

# CONSUMO DE NUTRIENTES DE LOS FRUTOS Y BANDOLAS DE CAFE CATURRA DURANTE UN CICLO DE DESARROLLO Y MADURACION EN TURRIALBA, COSTA RICA

Floria Ramírez, Floria Bertsch y Luis Mora\*

## Introducción

Las curvas de absorción constituyen una buena herramienta para estimar de manera directa las cantidades totales de nutrientes necesarias durante el ciclo de crecimiento y producción de un cultivo. Además, definen los periodos de alta demanda y en consecuencia los momentos más adecuados de aplicación de nutrientes. Esta herramienta justifica cuantitativamente la validez de un programa de fertilización (Bertsch y Ramírez, 1997).

En zonas de producción de café que no tienen una estación seca definida, las yemas florales pueden emerger en cualquier momento, resultando en floraciones sucesivas con las consecuentes desventajas de manejo (Rojas, 1987). De acuerdo a la zonificación cafetalera de Costa Rica (Cléves Serrano, 1975, citado por Rojas, 1987), el sitio del estudio (Hacienda Aquiares al norte de Turrialba) presenta las condiciones descritas anteriormente.

El objetivo de este estudio fue elaborar una curva de absorción o acumulación de nutrientes por los frutos y bandolas (ramas secundarias) de plantas de café, en una zona con floraciones sucesivas. Estos datos sirvieron para determinar las etapas de absorción más importantes durante el período de llenado de fruto y se usan para mejorar el suplemento complementario de nutrientes vía fertilización foliar.

## Materiales y Métodos

Las evaluaciones realizadas corresponden a la cosecha 1998/1999, en un lote de café Caturra ubicado en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. Se seleccionó un lote sembrado en 1982, que fue sometido a poda baja en 1996, y con una producción estimada de 9000 kg de café cereza/ha.

Al inicio de la brotación de los botones florales (19 febrero de 1998), se seleccionaron 2 calles de plantas de café representativas del lote y se marcaron bandolas en el tercio medio de la planta. En total se marcaron 100 bandolas, una por cada planta. Además, a 20 de las bandolas se les colocó otra identificación para llevar un registro mensual del crecimiento de la bandola y la rama total, desde la floración hasta la cosecha.

Se muestrearon al azar de 10 a 12 bandolas por mes (marzo a octubre) cortándolas de la rama. Se midió la longitud y se contó el número de nudos de estas bandolas y se desprendieron las flores y los frutos. Los frutos se clasificaron en 9 tamaños y 2 categorías (maduros y verdes). Se determinó el peso fresco y seco y la concentración de nutrientes según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978) en las bandolas y los frutos categorizados. Con los datos de peso seco y concentración se calculó la cantidad de nutrientes consumida por cada categoría de fruto y por las bandolas a lo largo del ciclo de desarrollo y maduración de los frutos.

## Resultados y discusión

### Caracterización fenológica de la planta

En la **Tabla 1** se presenta el detalle general de las características fenológicas de la plantación evaluada. Como se puede observar, una planta de 2 años de edad después de la poda total, y soportando su primera cosecha fuerte, se caracteriza por tener, en promedio, 61 bandolas efectivas (>10 cm de largo y con floración), distribuidas en sus 2-3 ejes (ramas) ortotrópicos. Las bandolas evaluadas tuvieron, durante el período de desarrollo de los frutos (febrero a noviembre), un aumento de un 16.5% sobre su largo inicial (10 cm), y presentaron yemas florales y fructificación en poco más de la mitad de sus nudos (59%, 33 nudos en promedio). Durante el mismo período el eje ortotrópico creció un 20% (31 cm).

El patrón de crecimiento de las bandolas se ajusta al comportamiento descrito en la literatura (Vicente-Chandler, 1989), en el que hay 2 momentos de crecimiento vegetativo importantes que se ubican durante la floración y más tarde (4-6 meses después) durante el desarrollo de los frutos.

Durante los primeros 3 meses de desarrollo de los frutos se produjo el 60% del aumento en el largo de las bandolas y el 70% de la elongación de las ramas observado durante el ciclo de desarrollo de los frutos (**Figura I**).

