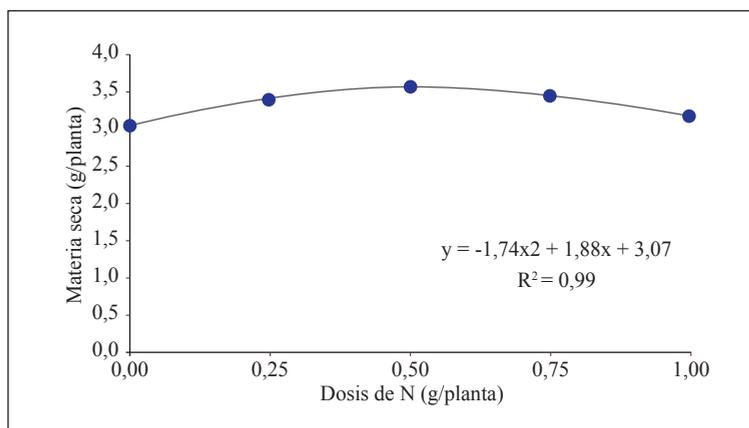
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efecto de los tratamientos en la materia seca de las plantas.** Para el suelo de la unidad cartográfica Salgar solo hubo efecto de las fuentes de N; en este sentido, el promedio más alto se obtuvo al aplicar SAM, el cual se diferenció estadísticamente de nitrato de amonio, Nitrabor, urea, nitrato de potasio y Sulfammo 26 (Tabla 2). En cuanto al testigo sin N, su promedio fue menor frente al SAM e igual con respecto a las demás fuentes ( $p \leq 0,01$ ).

Para el suelo de la unidad Venecia, el análisis de varianza indicó respuesta a dosis y fuentes, más no hubo interacción entre ellas. El promedio del peso de las plantas que recibieron aporte de N vía SAM, nitrato de amonio, Nitromag y urea fue mayor que el registrado para nitrato de potasio, siendo estadísticamente iguales el promedio de esta última fuente y los valores de Calcinit, Nitrabor y Sulfammo 26 (Tabla 2). El comportamiento de la respuesta a las dosis suministradas de N se ajustó a un modelo cuadrático (Figura 1), cuyo punto de inflexión (0,54 g/planta de N), señala la dosis requerida para alcanzar la biomasa máxima (óptimo biológico).

Los resultados expuestos difieren de los obtenidos por Giraldo y Rubiano (7) y Salazar (13), quienes hallaron un efecto negativo de N en el crecimiento de café en la etapa de almácigo; en contraste, éstos concuerdan con el reporte de Arizaleta *et al.* (2), autores que sugieren aplicar entre 0,48 y 0,60 g/planta de N como dosis adecuada. Pese a lo anterior, el efecto de los tratamientos de N en este estudio puede considerarse de baja magnitud, ya que para las dos unidades de suelo el máximo incremento en materia seca obtenido con respecto al testigo correspondió a 29%, el cual se obtuvo al aplicar SAM. De modo similar, el aumento obtenido mediante el suministro de 0,54 g/planta de N en el suelo de Venecia, sólo representó 16,5%. Esta baja respuesta se debe a la fertilidad natural de N en el suelo para satisfacer los requerimientos de las plantas; comportamiento que también fue observado por Arizaleta y Pire (1).

Cabe resaltar que durante la etapa de almácigo es posible lograr incrementos relativamente altos en el crecimiento de las plantas a través de una adecuada nutrición. Por ejemplo, Salamanca y Sadeghian (11) reportan aumentos entre 180% y 1.500% en la materia seca de las plantas, mediante el empleo de lombrinaza de pulpa de café.



**Figura 1.** Materia seca de las plantas de café, desarrolladas en el suelo de la unidad Venecia, en respuesta a dosis de nitrógeno (N). Valores promedio correspondientes a las siete fuentes fertilizantes empleadas.

**Tabla 2.** Valores promedio de la materia seca de las plantas de café, para dos unidades cartográficas de suelos del departamento de Antioquia, en respuesta a dosis y fuentes de nitrógeno (N).

