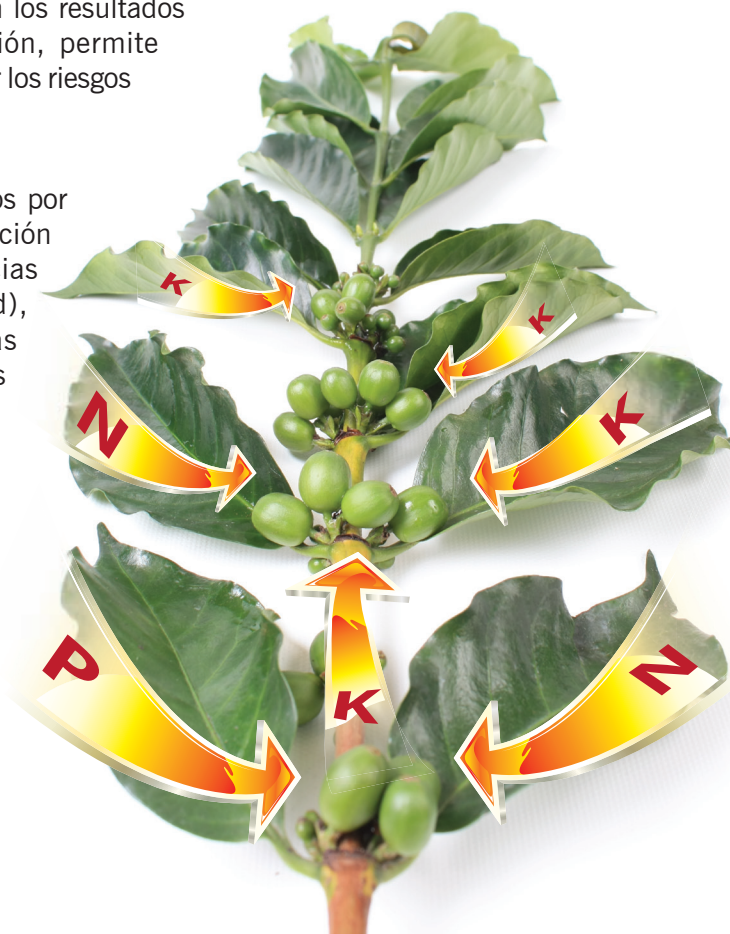


ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN LOS FRUTOS DE CAFÉ

Uno de los aspectos importantes en los estudios de la nutrición vegetal es la extracción de nutrientes por la planta durante las diferentes etapas del desarrollo del cultivo. Esta información, junto con los resultados sobre la respuesta a la fertilización, permite ajustar los planes de manejo y reducir los riesgos económicos y ambientales.

La cantidad de nutrientes requeridos por las plantas depende de la interacción de factores como: 1) las exigencias de la planta (especie y variedad), 2) el nivel de producción, 3) las propiedades de suelo, 4) los componentes ambientales y 5) el manejo. En concordancia a lo expuesto, la extracción continuada de nutrientes por la cosecha, acompañada de poco o nulo reemplazo a través del abonamiento, reduce la producción e incrementa la probabilidad de respuesta a la fertilización (3).





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Siavosh Sadeghian K.

Investigador Científico II

Beatriz Mejía M.

Asistente de Investigación

Hernán González O.

Investigador Científico I

Disciplina de Suelos

Centro Nacional de Investigaciones
de Café, Cenicafé

Manizales, Caldas, Colombia

Edición:

Sandra Milena Marín López

Fotografías:

Siavosh Sadeghian K.

Archivo Cenicafé

Diagramación:

María del Rosario Rodríguez L.

Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

<https://doi.org/10.38141/10779/0429>

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. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723

A.A. 2427 Manizales

www.cenicafe.org

De acuerdo con Riaño *et al.* (10), en plantas de café variedad Colombia la acumulación de los nutrientes durante la primera etapa de crecimiento vegetativo es lenta, pero luego se incrementa, hasta alcanzar los siguientes valores 2.000 días después de la siembra: 547 kg/ha de nitrógeno-N, 51 kg/ha de fósforo-P, 508 kg/ha de potasio-K, 234 kg/ha de calcio-Ca y entre 59 y 117 kg/ha de magnesio-Mg.

