



Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Octubre de 2007

## COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE LOS FRUTOS DE CAFÉ Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR LA COSECHA

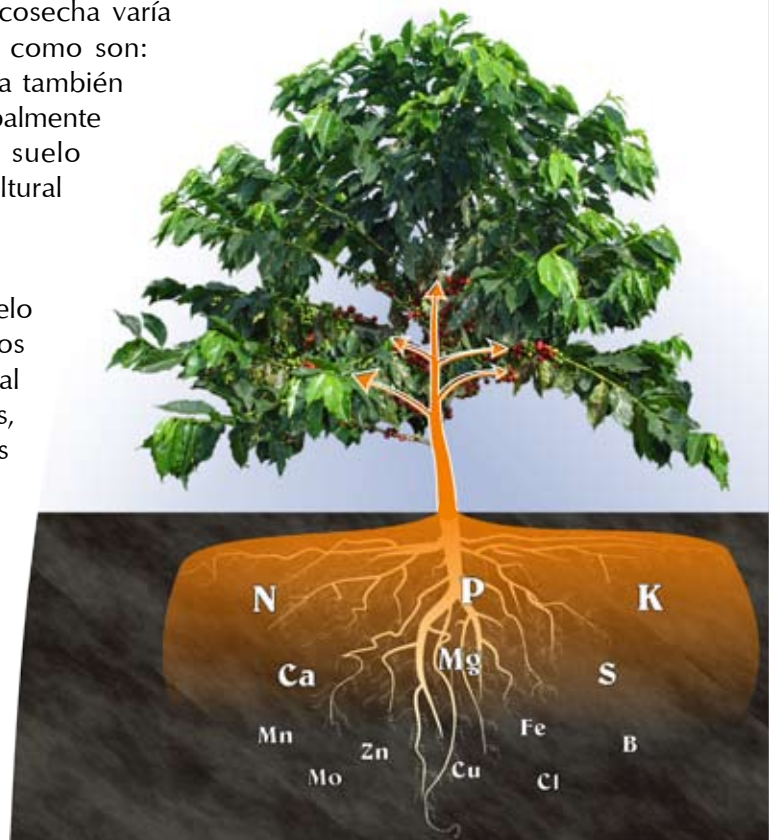
Siavosh Sadeghian-Khalajabadi\*; Beatriz Mejía-Muñoz\*; Jaime Arcila-Pulgarín\*\*

La cantidad de nutrientes requeridos por la cosecha varía de acuerdo a las características del cultivo como son: especie, variedad y nivel de producción. Esta también varía dependiendo de los factores climáticos (principalmente humedad y temperatura), las propiedades del suelo (fertilidad, tipo de suelo, pendiente) y el manejo cultural (5).

Sólo una porción de los elementos extraídos del suelo es removida por la cosecha (por ejemplo los granos de maíz, los frutos de café, etc.), y el resto retorna al suelo en forma de raíces, tallos, hojas y otros órganos, por medio del ciclaje de éstos. Además, los niveles de extracción o de remoción por sí solos no son suficientes para la dosificación de los fertilizantes (4).

Investigador Científico II y Asistente de Investigación, respectivamente. Suelos. Cenicafé.

Investigador Principal. Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.



El conocimiento acerca de los requerimientos nutricionales de un cultivo es de gran utilidad al momento de ajustar los planes de fertilización. Cuando el nivel de un nutriente en el suelo es muy bajo (inferior al nivel crítico), es recomendable que su aplicación se realice empleando las mayores dosis, con el fin de obtener una alta producción, de acuerdo con las condiciones predominantes. Sin embargo, cuando el contenido del elemento es medio o alto, se sugiere aplicar una cantidad equivalente a la removida por la cosecha, con el fin de mantener un nivel adecuado del elemento en el suelo, y así evitar el agotamiento de la fertilidad del suelo. Dicha dosis, también llamada “de sostenimiento”, puede determinarse mediante el análisis de la composición mineralógica de los elementos extraídos por la cosecha, y varía de acuerdo a las condiciones de la región y al manejo cultural de la plantación (3); en ocasiones también se tienen en cuenta los nutrientes perdidos por la erosión y la lixiviación, o retenidos por la fijación (5). En este mismo sentido, cuando el nivel del nutriente en el suelo es muy alto, se puede prescindir de su aplicación.