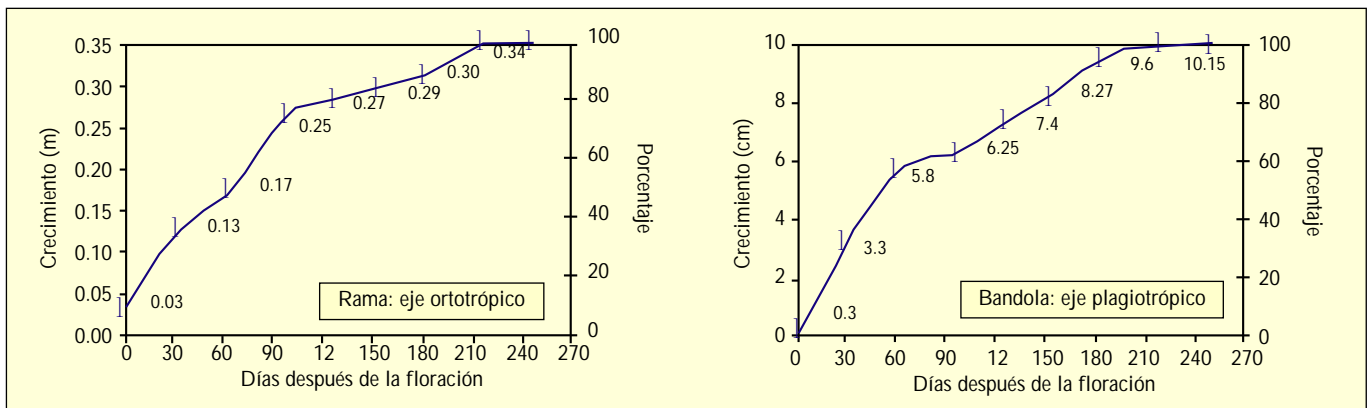
Durante la diferenciación de las yemas florales puede presentarse el alargamiento de los entrenudos y la

\* Tomado de: Ramírez, F., F. Bertsch, y L. Mora. 2002. 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.

**Tabla 1. Descripción de las plantas de café variedad Caturra, durante un ciclo de crecimiento y maduración de los frutos en Aquiares, Turrialba, Costa Rica**

Sección		Promedio*	n
Planta	Número de ejes ortotrópicos (e.o.)	2.55 ± 0.22	20
	Altura inicial de e.o. (feb-98) (m)	1.56 ± 0.06	20
	Altura final de e.o. (nov-98) (m)	1.87 ± 0.07	20
	número de bandolas > 10 cm/e.o.	33.85 ± 2.95	20
	Número de bandolas efectivas (>50% floreado)/e.o.	24.05 ± 2.54	20
Bandola	Largo promedio (cm)	66.9 ± 1.6	98
	Largo inicial de bandola (feb-98) (cm)	59.45 ± 3.52	20
	Largo final de bandola (nov-98) (cm)	69.30 ± 5.09	20
	Número de nudos	63.20 ± 4.5	98
	Nudos/cm	0.94 ± 0.06	98
	Peso fresco (g)	62.9 ± 5.5	98
	Peso seco (g)	21.7 ± 1.9	98
	Porcentaje de humedad de bandola	65% ± 1%	98
Floración	Nudos floreados	32.9 ± 8.6	9
	Porcentaje de nudos floreados	29% ± 10%	9
	Número de botones florales grandes/5 g de peso fresco	82.7 ± 4.8	6
	Peso fresco de flores/bandola (g)	10.3 ± 5.4	16
	Peso seco de flores/bandola (g)	1.6 ± 1.0	14
	Porcentaje de humedad de flores	82% ± 1%	14

\* Promedio ± intervalo de confianza  
n = número de muestras  
P = 0.05



**Figura 1. Crecimiento de bandolas y ramas de café después del pico de máxima floración hasta la cosecha.**

formación de los nudos, pero cuando hay crecimiento de frutos el alargamiento de las ramas se reduce (Valencia, 1998). Por otro lado, bajo condiciones del Valle Central de Costa Rica, se encontró que las mayores tasas de crecimiento de bandolas de café Caturra y Catuá están relacionadas con las épocas de mayor precipitación (Segura, 1992 a y b).