Parte de las cantidades mencionadas está representada en frutos y, por lo tanto, es la que se remueve del lote; el resto retorna al suelo en forma de hojas, tallo, raíces, flores, etc. Sadeghian *et al.* (11) encontraron que la concentración de nutrientes en los frutos de café en madurez de cosecha puede presentar ligeras variaciones entre sitios, como consecuencia de los factores ya mencionados. En promedio, la cantidad de macronutrientes removidos por 1.000 kg de café almendra, equivalentes a 1.250 kg de café pergamino seco (100 arrobas), representa 30,9 kg de N, 2,3 kg de P, 36,9 kg de K, 4,3 kg de Ca, 2,3 kg de Mg y 1,2 kg de S. La exportación de los micronutrientes corresponde a 107 g de hierro-Fe, 61 g de manganeso-Mn, 50 g de boro-B, 33 g de cobre-Cu y 18 g de cinc-Zn. La demanda de nutrientes por las plantas de café no varía en virtud de la producción (2,10), esto se debe a que ante una baja fructificación el crecimiento de las ramas plagiotrópicas y la formación de nuevas hojas y ramas reemplazan a los frutos como vertedero de carbohidratos y nutrientes (7).

Una fracción considerable de las anteriores cantidades proviene de las reservas contenidas en las hojas más próximas a los frutos, sin

descartar los aportes del suelo y de la re-movilización de los nutrientes desde otras partes de la planta (14). La caída de las hojas durante el proceso de la maduración de la cosecha se debe principalmente a la gran movilización de los nutrientes hacia los frutos, fenómeno que reduce su concentración en el tejido foliar. Por esta razón, en muchas ocasiones durante los años de alta producción ocurre una mayor caída de las hojas, disminuyendo así la cosecha en el siguiente ciclo (1).

Las plantas que reciben cantidades suficientes y balanceadas de nutrientes pueden conservar en la zona de fructificación parte de las hojas hasta las épocas próximas a la cosecha (Figura 1). Si el suministro de nutrientes ha sido deficiente, los nudos con frutos permanecen sin hojas en los últimos dos o tres meses (Figura 2). Cuando los planes de fertilización son muy deficientes la caída de las hojas en la zona de producción es acompañada de una clorosis de las hojas más nuevas (Figura 3). En casos muy severos se presenta paloteo, con necrosis en la punta de las ramas (Figura 4).

Como es de esperarse, a medida que crecen los frutos, éstos extraen y acumulan más nutrientes en su biomasa. Según Salazar *et al.* (12), el crecimiento de los frutos de café variedad Colombia presenta una curva de tipo sigmoidal, con tres períodos, una etapa de crecimiento lento que va desde la floración hasta los 60 días, otra de rápido crecimiento hasta los 180 días y, finalmente, una de estabilización, hasta llegar a la madurez completa a los 240 días. De acuerdo con Cannel (1971) y Rena *et al.* (2001), citados por Laviola *et al.* (5), la formación del fruto de café comprende cinco



Figura 1. Aspecto de una rama productiva de café con una adecuada nutrición.



Figura 2. Aspecto de una rama productiva de café con suministro deficiente de nutrientes.



Figura 3. Aspecto de una rama productiva de café con suministro muy deficiente de nutrientes.



Figura 4. Rama de café con necrosamiento apical debido a la falta de aplicación de fertilizante.

estadios: “garrapata”, expansión rápida, crecimiento suspendido, llenado y maduración.

ACUMULACIÓN DE N, P Y K EN LOS FRUTOS DE CAFÉ

Con el fin de determinar la acumulación de N, P y K durante el desarrollo de los frutos de café y las variaciones de sus concentraciones en las hojas, se realizó una investigación entre los meses de abril y noviembre de 2010, en las siguientes Estaciones Experimentales de Cenicafe: Naranjal (Chinchiná, Caldas), El Rosario (Venecia, Antioquia), Líbano (Líbano, Tolima) y Pueblo Bello (Pueblo Bello, Cesar). Se seleccionaron lotes de café Variedad Castillo® en buen estado fitosanitario, sembrados o

zoqueados entre los años 2006 y 2007 (segunda o tercera cosecha), con densidades entre 5.000 y 10.000 plantas por hectárea. En Pueblo Bello, la plantación se encontraba bajo sombrío regulado, en tanto que las demás estaban a

plena exposición solar. El suministro de nutrientes se realizó en dos ocasiones durante los meses de marzo–abril y septiembre–octubre (Tabla 1), basado en el análisis de suelos realizados previo a la iniciación del trabajo.