Fuente de N	Dosis de N	Materia seca (g/planta)	
	(g/planta)	Unidad Salgar	Unidad Venecia
Testigo*	0,00	4,30	3,06
	0,25	4,98	2,96
	0,50	4,01	3,45
	0,75	3,94	2,88
	1,00	5,49	3,92
Calcinit	Promedio	4,64 AB	3,31 AB
	0,25	4,33	3,48
	0,50	3,90	3,16
	0,75	4,78	2,94
	1,00	4,54	3,03
Nitrorbor	Promedio	4,40 B	3,15 AB
	0,25	4,52	3,06
	0,50	4,31	2,62
	0,75	3,05	2,76
	1,00	3,25	1,84
Nitrato de potasio	Promedio	3,80 B	2,57 B
	0,25	4,82	3,75
	0,50	4,44	4,24
	0,75	5,00	4,31
	1,00	4,93	2,95
Nitromag	Promedio	4,80 AB	3,78 A
	0,25	4,92	3,34
	0,50	4,47	4,02
	0,75	4,33	4,24
	1,00	4,23	3,79
Nitrato de amonio	Promedio	4,46 B	3,83 A
	0,25	5,31	4,32
	0,50	5,53	3,93
	0,75	5,55	4,18
	1,00	5,76	3,41
SAM	Promedio	5,53** A	3,95 A
	0,25	4,26	3,43
	0,50	4,30	4,17
	0,75	3,94	3,75
	1,00	4,56	3,38
Urea	Promedio	4,24 B	3,67 A

Continúa...

...continuación

Fuente de N	Dosis de N	Materia seca (g/planta)	
	(g/planta)	Unidad Salgar	Unidad Venecia
Sulfammo	0,25	4,58	3,24
	0,50	4,68	3,21
	0,75	4,25	2,90
	1,00	4,05	3,47
	Promedio	4,38 B	3,20 AB

\* Testigo con aportes de SFT y sin lombrinaza.

\*\* Indica diferencia significativa con respecto al testigo, según prueba Dunnett ( $p \leq 0,05$ ).

Letras distintas indican diferencias significativas entre los promedios de las fuentes de N en cada unidad de suelo, según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

El efecto detrimental de nitrato de potasio puede atribuirse, en parte, a la mayor salinidad generada por esta fuente (índice de salinidad=105). Sadeghian (10) encontró que durante la etapa de almácigo de café un exceso en la cantidad de fertilizantes como los sulfatos de magnesio y potasio puede incrementar la conductividad eléctrica, con efectos nocivos en el crecimiento de las plantas. El nivel crítico hallado en el anterior estudio fue de  $1,1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , valor que resulta menor al obtenido para el nitrato de potasio (entre  $1,1$  y  $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Otra posible causa sería una mayor disponibilidad de algunos elementos, en especial micronutrientes, en consecuencia del incremento de la acidez generada por los tratamientos; por ejemplo, entre las fuentes de N, el SAM fue la fuente que más reducción en el pH generó en las dos unidades de suelo, mientras que el nitrato de K ocasionó un efecto contrario (Tabla 3). Cabe resaltar que la anterior justificación no tendría soporte, si se considera el pH óptimo para café ( $5,0$  a  $5,5$ ).

La incorporación de la lombrinaza al suelo de la unidad Venecia contribuyó significativamente al crecimiento de las plantas (Tabla 4), resultado que no se logró mejorar con la aplicación adicional de fósforo.

Cuando no se utilizó este abono orgánico, el efecto de la aplicación de SFT fue bajo y no se detectó estadísticamente, en tanto que el suministro de DAP dio como resultado un mayor peso de las plantas ( $p \leq 0,05$ ); sin embargo, el promedio obtenido por éste fue menor que los tratamientos con lombrinaza.