Para nutrientes de alta movilidad en el suelo, como el nitrógeno, la recomendación de fertilizante debe hacerse independiente de la producción potencial, debido a que su disponibilidad puede estar afectada por las condiciones del suelo, como la humedad y la temperatura. En contraposición, la recomendación para los nutrientes poco móviles, como el fósforo, o medianamente móviles como el potasio, puede basarse en el reemplazo de la cantidad del elemento removido en función de la producción (5).

Tratándose del cultivo de café, Riaño *et al.* (8) evaluaron durante cinco años la acumulación de materia seca y la extracción de nutrientes en la variedad Colombia, en tres localidades de la zona cafetera central colombiana, y observaron que la acumulación de materia seca por planta fue similar en los tres sitios, pero no la distribución de los asimilados en los diferentes órganos. Este comportamiento se relacionó con el potencial productivo en cada localidad, determinado por las condiciones medioambientales.

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición elemental de las diferentes partes que comprenden el

fruto de café variedad Colombia y estimar la extracción de nutrientes por la cosecha en la zona cafetera colombiana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó el contenido de nutrientes en la pulpa, el mucílago, el pergamino y la almendra de café, en muestras recolectadas de cafetales tecnificados de la variedad Colombia, entre los años 2000 y 2006. En total, se evaluaron 424 muestras de café almendra provenientes de 14 departamentos cafeteros del país, 62 muestras de pergamino (cisco), 5 muestras de pulpa y 23 de mucílago.

Se determinaron los contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B), mediante las metodologías descritas por Carrillo *et al.* (1).

La cantidad extraída de cada nutriente por el fruto se calculó con base en los datos de la concentración de los elementos, y respecto al contenido de la humedad de las muestras y los factores de conversión estimados por Uribe (9) y Montilla (7). También se tuvo en cuenta el contenido de humedad de las muestras, de acuerdo con las siguientes equivalencias:

- 1.000 kg (80 arrobas) de café almendra con 11% humedad equivalen a 1.250 kg de café pergamino seco (c.p.s.).
- 1.250 kg (100 arrobas) de c.p.s. contienen 250 kg (20 arrobas) de pergamino con 10% de humedad.
- 1.250 kg de c.p.s. equivalen a 5.625 kg de café cereza con 76% humedad.
- En el proceso de la obtención de 1.250 kg de c.p.s. se generan 2.725 kg de pulpa fresca de café con 78% humedad y 620 kg de mucílago de café con 80% de humedad.

Adicionalmente se estimó la cantidad de los nutrientes removidos para cosechas entre 100 y 400 arrobas de c.p.s.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Concentración de nutrientes

En la Tabla 1 se presentan los valores promedios de la concentración de nutrientes en las diferentes partes del fruto en base seca.

Las mayores concentraciones de N, P, Mg, S y Mn se registraron en el café almendra, en la pulpa se encontraron las concentraciones más altas de K, Cu y B, y en el mucílago se encontraron las concentraciones más elevadas de Ca, Fe y Zn.

En la almendra, el N fue el nutriente de mayor concentración, seguido por el K. Los contenidos de Ca, Mg y P fueron relativamente similares y con promedios inferiores a 0,20%, es decir diez veces menores a los del N, pero superiores a los del S. Entre los elementos menores, el Fe y el Mn exhibieron las concentraciones más altas (promedios cercanos a los 40 mg/kg); pese a ello, sus equivalentes en términos porcentuales (0,0037 y 0,0042%, respectivamente) fueron 450 veces menores que el N.

El contenido de los nutrientes en el pergamino fue muy bajo (menor de 0,45%). El N, el K y el Ca se destacaron en su orden como los elementos de mayor concentración, seguidos por el Mg, el S y el P. Entre los elementos menores el Fe se caracterizó por sus niveles más altos, seguido por el Mn, el Cu, el Zn y el B.

En la pulpa, la concentración de K fue la más alta. El N ocupó el segundo lugar, seguido por Ca, P, Mg y S,

con contenidos por debajo de 0,3%. En cuanto a los elementos menores, el B presentó el mayor valor, con un promedio ligeramente superior al del Fe. Los demás micronutrientes no superaron los 30 mg/kg.

En el mucílago, los porcentajes del N y K fueron similares y superiores al Ca, el cual a su vez exhibió concentraciones superiores a los demás elementos secundarios. Cabe resaltar que no se detectó el S.

