

## CONSUMO DE NUTRIMENTOS POR LOS FRUTOS Y BANDOLAS DE CAFE CATURRA DURANTE UN CICLO DE DESARROLLO Y MADURACION EN AQUIARES, TURRIALBA, COSTA RICA<sup>1</sup>

Floria Ramírez\*, Floria Bertsch<sup>2/</sup>\*, Luis Mora\*\*

**Palabras clave:** *Consumo de nutrimentos, frutos, bandolas, café, Caturra.*

### RESUMEN

Con el fin de determinar las etapas de absorción más importantes durante el período de llenado del fruto de café, con miras a mejorar el suplemento de nutrimentos vía fertilización foliar, se elaboró una curva de absorción o acumulación de nutrimentos por los frutos y las bandolas de plantas de café, en la zona de Aquiares, Turrialba. Esta zona presenta floraciones sucesivas, no obstante, se realizó un muestreo secuencial de bandolas (marcadas en el momento de máxima floración) de una plantación de caturra de 2 años de poda baja. Se clasificó los frutos por tamaño de cada una de esas bandolas y se estableció la categoría de fruto dominante cada mes, a lo largo de los 8 meses de desarrollo del fruto. Así, se elaboró la curva de consumo de nutrimentos por un fruto, con la que se pudo establecer, para cada uno de los nutrimentos, especialmente los menores, los momentos de máxima absorción por el fruto y por lo tanto los más apropiados para recibir un suplemento foliar. A los 90 días (3 meses) 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 de elementos menores que quisiera apoyar efectivamente el curso de formación, llenado y maduración de frutos debería incluir el suplemento de Zn y B preferiblemente a los 2,5 y 3,5 meses, y un adicional solo de B hacia el

### ABSTRACT

**Nutrient consumption by Caturra coffee fruits and fruit-bearing branches during a cycle of development and maturation in Aquiares, Turrialba, Costa Rica.** A curve of absorption or nutrient accumulation by coffee fruits was prepared for the Aquiares zone of Turrialba with the purpose of determining stages of absorption during fruit filling, and thus improving complementary nutrient supplement through foliar application. This zone has successive blooms; nevertheless, upon carrying-out sequential sampling of fruit-bearing branches (marked at the time of maximum bloom) from a 2 year-old Caturra plantation of low pruning, and upon classifying the fruit type by size in each fruit-bearing branch and establishing the dominant fruit type each month, the curve of nutrient consumption by a fruit was prepared. From this it was established for each nutriment, especially the micros, the moments of maximum absorption by the fruit, and thus those most appropriate for receiving a foliar supplement. Ninety days (3 months) after peak bloom, all the elements, except K, had been consumed at 50% of total requirement. A foliar fertilization program of minor elements that wishes to effectively support the course of formation, filling and maturation of fruits, should include a supplement of Zn and B preferably at 2.5 and 3.5 months, and an

1/ Recibido para publicación el 29 de marzo del 2001.

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr

\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

\*\* INDAGRO, Heredia, Costa Rica

momento de la maduración, 6,5 meses. Las aplicaciones tardías de Zn no resultan pertinentes pues el consumo de ese elemento finaliza antes de esa época. Otros elementos como el Mg, el N y el K serían recomendables a los 2,5 y 6,5 meses. Si la plantación tuviera necesidades particulares de Ca, éstas deberían suplirse antes de los primeros 3 meses.

additional one of only B towards the moment of maturation, 6.5 months. Late applications of Zn are not pertinent, since consumption of this element stops before this period. Other elements like Mg, N and K would be recommendable at 2.5 and 6.5 months. If the plantation has particular needs of Ca, these should be supplied before the first 3 months.

## INTRODUCCION

Las curvas de absorción constituyen una herramienta para estimar de manera directa las necesidades nutricionales de un cultivo, ya que definen las cantidades de nutrimentos necesarias y los momentos más adecuados de aplicación. Esta herramienta justifica cuantitativamente la validez de un programa de fertilización (Bertsch y Ramírez 1997).