### Caracterización de los frutos

En la **Tabla 2** se presentan los datos de peso (fresco y seco), humedad, altura y diámetro de cada una de las categorías de frutos identificadas. Existió una relación muy estrecha entre la altura (longitud) y el diámetro de

los frutos verdes de Caturra, sin importar la categoría de tamaño. Esta relación es descrita por la ecuación:

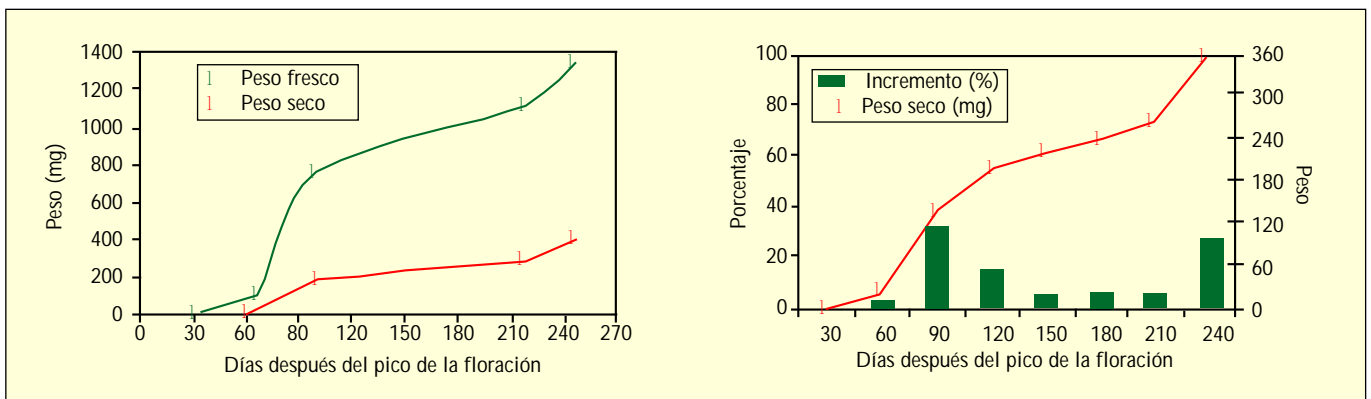
$$\text{Diámetro (mm)} = 0,6588 \times \text{altura (mm)} + 0,7569; \quad (r^2 = 0,97)$$

Los frutos maduros se presentan a partir de la categoría 5 de tamaño, pero los tamaños de frutos maduros dominantes son 6, 7 y 8. Los frutos extremadamente grandes (9 y 10) fueron muy pocos. Los frutos maduros se caracterizan por tener menor humedad comparados con el tamaño correspondiente en verde. Se presentaron frutos secos que permanecen prendidos a la bandola que se denominan frutos "momia". Debido

**Tabla 2. Descripción de las categorías de tamaño y estado de los frutos de café variedad Caturra, Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

Estado	----- Tamaño -----		Humedad (%)	n	Altura (mm)		Diámetro (mm)	
	Fresco	Seco			mín.	máx.	mín.	máx.
1	15 ± 1	4 ± 0.4	72 ± 4	61	<3.0	<2.5	0	0
2	61 ± 6	14 ± 1	76 ± 3	41	3.1	4.5	2.6	3.5
V 3	133 ± 19	26 ± 3	80 ± 1	22	4.6	6	3.6	4.5
E 4	253 ± 28	43 ± 6	83 ± 1	29	6.1	7.5	4.6	6
R 5	555 ± 26	126 ± 12	78 ± 1	73	7.6	10	6.1	8
D 6	851 ± 23	201 ± 17	77 ± 2	74	10.1	13	8	9.5
E 7	1083 ± 85	263 ± 29	76 ± 2	69	13.1	14.5	9.6	10
8	1495 ± 186	359 ± 38	75 ± 2	34	14.6	16.5	10.1	11.5
9	1612 ± 201	433 ± 93	73 ± 5	4		>16.6		>11.6
M 5	802 ± 160	212 ± 15	72 ± 4	9				
A 6	958 ± 40	281 ± 19	71 ± 2	25				
D 7	1356 ± 41	397 ± 18	71 ± 1	33				
U 8	1738 ± 70	513 ± 28	70 ± 1	21				
R 9	1921 ± 57	558 ± 37	71 ± 1	12				
O 10	2455 ± 245	271 ± 114	71 ± 3	6				
Momias	984 ± 386	377 ± 82	52 ± 8	16				

n = número de muestras  
±IC = intervalo de confianza


**Figura 2. Curva de crecimiento de un fruto de café variedad Caturra en términos de peso (mg/fruto) y porcentaje.**

a la presencia de frutos de diferente tamaño y estado a lo largo del ciclo de desarrollo, se procedió a determinar los momentos en que dominaba uno o varios tamaños y estados de fruto. En la **Tabla 3** se presentan los promedios ponderados de peso y humedad para los frutos dominantes y el porcentaje que éstos representan del total de frutos en la bandola.