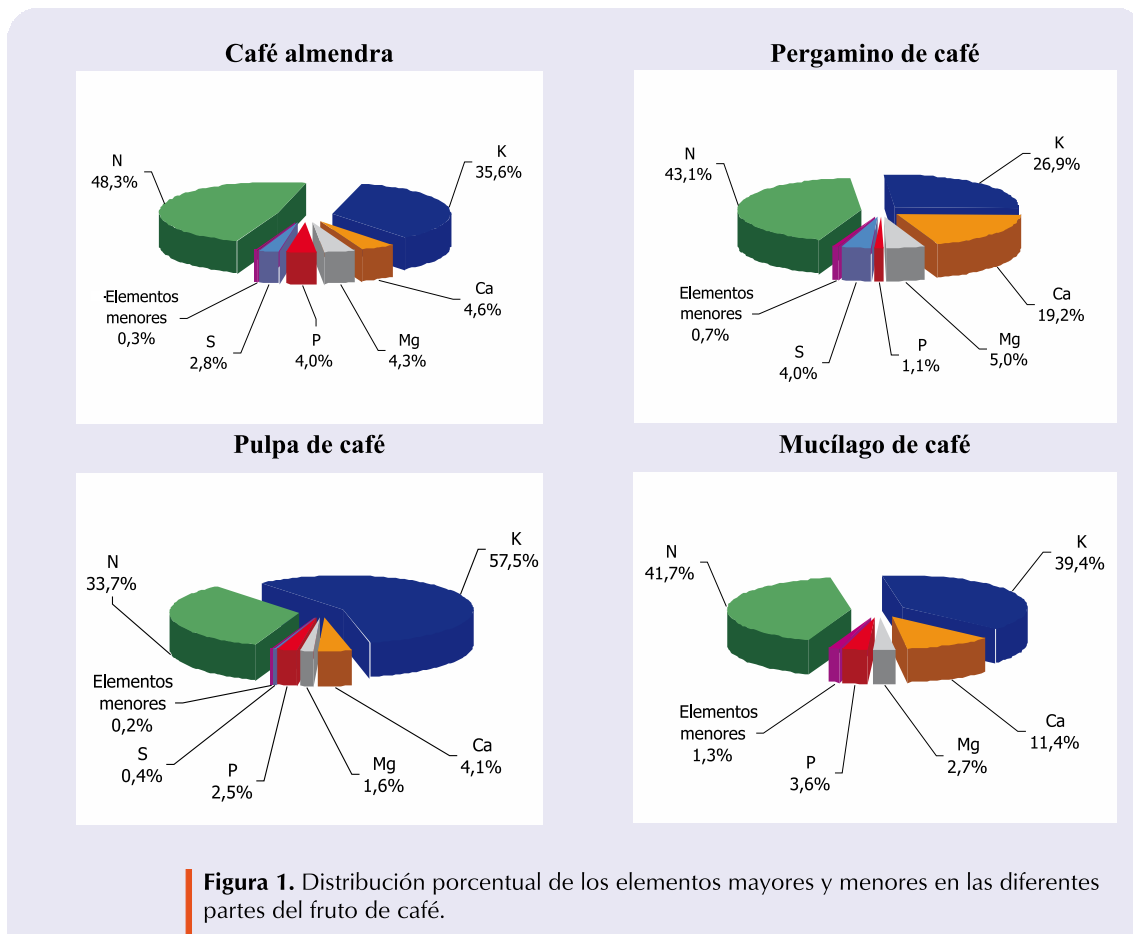
En la Figura 1 se observa la distribución porcentual de los macro y microelementos en las diferentes partes del fruto de café de la variedad Colombia, para lo cual se consideró el peso total de los elementos analizados como un 100%, sin tener en cuenta otros elementos como el carbono, hidrógeno y oxígeno. Se resaltan las siguientes tendencias:

- El N representó entre el 34 y 48% del peso total de los nutrientes analizados en la biomasa seca de los frutos de café. El porcentaje más bajo corresponde a la pulpa y el más alto a la almendra.
- La representación del K varió entre el 27% en el pergamino y el 58% en la pulpa.
- El P participó sólo con 1,1% del peso total de los nutrientes en el pergamino y 4% en el café almendra.
- Los niveles relativos más altos de Ca y Mg se encontraron en el pergamino, mientras que los más bajos se observaron en la pulpa.
- La participación porcentual del S frente al total de los nutrientes varió entre el 4% en el pergamino y 0,4% en la pulpa. Lo anterior sin considerar que este elemento no se detectó en el mucílago.