En zonas donde no ocurre una estación seca definida, las yemas florales de café 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 del Ing. Rodrigo Cléves Serrano (1975) citada por Rojas (1987), la Hacienda Aquiares ubicada en la parte norte de Turrialba, presenta las condiciones anteriores.

El objetivo de este trabajo fue la elaboración de una curva de absorción o acumulación de nutrimentos por los frutos y las bandolas de plantas de café, en una zona con floraciones sucesivas, con el fin de determinar las etapas de absorción más importantes durante el período de llenado, con miras a mejorar el suplemento complementario de nutrimentos vía fertilización foliar.

## MATERIALES Y METODOS

Las evaluaciones realizadas corresponden a la cosecha 98/99 de un lote de café Caturra ubicado en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. Se seleccionó un lote sembrado en 1982, con poda baja de 1996 y con una producción esperada de 40 fan ha<sup>-1</sup>.

Al inicio de la brotación de los botones florales (19 febrero de 1998), se seleccionó 2 calles de café representativas del lote y se marcaron bandolas en el tercio medio de la planta; en total se marcaron 100 bandolas, una por 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, desde la floración hasta la cosecha.

Se muestrearon al azar de 10 a 12 bandolas por mes (marzo a octubre). Estas bandolas se cortaron, se les midió su longitud (cm), se contó el número de nudos y se desprendieron las flores y los frutos. Los frutos se clasificaron en 9 tamaños y 2 categorías (maduros y verdes). A las bandolas y los frutos categorizados se les determinó el peso fresco y seco y la concentración de nutrimentos (N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, Mn, Cu, B y Zn) según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978).

Con los datos de peso seco y concentración se calculó la cantidad de nutrimentos consumida por cada categoría de fruto y por las bandolas a lo largo del ciclo de desarrollo y maduración de los frutos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Caracterización fenológica de la planta

En el cuadro 1 se presenta el detalle de las características fenológicas generales 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, unas 61 bandolas

Cuadro 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	# 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
	# bandolas >10 cm/e.o.	33,85 ± 2,95	20
	# 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
	# nudos	63,2 ± 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
	% de Humedad de bandola	65% ± 1%	98
Floración	Nudos floreados	32,9 ± 8,6	9
	% de nudos floreados	59% ± 10%	9
	# 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
	% de Humedad de flores	83% ± 1%	14

\* Promedio ± intervalo de confianza.

n= número de muestras.

P= 0,05

efectivas (>10 cm de largo y con floración), distribuidas en sus 2-3 ejes ortotrópicos o ramas.

Las bandolas evaluadas tuvieron, durante el período de desarrollo de los frutos (de 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 por 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 (Figura 1), 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.

Al tiempo que ocurre la diferenciación de las yemas florales, puede presentarse el alargamiento de los entrenudos y la formación de los

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

### Caracterización de los frutos

En el cuadro 2 se presenta una descripción en términos de peso fresco, peso seco, % de 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

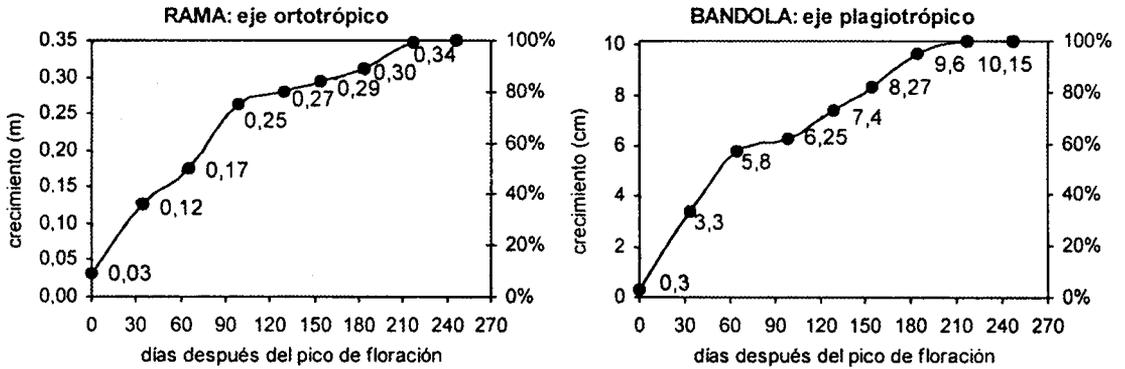


Fig. 1. Crecimiento de bandolas y ramas de café después del pico de máxima floración hasta la cosecha.