En contraste a lo anterior, el empleo de la lombrinaza en el suelo de la unidad Salgar se tradujo en una reducción del crecimiento de las plantas, en tanto que la aplicación de DAP contribuyó significativamente a la obtención de plantas de más peso. El efecto negativo de la lombrinaza estaría relacionado, posiblemente, con el aumento del pH en el sustrato, pues con la incorporación de la lombrinaza el pH de la mezcla se elevó a  $6,3$  (Tabla 3), valor que se considera alto para el cultivo del café, según Valencia (17). La respuesta de las plantas al suministro de DAP, especialmente cuando éstas se desarrollaron sin el abono orgánico, se puede relacionar al aporte conjunto de fósforo ( $2 \text{ g/planta de P}_2\text{O}_5$ ) y N ( $0,78 \text{ g/planta de N}$ ). Ahora bien, se debe anotar que el promedio obtenido con este fertilizante ( $6,11 \text{ g/planta}$ ) fue mayor a los demás tratamientos de N, lo cual sugiere un efecto particular de este fertilizante, por ejemplo, su acidez residual

(Tabla 3) y la posible disponibilidad de elementos menores. Adicionalmente, Avila *et al.* (3) sugieren que la acidez residual generada por la aplicación de DAP reduce el efecto nocivo de una lombrinaza parcialmente descompuesta, pues disminuye la actividad de las bacterias que descomponen este abono orgánico. En cuanto al fósforo su efecto no resultó significativo, pues al aplicar SFT el promedio obtenido fue comparable frente al testigo sin fósforo.

**Efecto de los tratamientos en la absorción de nutrientes.** La concentración de N en la planta no se afectó con los tratamientos y fue similar en las dos unidades del suelo (Figura

2A). Esto corrobora que la cantidad de N disponible en el suelo fue lo suficientemente alta y sustenta la poca respuesta a su aplicación. Es necesario aclarar que los valores obtenidos de N en este estudio, en promedio 1,7%, corresponden a las concentraciones detectadas en toda la planta (tallos, hojas y raíces) y, por lo tanto, difieren de otros reportes en los cuales se presenta información acerca de los niveles del elemento a nivel foliar. Los tenores de P en la unidad Salgar fueron más altos, en consecuencia de su contenido en el suelo, pero los tratamientos de N no los afectaron (Figura 2B). La concentración de K se incrementó al aplicar nitrato de K (Figura 2C), mientras que el empleo de otras

**Table 3.** Valores promedio del pH del suelo para las unidades Salgar y Venecia, en respuesta a lombrinaza y fuentes de fósforo (P) y nitrógeno (N).

Lombrinaza	Fuente de P	Fuente de N	Unidad Salgar	Unidad Venecia	
Sin	SFT	Testigo	4,95	4,66	
		Calcinit	4,92	4,76	
		Nitrabor	4,95	4,79	
		Nitrato de K	5,08	4,84	
		Nitromag	5,08	4,79	
		Nitron	4,79	4,62	
		Urea	4,81	4,63	
		SAM	4,66	4,57	
		DAP	DAP	4,47	4,56
		Sin P	Testigo absoluto	4,86	4,70
Con	DAP	DAP	4,90	4,63	
	SFT	–	5,69	5,13	
	Sin P	–	6,29	5,13	

**Table 4.** Materia seca de las plantas (g) en respuesta a fósforo y lombrinaza.

Tratamiento de fósforo	Unidad Salgar		Unidad Venecia	
	Sin lombrinaza	Con lombrinaza	Sin lombrinaza	Con lombrinaza
Testigo*	3,48 B bc	0,98 B d	2,17 B b	7,55 A a
SFT**	4,30 B b	2,30 A cd	3,06 B b	7,88 A a
DAP	6,11 A a	3,03 A bc	4,59 A b	7,79 A a

\* Sin aportes de N ni P. \*\* sin aportes de N. Letras en mayúsculas distintas indican para cada unidad de suelo y nivel de lombrinaza (sin y con) diferencias entre los tres tratamientos, según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Letras en minúscula distintas indican para cada unidad de suelo) diferencias entre los seis tratamientos, según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