**Tabla 1.** Promedios de la concentración de nutrientes en base seca e intervalos de confianza IC ( $p < 0,05$ ), en las diferentes partes del fruto de café de la variedad Colombia.

Parte del fruto	Estimación	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		———(%)———							———(mg/kg)———			
Café almendra	Promedio*	1,886	0,156	1,389	0,181	0,166	0,111	37,15	42,25	8,29	13,78	11,29
	IC	0,018	0,003	0,021	0,011	0,004	0,006	1,80	2,41	0,31	0,36	0,54
Pergamino	Promedio	0,425	0,011	0,265	0,190	0,049	0,040	33,47	17,81	5,74	8,06	5,87
	IC	0,029	0,001	0,014	0,013	0,004	0,005	2,42	1,29	0,87	0,69	0,42
Pulpa	Promedio	1,706	0,103	3,300	0,261	0,084	0,020	42,98	24,30	6,58	24,10	51,87
	IC	0,070	0,010	0,314	0,025	0,012	0,002	11,68	6,37	2,43	8,93	10,39
Mucílago	Promedio	1,357	0,116	1,282	0,370	0,088	0	301,87	26,91	37,26	21,63	27,59
	IC	0,180	0,036	0,282	0,088	0,021	0	58,44	2,62	7,00	3,85	4,97

\*Para obtener el límite inferior y el límite superior debe restarse y sumarse el IC a cada promedio, para cada una de las concentraciones de nutrientes.



- Los elementos menores tuvieron una participación relativamente baja en la pulpa y en la almendra (0,3%) frente al mucílago (1,3%).

## Extracción de nutrientes

En las Tablas 2 y 3 se presentan las cantidades extraídas de macro y micronutrientes, respectivamente, por cada una de las partes que constituyen el fruto del café, equivalentes a 1.000 kg de café almendra con 11%

de humedad, es decir 1.250 kg (100 arrobas) de café pergamino seco (c.p.s.).

En la Tabla 2 se observan los valores de extracción para el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el azufre, tanto en su forma elemental como óxidos. Lo anterior se debe al hecho que esta información se emplea principalmente para determinar los planes de fertilización de los cultivos, empleando fertilizantes cuya concentración de nutrientes actualmente se expresan en forma de óxido.

**Tabla 2.** Cantidad total de macronutrientes extraídos por las partes que componen el fruto de café, equivalente a 1.000 kg de café almendra.

Parte del fruto	Cantidad de nutriente extraído (kg)											
	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O	Ca	CaO	Mg	MgO	S	SO <sub>4</sub>	
Café almendra	16,79	1,39	3,20	12,40	14,89	1,61	2,25	1,47	2,45	0,99	2,96	
Pulpa	11,50	0,70	1,60	22,31	26,80	1,76	2,46	0,57	0,94	0,13	0,40	
Pergamino	0,96	0,02	0,05	0,60	0,72	0,42	0,60	0,11	0,18	0,09	0,27	
Mucílago	1,70	0,15	0,34	1,61	1,93	0,47	0,65	0,11	0,18	0	0	
Total	30,94	2,26	5,18	36,92	44,34	4,26	5,96	2,26	3,75	1,21	3,63	

**Tabla 3.** Cantidad total de micronutrientes extraídos por las partes que componen el fruto de café, equivalente a 1.000 kg de café almendra.

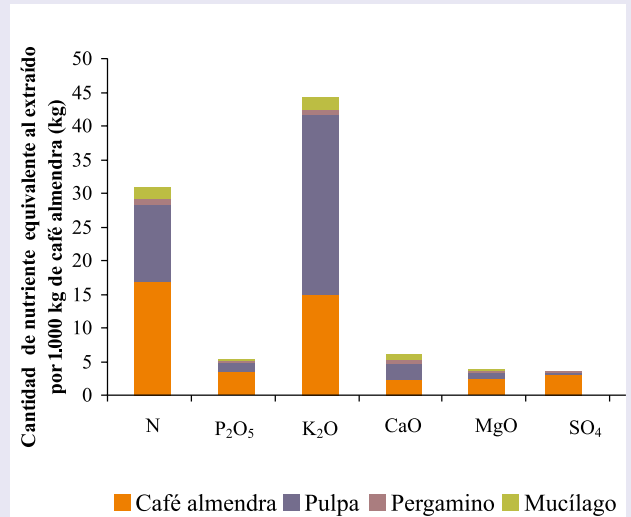
Parte del fruto	Cantidad de nutriente extraído (g)				
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Café almendra	33,06	37,61	7,38	12,26	10,05
Pulpa	28,97	16,38	4,43	16,25	34,97
Pergamino	7,53	4,01	1,29	1,81	1,32
Mucílago	37,73	3,36	4,66	2,70	3,45
Total	107,29	61,36	17,76	33,02	49,79