Tabla 1. Nutrientes suministrados a través de la fertilización durante el año 2010* en los lotes experimentales.

Estación	Nitrógeno N	Fósforo P ₂ O ₅	Potasio K ₂ O	Magnesio MgO
	(kg/ha/año)			
Naranjal	280	60	260	0
Líbano	240	40	180	12
Pueblo Bello	120	40	130	15
El Rosario	260	20	180	12

* Meses de marzo y septiembre en El Rosario y Líbano y, abril y septiembre en Naranjal y Pueblo Bello.

En cada localidad se identificó el día pico de la floración y, a partir de esta fecha, se tomaron mensualmente muestras de frutos y de hojas, en las ramas productivas de 100 plantas que se seleccionaron de manera aleatoria al iniciar la investigación. Tanto en los frutos como en las hojas (tercero o cuarto par, contadas a partir del ápice) se analizaron las concentraciones de N, P y K.

Crecimiento del fruto. El crecimiento de los frutos, expresado en términos de peso fresco, presentó algunas variaciones entre las localidades (Figura 5). En Naranjal y Pueblo Bello fue lento hasta los 60 días después del pico de floración - DDPF, entre esta fecha y los siguientes 30 días tuvo un incremento considerable, de los 90 a los 210 días se mantuvo relativamente constante, para

terminar en el último mes con un aumento leve. En El Rosario la fase de crecimiento lento se prolongó hasta los 90 días, en el siguiente mes presentó un crecimiento marcado y, a partir de este momento y hasta el último día exhibió un aumento progresivo. El comportamiento registrado en Líbano fue similar al de El Rosario, con la diferencia que en esta localidad el crecimiento inicial fue más sostenido hasta los 90 DDPF.

En el momento de la cosecha, es decir, a los 240 DDPF, se presentaron los siguientes valores para el peso fresco y seco de los frutos, respectivamente: El Rosario 2,66 y 0,69 g, Líbano 2,28 y 0,67 g, Naranjal 1,91 y 0,61, Pueblo Bello 1,83 y 0,49 g. Las anteriores diferencias pueden asociarse tanto al ambiente (suelo

y clima) y manejo (principalmente sombrío y fertilización), como al material genético (las líneas que componen la variedad regional).

Concentración de N, P y K en frutos.

Conforme avanzó el crecimiento de los frutos a través de tiempo disminuyeron las concentraciones de N, P y K (Figura 6). Este fenómeno, también reportado por Chaves y Sarruge (1) y Souza *et al.* (13) se conoce como efecto de la dilución, y se debe crecimiento rápido de los frutos.

En promedio, para las cuatro localidades, la concentración de N pasó de 3,28% a 1,41%, el P de 0,36% a 0,12% y K de 2,61% a 1,88%. Para el N y P las mayores reducciones tuvieron lugar durante los primeros 150 DDPF, en tanto que para el K ocurrieron a los 210 DDPF (63%). Las diferencias más marcadas entre las localidades fueron detectadas durante los primeros 90 DDPF, caracterizándose El Rosario y Pueblo Bello por sus mayores valores en los tres elementos objeto de estudio. Parte de las anteriores diferencias se relaciona con la fertilidad del suelo. Por último, cabe resaltar que al momento de la cosecha (240 DDPF) el K fue el elemento predominante en el fruto, seguido por el N y P.

Acumulación de N, P y K en el fruto.

Como era de esperarse, la acumulación de N, P y K en el fruto (Figura 7) presentó una tendencia relativamente similar a la observada para la biomasa fresca y seca (Figura 5). Los contenidos de P durante todo el período del desarrollo de los frutos fueron menores a los de N y K (en promedio 11,5 y 14,0 veces, respectivamente), y los de K se