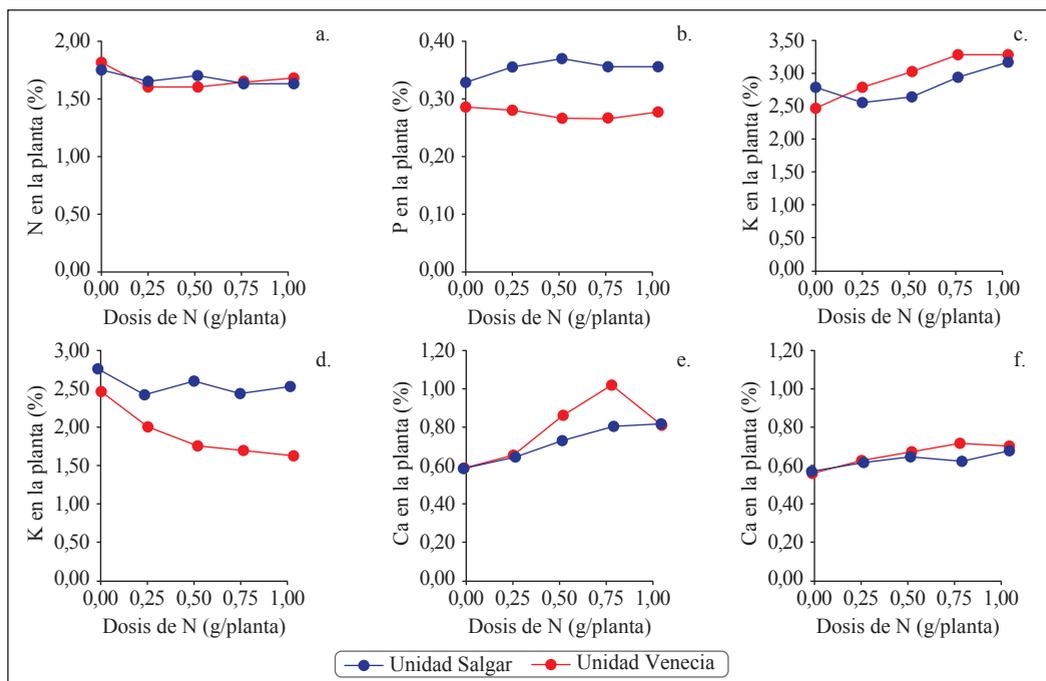
fuentes de N ocasionó un efecto contrario, el cual resultó más notorio para el suelo de la unidad Venecia (Figura 2D). La reducción en referencia estaría relacionada con la competencia que ejercen en el suelo iones como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  provenientes de las diferentes fuentes empleadas, además de  $\text{H}^+$ , resultante de la acidificación del amonio. Mediante la aplicación de fertilizantes a base de Ca, es decir, Nitrabor y Calcinit, se elevaron las concentraciones de Ca en la planta (Figura 2E), consecuencia que también se presentó al emplear las demás fuentes, siendo el alcance menor (Figura 2F).

En la unidad Venecia, el tratamiento con el mayor promedio de la materia seca (7,88 g/planta), es decir, con lombrinaza y fertilización con SFT, extrajo las siguientes

cantidades de nutrientes por planta: 157,60 mg de N, 29,94 mg de P, 211,18 mg de K, 35,46 mg de Ca, 20,49 mg de Mg, 22,11 mg de Fe, 1,23 mg de Mn, 0,32 mg de Zn, 0,15 mg de Cu y 0,13 mg de B. En el suelo de Salgar, la extracción obtenida en el tratamiento con la materia seca más alto (sin lombrinaza y fertilización con DAP), fue la siguiente: 72,66 mg de N, 20,15 mg de P, 137,99 mg de K, 34,19 mg de Ca, 15,87 mg de Mg, 7,67 mg de Fe, 0,91 mg de Mn, 0,24 mg de Zn, 0,17 mg de Cu y 0,16 mg de B.