En las Figuras 2 y 3 se ilustra la extracción de macro y micronutrientes por las diferentes partes del fruto del café, equivalentes a 1.000 kg de café almendra con 11% de humedad, es decir 1.250 kg (100 arrobas) de café pergamino seco (c.p.s.).

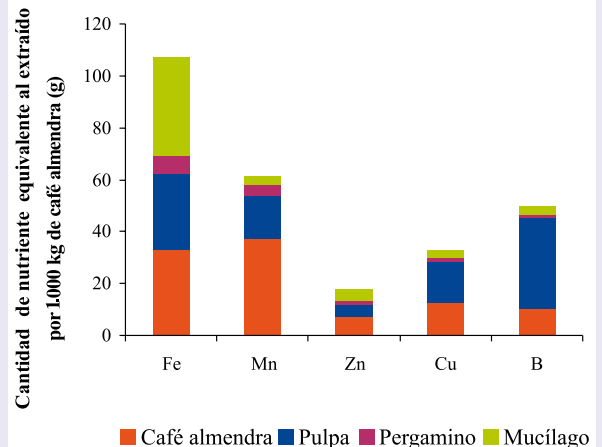
Con relación a los elementos calificados como primarios dentro de los macronutrientes (N, P y K), el valor promedio de la extracción para el K fue superior al de N, mientras que el P se absorbió en una relación de 14 veces menos que el N y 16 veces menos que el K. En cuanto a la extracción de los macronutrientes secundarios, el Ca se destacó por un promedio más alto y la extracción de Mg fue igual a la del P, pero superior al S. Referente a los elementos menores, la toma de estos nutrientes por los frutos presentó el siguiente orden: Fe>Mn>B>Cu>Zn. En el mismo sentido, Malavolta citado por la IFA (6) reporta la siguiente secuencia en la absorción de nutrientes: K<sub>2</sub>O>N>CaO>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>>MgO>S>Fe>Zn>B>Mn>Cu>Mo.

En total se extrajeron cerca de 78 kg de nutrientes (en su forma elemental) por cada 100 arrobas de c.p.s., así: la almendra 35 kg, la pulpa 37 kg, el pergamino 2 kg y el mucílago 4 kg; cantidades que representan la siguiente distribución porcentual: almendra 44,9%, pulpa 47,4%, pergamino 2,6% y mucílago 5,1%.

Las cantidades extraídas por la almendra, el pergamino y el mucílago son removidas del lote, mientras que en el caso de la pulpa pueden retornar al cultivo cuando ésta se emplea como fertilizante orgánico. En este sentido, 1.000 kg de pulpa fresca pueden aportar las siguientes cantidades de nutrientes (kg): N 3,76; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,52; K<sub>2</sub>O 8,75; CaO 0,80; MgO 0,31 y SO<sub>4</sub> 0,13. Carvajal (2), reporta valores comparables para el N (3,74 kg), K<sub>2</sub>O (7,02 kg) y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,88 kg). Se debe considerar además



**Figura 2.** Extracción de macronutrientes por las partes que componen el fruto del café de la variedad Colombia.



**Figura 3.** Extracción de micronutrientes por las partes que componen el fruto del café de la variedad Colombia.

que pueden ocurrir pérdidas de elementos después del despulpado, debido a que la pulpa en su rápida descomposición libera una solución acuosa rica en nutrientes, especialmente K.