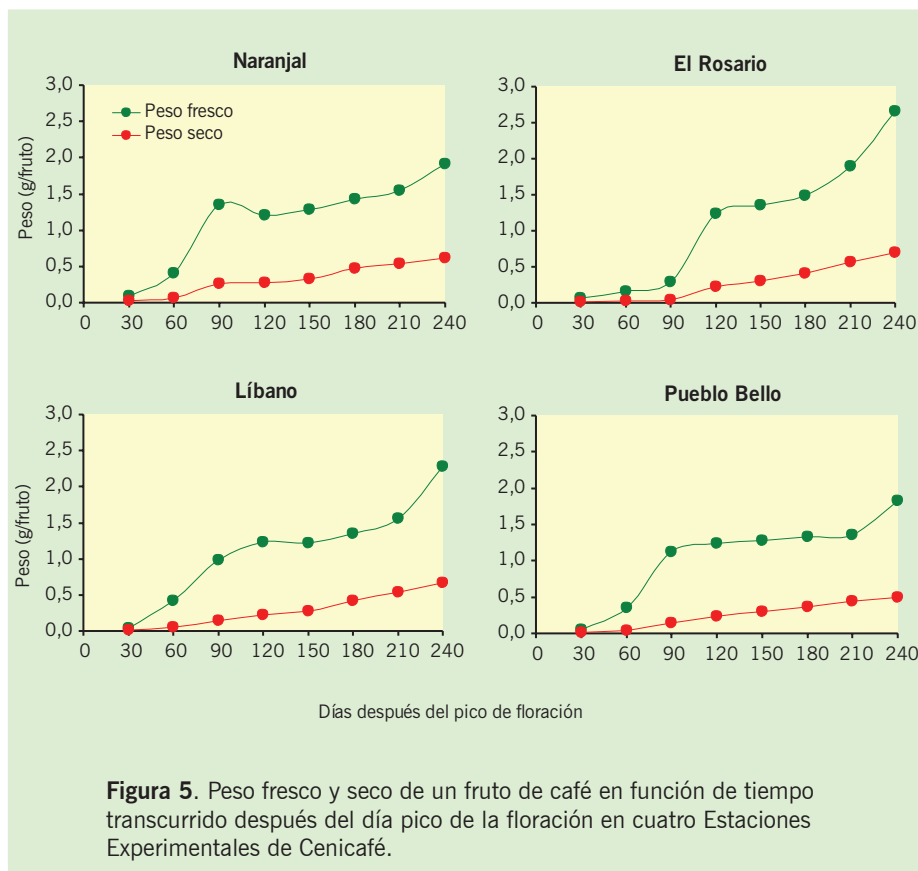


Figura 5. Peso fresco y seco de un fruto de café en función de tiempo transcurrido después del día pico de la floración en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé.

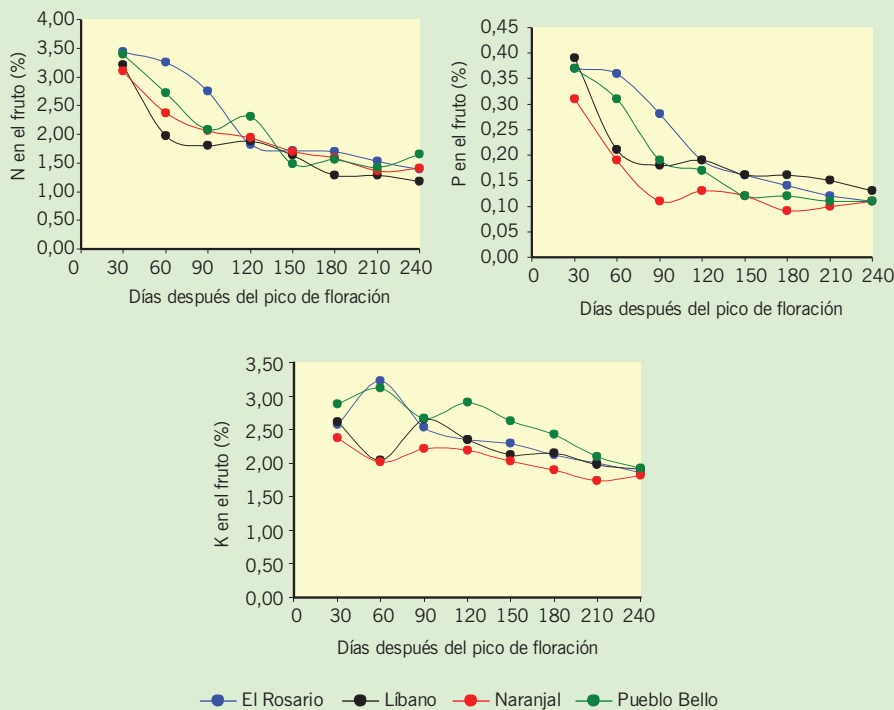


Figura 6. Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el fruto de café en función de tiempo transcurrido después del día pico de la floración, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé.

caracterizaron por ser cada vez más altos que los de N a partir de 90 a 120 DDPF.