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

Estado	Tamaño	Peso (mg)		% humedad	n	Altura (mm)		Diámetro (mm)	
		Fresco	Seco			mín.	máx.	mín.	máx.
V E R D E	1	15 ± 1	4 ± 0,4	72 ± 4	61	<3,0	<2,5		
	2	61 ± 6	14 ± 1	76 ± 3	41	3,1	4,5	2,6	3,5
	3	133 ± 19	26 ± 3	80 ± 1	22	4,6	6	3,6	4,5
	4	253 ± 28	43 ± 6	83 ± 1	29	6,1	7,5	4,6	6
	5	555 ± 26	126 ± 12	78 ± 1	73	7,6	10	6,1	8
	6	851 ± 23	201 ± 17	77 ± 2	74	10,1	13	8	9,5
	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 O R T O	M	802 ± 160	212 ± 15	72 ± 4	9				
	A	958 ± 40	281 ± 19	71 ± 2	25				
	D	1356 ± 41	397 ± 18	71 ± 1	33				
	U	1738 ± 70	513 ± 28	70 ± 1	21				
	R	1921 ± 57	558 ± 37	71 ± 1	12				
	O	2455 ± 245	711 ± 114	71 ± 3	6				
Momias		984 ± 386	377 ± 82	52 ± 8	16				

n= número de muestras

±IC= intervalo de confianza

frutos maduros dominantes son 6, 7 y 8; los frutos extremadamente grandes (9 y 10) fueron muy pocos. Los frutos maduros se caracterizan por un porcentaje de humedad menor al del tamaño correspondiente en verde. Se presentaron frutos secos que permanecen prendidos a la bandola y que se denominaron frutos "momia".

Debido a la presencia de frutos de diferente tamaño y estado a lo largo del ciclo de desarrollo y maduración de los frutos en Aquiares, se procedió a determinar los momentos en que do-

minaba uno o varios tamaños y estados de fruto. En el cuadro 3 se presenta 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; Valencia (1998) menciona que en Colombia se presenta un cuaje del 30-40%. Briceño y Arias (1992) reportan un promedio de 103 frutos por bandola a la cosecha

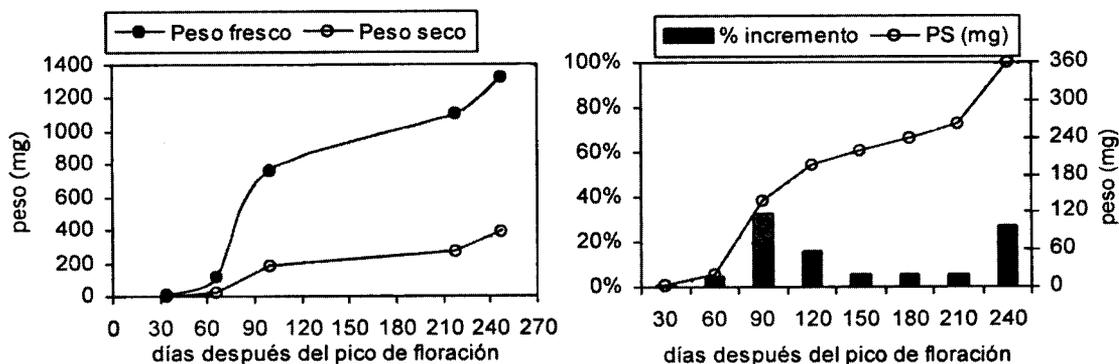


Fig. 2. Curva de crecimiento de un fruto de café variedad Caturra en términos de peso ( $\text{mg fruto}^{-1}$ ) y porcentual.

de café Caturra, dato prácticamente idéntico al encontrado en estas evaluaciones.