De acuerdo con los datos presentados en el párrafo anterior, pueden estimarse los nutrientes que llegaría a suministrar esta cantidad de pulpa, la cual frecuentemente es arrojada a los ríos, generando contaminación, en vez de ser empleada como abono orgánico con beneficios adicionales sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Es así como 100 arrobas de c.p.s. generan 2.725 kg de pulpa fresca con 78% de humedad, por lo que se pueden obtener las siguientes cantidades de nutrientes: 10,2 kg de N, 1,4 kg de  $P_2O_5$ , 23,8 kg de  $K_2O$ , 2,2 kg de CaO, 0,8 kg de MgO y 0,4 kg de  $SO_4$ . Si expresamos estas cifras en términos de fertilizantes comerciales (urea, DAP, KCl, entre otros) serían equiparables a 70 kg.

Respecto a la cantidad de nutrientes extraídos específicamente por la almendra, los promedios encontrados en este estudio para algunos elementos pueden considerarse ligeramente inferiores a los registrados en la literatura y recopilados por la IFA (6); diferencia que puede deberse a factores como el genotipo evaluado y las condiciones de suelo y clima.

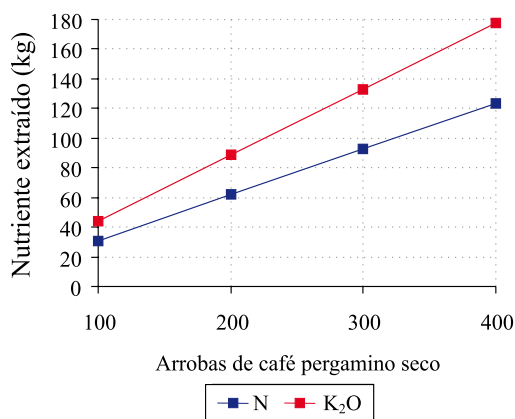
Como se aprecia en la Tabla 4, la extracción de nutrientes por la almendra de café puede variar parcialmente en las diferentes regiones de la zona cafetera colombiana,

consecuencia de la variabilidad de los factores mencionados. Se distinguen, por ejemplo, las muestras provenientes de Cesar por sus bajas extracciones de N, P, Mg y Fe; mientras que las muestras de café de Huila son bajas en Ca y B, pero muy altas en Mn, lo cual puede deberse a la fertilidad del suelo. Con relación a lo anterior el contenido de los elementos en el grano puede eventualmente afectar la calidad de la bebida, otorgándole propiedades organolépticas particulares.

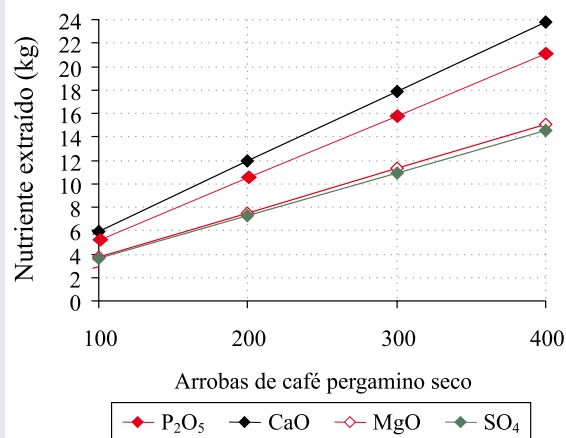
Debido a que la producción de café en Colombia presenta variaciones entre sitios y años, la cantidad de elementos extraídos y removidos también varía de acuerdo con el volumen cosechado. En las Figuras 4, 5 y 6 se pueden observar los nutrientes removidos para cosechas entre 100 y 400 arrobas de café pergamino seco. Aunque no se presenta una relación totalmente directa (proporcional) entre el nivel de producción y la remoción de nutrientes, para fines prácticos no se tienen en cuenta estas pequeñas variaciones. En general, se puede decir que por cada unidad de N la cosecha de café extrae aproximadamente 1,4 unidades de  $K_2O$ , 0,2 unidades de CaO y  $P_2O_5$  y 0,1 unidades de  $P_2O_5$ , MgO y  $SO_4$ .

## Consideraciones finales

Cuando en una región cafetera de Colombia, por ejemplo el municipio de Marquetalia (Caldas), se



**Figura 4.** Cantidades de nitrógeno (N) y potasio ( $K_2O$ ) extraídas por cosechas de 100 a 400 arrobas de c.p.s.



**Figura 5.** Cantidades de fósforo ( $P_2O_5$ ), calcio (CaO), magnesio (MgO) y azufre ( $SO_4$ ) extraídas por cosechas de 100 a 400 arrobas de c.p.s.