En la Tabla 2 se consignan los valores correspondientes a las cantidades acumuladas de N, P y K en el fruto de café al momento de la cosecha. Se presentaron las siguientes tendencias para las cuatro Estaciones:

- N: El Rosario > Naranjal > Pueblo Bello > Líbano
- P: Líbano > El Rosario > Naranjal > Pueblo Bello
- K: El Rosario > Líbano > Naranjal > Pueblo Bello

Acumulación relativa de N, P y K en el fruto.

Al expresar la acumulación de N, P y K en el fruto de café en términos relativos –es decir que se toma como punto de referencia el 100% de lo absorbido–, es posible identificar algunas tendencias (Figura 8). Para el conjunto de los tres nutrientes se puede afirmar que: i) La acumulación relativa durante los primeros 60 a 90 DDPF representó sólo el 13%; ii) A partir de los 60 a 90 DDPF, y hasta los 180 días, en promedio en el fruto acumularon el 62% de estos elementos; y, iii) En los últimos dos meses previos a la cosecha el fruto acumuló el 25%.

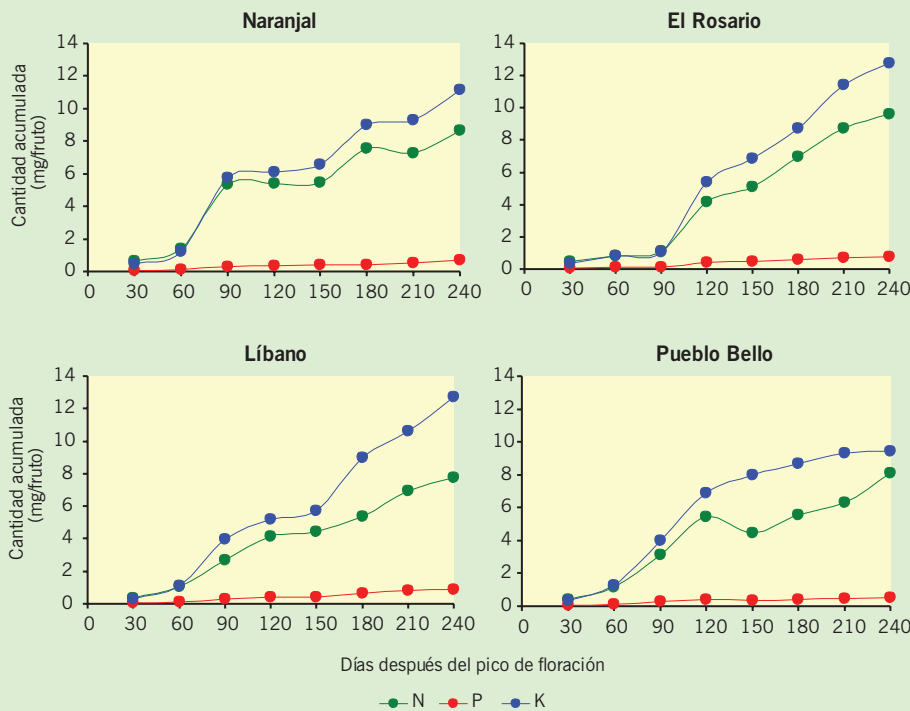


Figura 7. Cantidad acumulada de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los frutos de café en función de tiempo transcurrido después del día pico de la floración, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Ramírez *et al.* (9) hallaron que para la variedad Caturra el 50% de los requerimientos totales de nutrientes, a excepción de K, son consumidos por el fruto durante los primeros 90 días. Esta condición concuerda con lo hallado para Naranjal y Pueblo Bello, en tanto que para El Rosario y Líbano ocurre a los 120 días. En estas dos últimas Estaciones el comportamiento de la acumulación

Tabla 2. Cantidades acumuladas de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en un fruto de café 240 días después del día pico de la floración, para cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Cantidad acumulada de nutriente (mg/fruto)			
Estación	N	P	K
El Rosario	9,61	0,76	12,78
Líbano	7,78	0,87	12,71
Naranjal	8,63	0,67	11,14
Pueblo Bello	8,12	0,54	9,45

Los resultados expuestos revelan que pese a cierta similitud, la acumulación de los nutrientes puede variar entre sitios, dependiendo de las condiciones predominantes. Los estudios desarrollados por Laviola *et al.* (4, 5) confirman lo expuesto, al demostrar que la acumulación de macronutrientes cambia de acuerdo a la temperatura, factor climático afectado por la altitud.