Con los datos de los frutos dominantes se elaboró la curva de crecimiento de nutrimentos de los frutos de café Caturra (Figura 2). La duración del ciclo de crecimiento de los frutos de café (de antesis a maduración) es de aproximadamente 8 meses, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar (Valencia 1998).

La curva de crecimiento del fruto de café descrita por León y Fournier (1962) en términos de tamaño (longitud en mm) para variedades como Bourbon y Typica, corresponde en gran medida a la curva de materia seca (mg) de frutos evaluada para Caturra. Otras curvas se han desarrollado de acuerdo al diámetro de la cereza (mm) (Segura 1992c, Valencia 1998).

La curva de crecimiento del fruto de café presenta una forma sigmoidea doble (León y Fournier 1962). La primera etapa corresponde a

un incremento en tamaño prácticamente despreciable (primeras 4-5 semanas), seguida de un crecimiento rápido hasta que el fruto verde alcanza su tamaño máximo (Segura 1992c). En el tercer período casi no hay crecimiento y corresponde al endurecimiento del endocarpo y la división de los tejidos de la semilla ( $\approx 18$  semanas); finalmente en un cuarto período se produce la maduración y hay otro fuerte incremento en tamaño (5 semanas) (León y Fournier 1962), que Segura (1992c) asocia con un fuerte incremento en materia seca, del orden de más de un 30%, que se acumula a partir de los 210 días después del pico de floración.

### Consumo de nutrimentos por los frutos de café

La información de peso seco (Cuadro 3) y la concentración de nutrimentos (Cuadro 4) son

Cuadro 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	# promedio de frutos/ bandola	% de 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.

Cuadro 4. Concentración promedio de nutrimentos en la bandola, flores y tamaños dominantes de frutos de café variedad Caturra, en Aquirares, Turrialba, Costa Rica.

	%						mg kg <sup>-1</sup>				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
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	0,94	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

Cuadro 5. Absorción estimada de nutrimentos de un fruto de café variedad Caturra en Aquirares, Turrialba, Costa Rica.

Edad (ddpf)	Tamaño dominante	PS (mg)	mg fruta <sup>-1</sup>						ug fruta <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	8,98	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.

los 2 elementos necesarios para el cálculo de consumo de nutrimentos (Cuadro 5). La absorción se estimó espaciada cada 30 días, en las figuras 3 y 4 se presenta las curvas de absorción para cada nutrimento para un fruto de café. El consumo de nutrimentos de la bandola no se consideró ya que presentó un comportamiento muy constante, producto de concentraciones uniformes y crecimiento prácticamente lineal (Figura 1) durante el ciclo.

Al igual que en el estudio de Segura (1992d), el orden de absorción de macronutrientes para los frutos de Caturra fue: K > N > Ca > Mg > P > S; y la proporción de elementos N(6): P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(1): K<sub>2</sub>O(8) mencionada por Carvajal (1984) para frutos de café, es muy similar a la encontrada para Caturra.

A los 30 días después del pico de floración la mayoría de los frutos de café de una bandola se encuentran en el tamaño 1, o condición de "cabeza de alfiler". En este momento, solo el Ca y el Mn se han consumido en más de un 5%, por lo que, como complemento foliar se podrían aplicar en el primer mes.

A los 60 días, la mayoría de los frutos se encuentran en el tamaño 2, 3 ó 4, que significa un máximo de 6 mm de diámetro, para un peso fresco promedio de 0,25 g. Para este momento más de un 20% del total que va a ser consumido de estos 2 elementos (Ca, Mn) ha ingresado al fruto, de allí que sea fundamental apoyar a la planta con ellos antes de este momento, esto es a los 45 días (6 semanas) después de la floración fuerte.