El número de frutos por bandola disminuye conforme aumenta el tamaño, esto refleja una purga de frutos bastante fuerte. En Colombia, se ha documentado un cuaje de 30-40% (Valencia, 1998), mientras que en Costa Rica se reporta un promedio de 103 frutos de café Caturra por bandola a la cosecha (Briceño y Arias, 1992), dato prácticamente idéntico al encontrado en las evaluaciones de este estudio.

Con los datos de los frutos dominantes se elaboró la curva de crecimiento de los frutos de café Caturra (**Figura 2**). La duración del ciclo de crecimiento de los frutos (anthesis a maduración) es de aproximadamente 8 meses, pero este factor es dependiente de las condiciones climáticas del lugar (Valencia, 1998).

La curva de crecimiento del fruto de café presenta una forma sigmoidea doble. La primera etapa corresponde a un ligero incremento en tamaño (primeras 4-5 semanas), seguida de un crecimiento rápido hasta que el fruto verde alcanza su tamaño máximo. En el tercer período casi no hay crecimiento y corresponde al endurecimiento del endocarpio y la división de los tejidos de la semilla ( $\approx$  18 semanas). Finalmente, en un cuarto período se produce la maduración y hay otro

**Tabla 3. Caracterización de los frutos dominantes en el ciclo de crecimiento y maduración de los frutos de café variedad Caturra en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

Edad (ddpf)	Tamaño	--- Peso (mg) ---		Humedad (%)	Número promedio frutos/bandola	Frutos dominantes (%)
		Fresco	Seco			
34	1	14.6	3.9	72	351	95
65	2, 3, 4	124.1	23.7	79	260	57
99	5, 6	764.8	179.4	77	154	69
217	7, 8, 9	1103.4	268.1	76	97	57
247	Maduro	1323.9	386.1	71	101	64
247	Momias	984.3	377.4	52	101	18

ddpf = días después del pico de floración

**Tabla 4. Concentración promedio de nutrientes en la bandola, flores y tamaños dominantes de frutos de café variedad Caturra en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	----- % -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Bandola	1.97	0.18	1.07	0.21	1.83	0.17	103	33	27	144	49.7
Flores	3.05	0.39	0.74	0.32	2.54	0.22	175	50	22	87	45.9
Frutos 1	2.82	0.30	1.54	0.43	2.99	0.29	157	36	22	281	55
Frutos 2, 3, 4	2.89	0.33	0.64	0.35	2.94	0.23	82	27	18	134	41
Frutos 5, 6	2.39	0.20	0.35	0.21	2.61	0.15	48	21	11	52	52
Frutos 7, 8, 9	1.95	0.19	0.31	0.20	2.43	0.14	54	21	10	46	51
Frutos maduros	1.68	0.14	0.24	0.16	2.22	0.11	31	13	5	38	42

**Tabla 5. Absorción estimada de nutrientes de un fruto de café variedad Caturra en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

Edad (ddpf)	Tamaño dominante	PS (mg)	----- mg kg <sup>-1</sup> -----						----- ug kg <sup>-1</sup> -----				
			N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
30	1	3.4	0.10	0.01	0.05	0.01	0.10	0.01	0.54	0.12	0.08	0.97	0.19
60	2, 3, 4	20.5	0.59	0.07	0.19	0.07	0.60	0.05	1.67	0.54	0.37	2.75	0.84
90	5, 6	138.2	3.30	0.28	0.49	0.29	3.61	0.21	6.58	2.88	1.55	7.13	7.21
120	7, 8, 9	195.2	3.80	0.38	0.61	0.38	4.75	0.28	10.59	4.00	1.95	9.98	10.04
150	7, 8, 9	217.7	4.24	0.42	0.68	0.43	5.30	0.31	11.81	4.46	2.18	10.02	11.20
180	7, 8, 9	240.3	4.68	0.46	0.75	0.47	5.85	0.35	13.04	4.93	2.40	11.05	12.36
210	7, 8, 9	262.8	5.12	0.51	0.82	0.52	6.40	0.38	14.26	5.39	2.63	12.09	13.52
240	Maduros	358.6	6.04	0.52	0.87	0.59	7.95	0.38	11.17	4.56	1.74	13.63	14.95