Concentración foliar de N, P y K.

Aunque la concentración de N y P en las hojas presentó algunas variaciones a través de tiempo (Figura 9), no hubo una relación entre los cambios detectados y el avance en el crecimiento y desarrollo del fruto; en contraste, el K tendió a reducirse. Este resultado puede justificarse, en parte, debido a la mayor demanda de K por los frutos y a la forma en que se encuentra en los tejidos, pues éste no forma compuestos y, por lo tanto, permanece como ión libre, lo que facilita su movilización (6). Lo anterior también revela que durante la formación del fruto existe una mayor re-movilización de K con respecto a N y P desde los tejidos foliares más nuevos.

En el trabajo desarrollado por Laviola *et al.* (5), no se encontraron evidencias claras que pudieran justificar la re-movilización de N, P y K desde las hojas, mientras que Chaves y Sarruge (1) demostraron la relación entre estos nutrientes en la fuente (hoja) y en el vertedero (frutos). En este mismo sentido, Lima Filho y Malavolta (6) hallaron que en plantas sin deficiencias nutricionales, entre 47% y 58% de N, y de 54% a 64% de K exportado por los frutos proviene de las hojas.

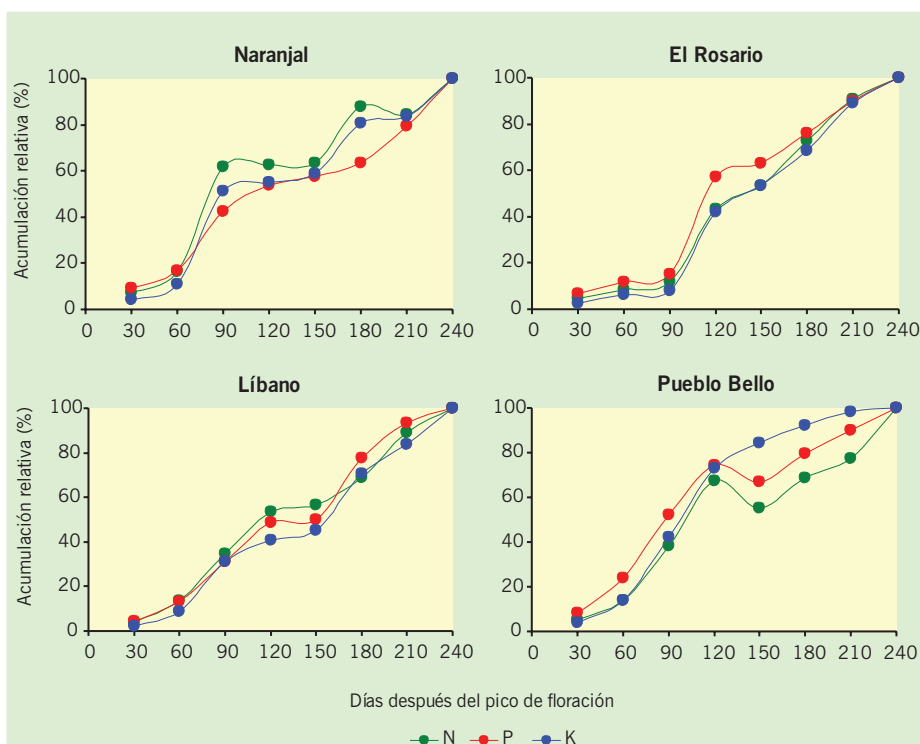


Figura 8. Acumulación relativa de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el fruto de café a través de tiempo transcurrido después del día pico de la floración, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé.

de los tres macronutrientes a través de tiempo fue relativamente similar, no así para las otras dos localidades. En Naranjal la absorción de N y K en el fruto presentó una tendencia diferente a la de P en algunas épocas y, en Pueblo Bello una situación parecida ocurrió después de los 120 días para N y P con respecto a K.