**Tabla 4.** Cantidades de nutrientes extraídos por 1.000 kg de café almendra e intervalos de confianza, IC, ( $p < 0,05$ ) por departamento.

Departamento	No. de muestras	Estimación	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn	Cu	B
			(kg)						(g)			
Antioquia	39	Promedio	15,70	2,66	14,70	2,40	2,60	33,40	42,10	7,10	11,90	9,80
		IC*	0,40	0,10	0,39	0,24	0,10	2,38	3,93	1,65	0,91	0,61
Caldas	118	Promedio	18,10	3,73	14,80	3,90	2,80	37,70	42,40	8,70	14,10	14,80
		IC	0,39	0,12	0,62	0,31	0,14	3,98	3,25	0,49	0,78	1,11
Cauca	19	Promedio	16,50	3,20	15,40	1,20	2,50	28,60	29,70	5,50	13,60	7,00
		IC	0,60	0,15	0,51	0,09	0,11	6,74	2,34	0,61	0,53	0,75
Cesar	12	Promedio	14,80	2,13	16,40	1,30	1,90	19,10	25,40	6,40	10,00	10,90
		IC	0,57	0,09	0,65	0,12	0,12	2,00	2,08	1,99	0,75	4,91
Cundinamarca	16	Promedio	16,00	3,20	13,60	1,50	2,20	30,50	20,50	6,50	10,50	10,10
		IC	0,26	0,17	1,01	0,28	0,18	3,11	2,86	0,44	0,86	0,78
Huila	22	Promedio	16,60	3,37	14,70	1,00	2,10	25,20	107,70	7,10	11,30	6,10
		IC	0,24	0,12	0,30	0,06	0,06	3,90	12,92	0,75	0,69	0,93
Magdalena	4	Promedio	16,40	3,20	10,70	1,40	1,60	23,10	19,80	6,00	5,60	9,60
		IC	1,76	0,25	3,88	0,06	0,14	1,23	5,71	1,31	1,10	0,84
Nariño	12	Promedio	16,50	3,37	15,60	1,30	2,30	40,50	43,80	7,90	11,10	6,20
		IC	0,36	0,10	0,49	0,07	0,06	2,28	2,42	0,66	0,66	-
N/Santander	26	Promedio	16,60	3,37	15,40	1,30	2,40	25,90	28,00	8,30	14,10	8,50
		IC	0,34	0,10	0,37	0,10	0,19	2,49	2,91	1,15	0,73	0,56
Quindío	26	Promedio	16,40	2,66	15,40	1,70	2,40	30,70	32,60	6,30	10,90	9,40
		IC	0,44	0,14	0,73	0,23	0,12	2,95	2,11	1,10	0,62	1,64
Risaralda	45	Promedio	16,60	3,20	16,20	1,80	2,40	31,50	29,90	6,80	12,70	7,50
		IC	0,30	0,10	0,61	0,18	0,11	5,17	2,70	0,81	0,85	0,82
Santander	10	Promedio	17,20	3,20	13,80	1,10	2,10	34,10	27,50	6,20	8,80	7,70
		IC	0,67	0,15	0,55	0,15	0,16	4,86	4,36	0,69	1,48	0,52
Tolima	49	Promedio	16,30	2,84	14,50	1,90	2,40	37,20	24,70	6,90	11,60	8,10
		IC	0,21	0,08	0,63	0,27	0,13	4,94	2,20	0,29	0,48	0,49
Valle	26	Promedio	15,90	2,66	13,60	1,20	2,10	31,60	27,80	6,90	9,30	7,30
		IC	0,33	0,10	0,36	0,11	0,07	8,66	1,90	0,90	0,88	0,71

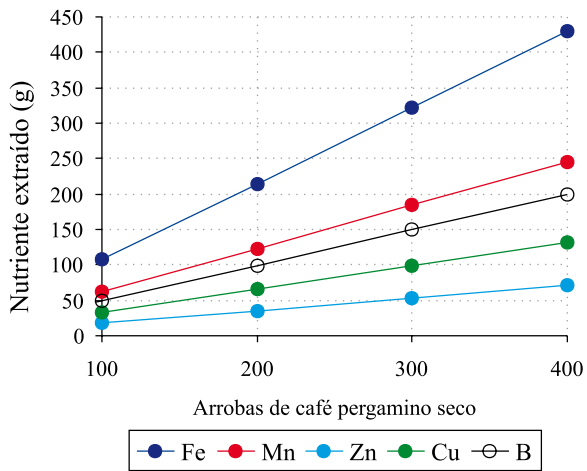
Nota: Se emplearon los siguientes factores para convertir la forma elemental a la oxidada: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= P x 2,291; K<sub>2</sub>O= K x 1,201; CaO= Ca x 1,399; MgO= Mg x 1,658; SO<sub>4</sub>= S x 2,996.