ddpf = días después del pico de floración

PS = peso seco

fuerte incremento en tamaño (5 semanas), que se asocia con un fuerte incremento en materia seca (> 30%), que se acumula a partir de los 210 días después del pico de floración (León y Fournier, 1962; Segura, 1992c).

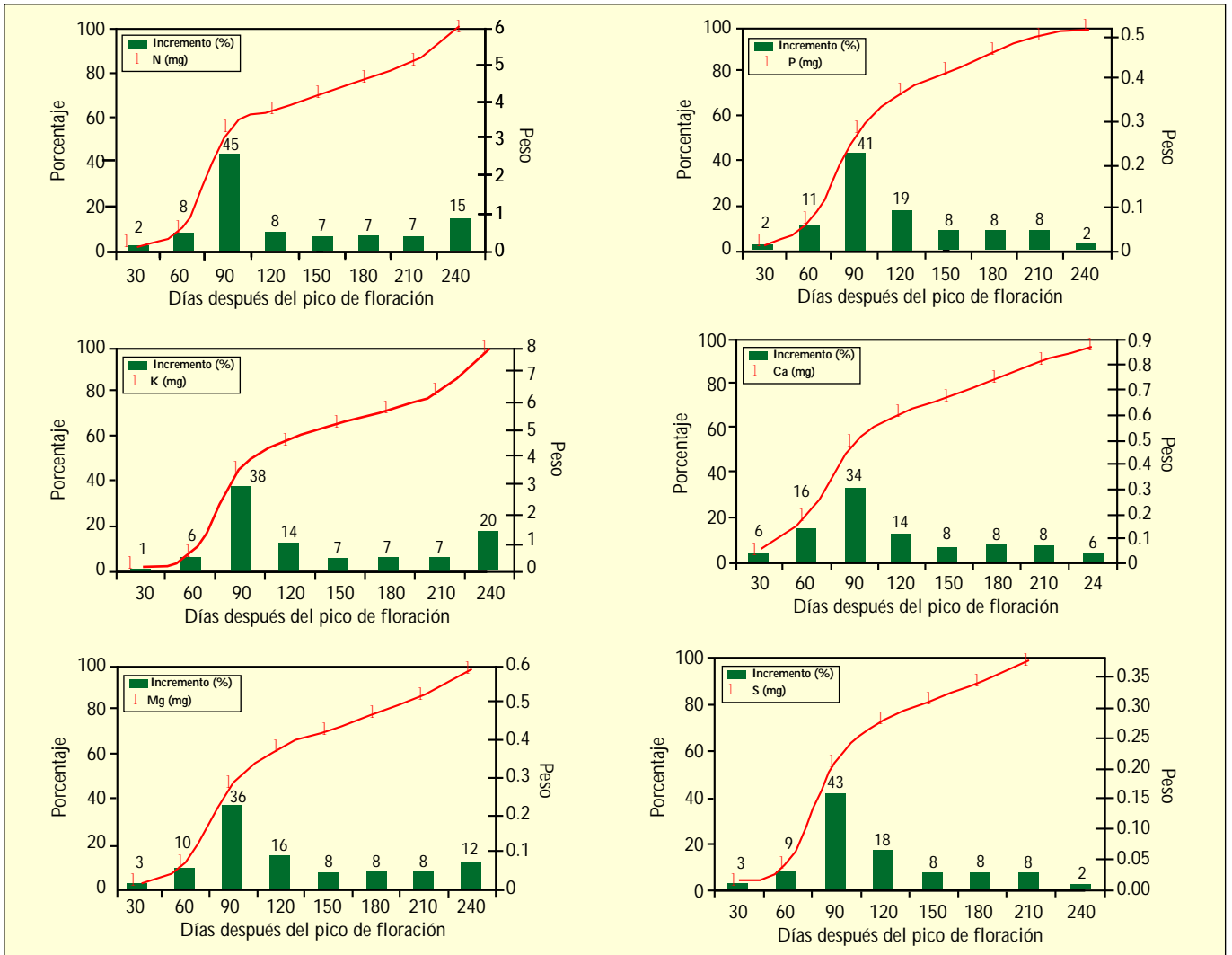
#### Consumo de nutrientes por los frutos de café