Mientras que en Líbano y El Rosario la cantidad acumulada de K en los últimos dos meses antes de la cosecha representó el 30% y 32% del total, respectivamente, en Naranjal y Pueblo Bello en el fruto ya se habían acumulado antes de esta fecha el 82% y el 92% de este elemento.

CONSIDERACIONES FINALES

Para las condiciones de Colombia es posible encontrar en una misma planta de café, flores y frutos en diferentes estado de desarrollo, así como estructuras vegetativas (ramas, nudos y hojas) que serán el soporte de la producción para el siguiente ciclo. Lo anterior depende en buena medida de la humedad del suelo y del ambiente, gobernada por el régimen de lluvia. Ante esta circunstancia, los planes de la fertilización deben ser suficientes para satisfacer tanto la demanda de los frutos como las necesidades nutricionales de los órganos vegetativos.

Los cafetales tecnificados demandan una cantidad considerable de nutrientes para la formación del fruto, en especial potasio y nitrógeno. Parte importante de estos requerimientos provienen de las hojas más próximas a los nudos donde tiene lugar la fructificación; además de los aportes que remobilizan desde otros órganos como las ramas, las raíces, las yemas y las hojas más nuevas.

En el fruto de café, la mayor acumulación de nutrientes (alrededor del 62%) ocurre entre los 60 y 180 días después de la floración y, en los dos meses antes de la cosecha, se presenta cerca del 25%. Esta condición sugiere que para la formación de los frutos tiene mayor ingerencia la fertilización que se realiza durante los primeros dos a tres meses a partir de la floración que aquella que se realiza en los últimos dos meses previos a la recolección. Es por esta razón que al suspender el suministro de nutrientes con alta demanda, como el nitrógeno y potasio, se afecta más la producción del año siguiente que la actual.

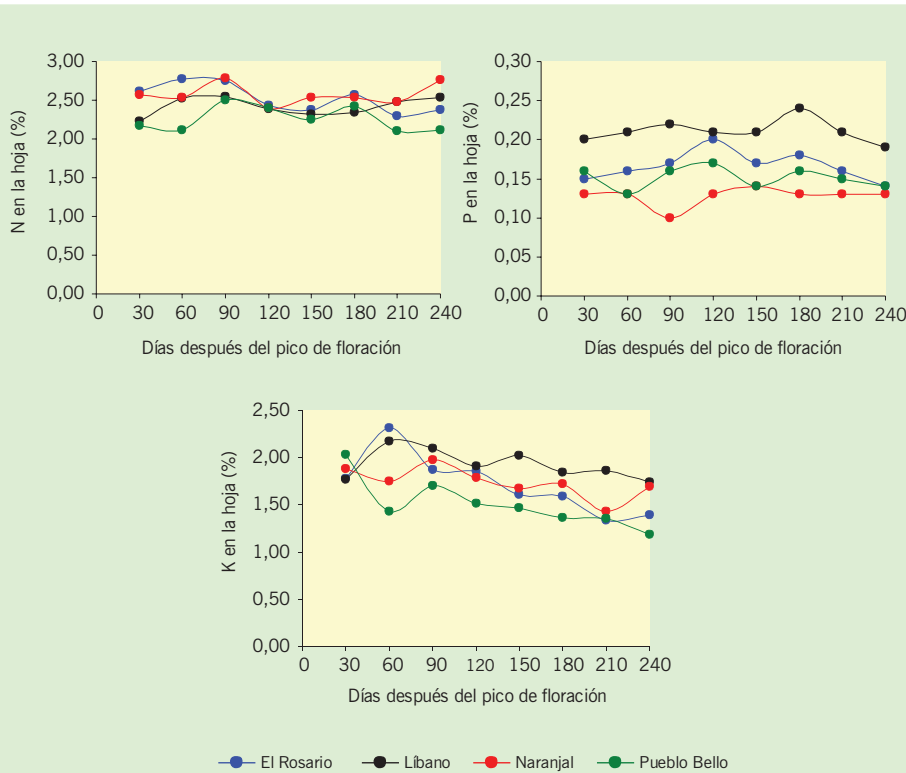


Figura 9. Concentraciones foliares de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en función de tiempo transcurrido después del día pico de la floración, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé. Valores observados en el tercero o cuarto par de hojas de las ramas productivas de café.