Los resultados obtenidos permiten concluir que:

- La respuesta de café a nitrógeno en la etapa de almácigo fue de poca magnitud,



**Figura 2.** Concentración de nutrientes en respuesta a las dosis de nitrógeno (N). **a.** y **b.** Las dosis de N corresponden al promedio de todas las fuentes; **c.** Nitrato de potasio; **d.** Todas las fuentes menos el nitrato de potasio; **e.** Nitrabor y Calcinit; **f.** Todas las fuentes a excepción de Nitrabor y Calcinit.

posiblemente en virtud a los altos contenidos de la materia orgánica, y varió según el tipo de suelo y la fuente empleada.

- Los cambios en la acidez y la salinidad que generaron los fertilizantes nitrogenados fueron factores determinantes en el crecimiento de las plantas.
- La concentración de potasio en la planta se vio afectada negativamente por la aplicación de nitrógeno, en tanto que el calcio tendió a incrementarse.
- La fertilización con DAP ocasionó un mayor incremento en la materia seca de las plantas con respecto a SFT, especialmente cuando no se utilizó lombrinaza.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de YARA Colombia para el desarrollo de la investigación, en especial a los ingenieros José Carlos Zapata, Amparo Medina y Alejandro Buitrago; así mismo, la participación de la señora Beatriz Mejía (Disciplina de Suelos de Cenicafé) y los ingenieros Jorge Andrés Zapata y Jhon Wilson Mejía (Funcionarios de Cenicafé durante la investigación).

### LITERATURA CITADA

1. ARIZALETA P., M.; PIRE, R. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia* 42:47-55. 2008.
2. ARIZALETA P., M.; PIRE, R.; PARES, J. Efecto de la fertilización con N-P-K sobre el contenido foliar y el crecimiento del cafeto *Coffea arabica* L. en la etapa de vivero, en la población de Villanueva, estado Lara, Venezuela. *Café cacao* 3(2):57-61. 2002.
3. ÁVILA R., W.E.; SADEGHIAN K., S.; SÁNCHEZ A., P.M.; CASTRO F., H.E. Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almácigo. *Cenicafé* 61(4):358-369. 2010.
4. DÍAZ M., C. Efecto del enclamiento sobre el crecimiento de las plantas de café en la etapa de almácigo. *Manizales* : Universidad de Caldas, 2006. 246 p.
5. CARRILLO P., I.F. Manual de laboratorio de suelos. Chinchiná : Cenicafé, 1985. 111 p.
6. CARRILLO P., I.F.; MEJÍA M., B.; FRANCO A., H.F. Manual de laboratorio para análisis foliares. Chinchiná : Cenicafé, 1994. 52 p.
7. GIRALDO V., J.; RUBIANO C., G. Respuesta de plántulas de café *Coffea arabica* L. variedad Caturra, a la fertilización con N-P-K y su relación con la incidencia de mancha de hierro *Cercospora coffeicola*. *Manizales* : Universidad de Caldas. Facultad de agronomía, 1974. 60 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
8. HIDALGO U., G. Niveles y épocas de aplicación de nitrógeno en almácigo de café. p. 25-30. En: SIMPOSIO Latinoamericano sobre cafcultura. (5 : Octubre 20-22 1982 : San Salvador). San Salvador : IICA : PROMECAFE, 1982.
9. MESTRE M., A. Utilización de la pulpa en almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1973. 2 p. (Avances Técnicos No. 28).
10. SADEGHIAN K., S. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Medellín : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias, 2012. 157 p. Tesis Doctor en Ciencias agrarias.
11. SALAMANCA J., A.; SADEGHIAN K., S. Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. *Cenicafé* 59(2):91-102, 2008.
12. SALAZAR A., J.N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. *Cenicafé* 28(2):61-66. 1977.
13. SALAZAR A., J.N. La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1992. 2 p. (Avances Técnicos No. 178).
14. SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. Utilización de la gallinaza como abono en almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1990. 2 p. (Avances Técnicos No. 148).

15. SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. Uso de la cenichaza como sustrato en almácigos de café. *Cenicafé* 44(1):20-28. 1993.
16. SALAZAR A., J.N.; MONTESINO S., J.T. Uso del estiércol de ganado como sustrato en almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1994. 4 p. (Avances Técnicos No. 207).
17. VALENCIA A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Bogotá : Agroinsumos del café, 1999. 94 p.