Con la información de peso seco (Tabla 3) y la concentración de nutrientes (Tabla 4) se calculó el consumo de nutrientes, datos que se presentan en la Tabla 5. En las Figuras 3 y 4 se presentan las curvas de absorción para cada nutriente de los frutos de café. No se consideró el consumo de nutrientes de la bandola

por tener concentraciones uniformes y crecimiento prácticamente lineal durante el ciclo (Figura 1).

El orden de absorción de macronutrientes de los frutos de café Caturra fue: potasio (K) > nitrógeno (N) > calcio (Ca) > magnesio (Mg) > fósforo (P) > azufre (S) y la proporción de N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O fue de 6 : 1 : 8, datos similares a aquellos reportados en la literatura para esta variedad de café (Segura, 1992 d; Carvajal, 1984).

A los 30 días después del pico de floración, la mayoría de los frutos de una bandola se encuentran en tamaño 1 (cabeza de alfiler). En este momento, solo Ca y



**Figura 3. Curva de absorción de macronutrientes (mg/fruto) para frutos de café Caturra.**

manganeso (Mn) se han consumido en más de 5% de la absorción total.

A los 60 días, la mayoría de los frutos se encuentran en el tamaño 2, 3 ó 4, lo que significa un máximo de 6 mm de diámetro con un peso fresco promedio de 0,25 g. En este momento, más de un 20% del total de Ca y Mn han ingresado al fruto.

A los 90 días, junto con una fuerte acumulación de agua y un importante aumento en el tamaño del fruto (**Figura 2**) y la continua absorción de Ca y Mn, se produce un fuerte consumo de zinc (Zn), correspondiente al 45% del total (casi la mitad de su necesidad consumida en un solo mes). El boro (B), S, cobre (Cu), N y P presentan el mismo comportamiento. Más del 40% del total de esos elementos se va a consumir antes del tercer mes.

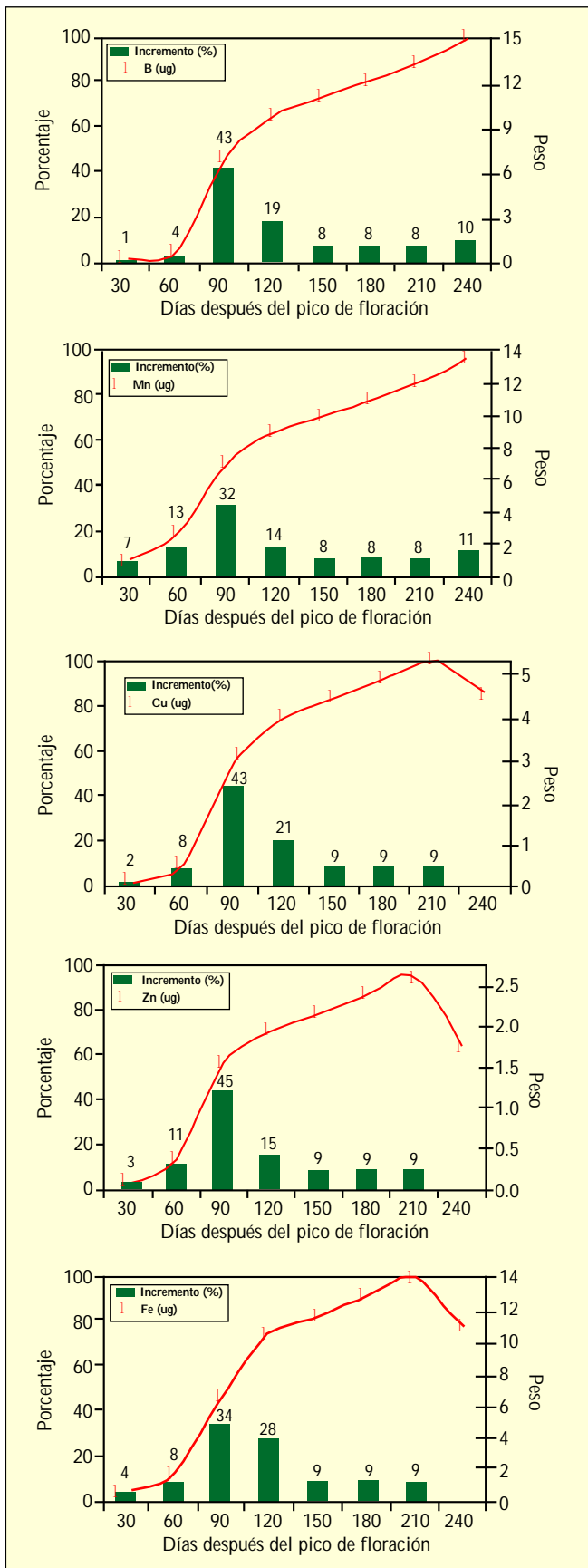
El siguiente período, en el que se observa el desarrollo de los frutos hasta alcanzar su tamaño definitivo antes de empezar a madurar, puede alargarse desde los 120 hasta los 210 días y ocurre sin cambios muy abruptos en la absorción de nutrientes. Esto significa que las exigencias mensuales de nutrientes son graduales (7 y 9% por mes).