La concentración foliar de P presentó diferencias considerables entre las localidades y no fue sensible a su aplicación vía abonamiento. Durante todo el período de evaluación, las concentraciones foliares de P fueron mayores en Libano, seguidas en su orden por El Rosario, Pueblo Bello y Naranjal, comportamiento que no fue sustentado en su totalidad por los niveles en el suelo ni por el suministro realizado.

Las variaciones de N fueron relativamente pocas, pero reflejan el efecto de la aplicación de los fertilizantes, en especial para el primer semestre del año. Naranjal presentó las concentraciones más

altas y Pueblo Bello las más bajas, respuesta que estaría relacionada con las diferencias en los contenidos de la materia orgánica y el N aplicado (Tabla 1).

Durante el período que tardó el fruto para alcanzar la madurez de cosecha, la concentración foliar de K disminuyó en promedio 0,38%, al pasar de 1,87% a 1,49%. Para Pueblo Bello y El Rosario esta reducción fue mayor que en las otras dos Estaciones Experimentales. El efecto de la primera aplicación de K para El Rosario y Libano, en el mes de marzo, y para Naranjal y Pueblo Bello, en abril, se reflejó un mes más tarde.

Se debe hacer énfasis en que todo plan de fertilización está sujeto a la disponibilidad de lluvia, dado que el agua además de disolver los fertilizantes, es el insumo indispensable para la absorción de los nutrientes desde la solución del suelo. Esta condición prevalece por encima de las épocas de mayor acumulación de los elementos en el fruto. Esto quiere decir que no se debe realizar una práctica de fertilización en temporadas secas, aun cuando el fruto se encuentre en los primeros dos meses de su formación o en los últimos dos meses previos a la recolección.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los ingenieros Juan Carlos García López, John Wilson Mejía Montoya, José Raúl Rendón Sáenz, Jorge Camilo Torres Navarro y José Enrique Baute Balcazar, así como a Lady Juliet Vargas Gutiérrez y Diego Alejandro Arcila Vasco.

LITERATURA CITADA

1. CHAVES, J.C.D.; SARRUGE, J.R. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante um ciclo produtivo. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Brasil) 19(4):427–432. 1984.
2. CORRÊA, J.B.; GARCÍA, A.W.R.; COSTA, P.C. DA. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13. São Lourenço, Dezembro 2–5, 1986. Rio de Janeiro, Ministério da Indústria e do Comércio–Instituto Brasileiro do Café, 1986. p. 35–41.
3. HAVLIN, J. L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management. 6. ed. Upper Saddle River (Estados Unidos), Prentice Hall. 499 p.
4. LAVIOLA, B.G.; MARTÍNEZ H., E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1451–1462. 2007.
5. LAVIOLA, B.G.; MARTÍNEZ H., E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. Biosci. J., Uberlândia, 24 (1): 19-31. 2008.
6. LIMA FILHO, O. F. DE; MALAVOLTA, E. Studies on mineral nutrition of the coffee plant (*Coffea arabica* L. cv. catuaí vermelho). LXIV. Remobilization and re-utilization of nitrogen and potassium by normal and deficient plants. Braz. J. Biol., 63(3): 481–490. 2003.
7. MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37(7):1017–1022. 2002.
8. MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Traducción al español de la 4ª edición (1987). International Potash Institute. Basel, Switzerland. 692 p.
9. RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F.; MORA, L. Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café Caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. Agronomía Costarricense, 26 (1):33–42, 2002.
10. RIAÑO H., N.M.; ARCILA P, J.; JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B. Acumulación de materia seca y extracción de nutrientes por *Coffea arabica* L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera central. Cenicafé (Colombia) 55(4):265–276. 2004.
11. SADEGHIAN K., S.; MEJÍA M., B.; ARCILA P, J. Composición elemental de frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha en la zona cafetera de Colombia. Cenicafé (Colombia) 57(4):251–261. 2006.
12. SALAZAR G., M.R.; CHAVES C., B.; RIAÑO H., N.M.; ARCILA P, J.; JARAMILLO R., A. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* var. Colombia. Cenicafé (Colombia) 45(2):41–50. 1994.
13. SOUZA, V.H. DA S.; MAESTRI, M.; BRAGA, J.M.; CHAVES, J.R.P. Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café *Coffea arabica* L. Var. Mundo Novo. Revista CERES, 22(123):318–331. 1975.
14. VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C.; FAZUOLI, L.C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. Bragantia, Campinas, v.64, n.4, p.661–672, 2005.