\*Para obtener el límite inferior y el límite superior debe restarse y sumarse el IC a cada promedio, para cada una de las concentraciones de nutrientes.

presenta una condición de baja luminosidad (1.623 horas luz/año) y alta precipitación (3.923 mm/año), la planta de café utiliza más cantidad de nutrientes en la formación de hojas que en la producción de frutos, con el fin de incrementar la superficie foliar para capturar una mayor cantidad de energía lumínica.

En contraposición a lo anterior, en municipios como Chinchiná (Caldas), caracterizados por una mayor luminosidad (1.797 horas luz/año) y menor precipitación (2.711 mm/año), la planta emplea una mayor cantidad de nutrientes para producir frutos que hojas. El anterior

comportamiento en la partición de los asimilados, es decir las variaciones en la relación fuente - vertedero (8), explica por qué la acumulación total de la materia seca por planta es similar en sitios contrastantes en su potencial productivo, pero cambia la distribución de los asimilados en los diferentes órganos. Pese a dicha similitud en la cantidad total de nutrientes que pueden extraer plantaciones con diferentes niveles de producción, la cantidad removida de elementos del suelo por una cosecha aumenta conforme al incremento de la producción, puesto que ésta no retorna al suelo a través de los procesos de ciclaje de nutrientes, como ocurre con otros órganos de la planta como las raíces, las



**Figura 6.** Cantidades de hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B) extraídas por cosechas de 100 a 400 arrobas de c.p.s.

hojas y las ramas, a excepción de la pulpa, en cuyo caso el caficultor tiene la opción de devolverla al suelo.

La anterior consideración puede ser útil para ajustar las dosis de sostenimiento, de acuerdo a la remoción de nutrientes en función de la producción.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de los doctores Celso Arboleda (Q.E.P.D.), Pedro María Sánchez y Juan Rodrigo Sanz. A los señores Melzar Danilo Santamaría, Lady Juliet Vargas y Albeiro Salazar; así mismo, a la doctora Gabriela Estrada y al doctor Nelson Walter Osorio por sus valiosos aportes.

## LITERATURA CITADA

1. CARRILLO P., I.F.; MEJÍA M., B.; FRANCO A., H.F. Manual de laboratorio para análisis foliares. Chinchiná, Cenicafé, 1994. 52 p.

2. CARVAJAL, J. F. Cafeto-Cultivo y fertilización. 2. ed. Berna, Instituto Internacional de la Potasa, 1984. 254 p.

3. COLWELL, J.D. Estimating Fertilizer Requirements: a quantitative approach. Wallingford, CAB International, 1994. 262 p.

4. GUERRERO R., R. Fundamentos técnicos para la fertilización de cultivos. In: Silva M., F. (Ed.). Fertilidad de suelos; diagnóstico y control. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1994. p. 247 - 281.

5. HAVLIN, J. L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management. 6. ed. Upper Saddle River, Prentice Hall, 1999. 499 p.

6. INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION - IFA. PARÍS. FRANCIA. Word Fertilizer Use Manual. París, IFA, 1992. 632 p.

7. MONTILLA P., J. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café. Manizales, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2006. 107 p. (Tesis Ingeniero agrónomo).

8. RIAÑO H., N. M.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., Á.; CHAVES C., B. Acumulación de materia seca y extracción de nutrimentos por *coffea arabica* L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera Central. Cenicafé 55(4):265-276.2004.

9. URIBE H., A. Constantes físicas y factores de conversión en café. Avances Técnicos Cenicafé No. 65. 1-4. 1977.

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.

**Cenicafé**  
Centro Nacional de Investigaciones de Café  
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia  
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723  
A.A. 2427 Manizales  
www.cenicafe.org  
cenicafe@cafedecolombia.com

Edición: Sandra Milena Marín López  
Fotografía: Gonzalo Hoyos S.  
Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.  
Impresión: Feriva S.A.