Se ha reportado que existe una gran demanda de nutrientes en los 2 últimos meses de desarrollo del fruto (Valencia, 1998), sin embargo, en este estudio solo K, N, y en menor medida B y Mg resultan de importancia para la maduración (período que se inicia después de los 7 meses).

**Tabla 6. Programa de fertilización foliar de apoyo a la nutrición básica basado en las curvas de absorción.**

Fecha de aplicación			Nutrientes a aplicar		
Días	Semanas	Meses	Prioritarios	Secundarios	Terciarios
40-45	6	1.5	Ca		
60-75	11	2.5	Ca, Zn, B	Mg	N, K
100-110	15	3.5	Zn, B	Cu, Fe	Mg, S
200-210	28	6.5	K, N	B, Mg	





**Figura 4. Curvas de absorción de micronutrientos (ug/fruto) para frutos de café Caturra.**

A pesar de que en la zona de Turrialba, Costa Rica, se presentan flotaciones sucesivas, los frutos se desarrollan de manera predecible, de forma que es posible tomar decisiones de fertilización de acuerdo a

la curva de crecimiento y de absorción de nutrientes de los frutos. A los 90 días después del pico de floración, todos los elementos, excepto el K, han sido consumidos en un 50% del requisito total. Un programa de fertilización foliar que pretenda apoyar efectivamente el curso de formación, llenado y maduración de frutos se resume en la **Tabla 6**. Si se quisiera eliminar algunas de las aplicaciones se podría excluir la primera y la cuarta.

## Bibliografía

- Berstch, F., y F. Ramírez. 1997. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrientes. In: Memoria Jornadas de Investigación. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación. 183 p.
- Briceño, J., y O. Arias. 1992. Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica*). I. Crecimiento vegetativo y productivo de tres cultivares. *Agronomía Costarricense* 16(1): 125-130
- Carvajal, F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. Segunda Edición. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza. 253 p.
- Carvajal, F. 1985. Potassium nutrition of coffee. In: Potassium in agricultura. Ed. by R.D. Munson. Madison, Wis., ASA-CSSA-SSSA.
- Díaz-Romeu, R., y A. Hunter. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p.
- León, J., y L. Fournier. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *coffea arabica* L. Turrialba 12:65-74.
- Rojas, O. 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. IICA, Serie Publicaciones Misceláneas No. AI/OCR-87-007. San José, Costa Rica, 83 p.
- Segura, A. 1992a. Estudio comparativo del crecimiento vegetativo de dos cultivares de café. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura, A. 1992b. Estudio fonológico del café. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFEMAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura, A. 1992c. Estudio del crecimiento del fruto de café. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura, A. 1992d. Extracción de nutrientes por los frutos del café durante su desarrollo. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Valencia, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. INPOFOS, Quito, Ecuador. 61 p.
- Vicente-Chandler, J. 1989. Coffee. In: Detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops. Ed. by D.L. Plucknett and H.B. Sprague. Westview Press, U.S.A. 553 p. 