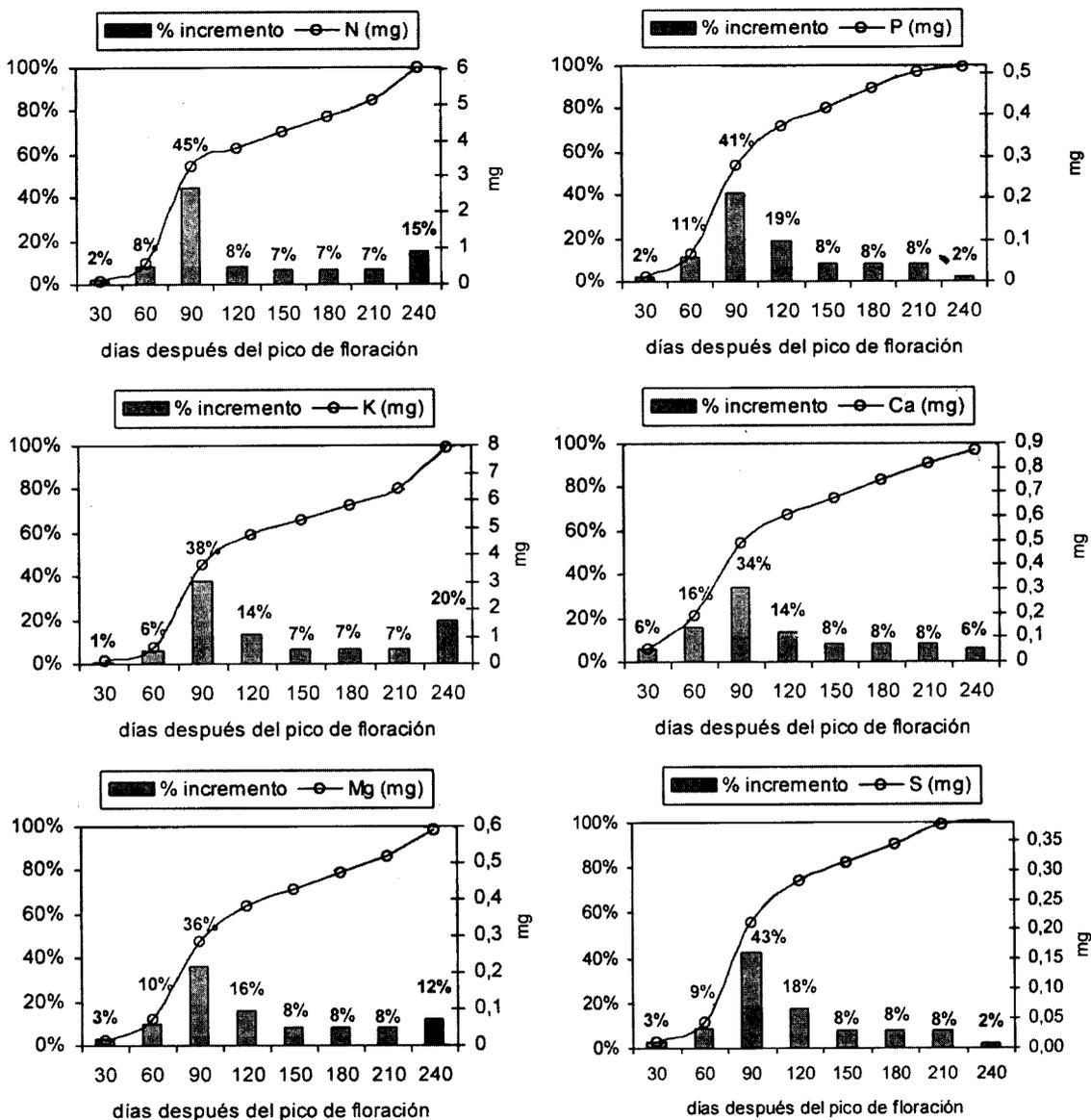


Fig. 3. Curvas de absorción de macronutrimientos (mg fruto<sup>-1</sup>) para frutos de café Caturra.

Para el tercer mes (90 días), paralelo a una fuerte acumulación de agua por parte del fruto (Figura 2), un importante aumento en el tamaño (al punto de que alcanza aproximadamente el 80% de las dimensiones máximas), y a la fuerte absorción de Ca y Mn, se produce un fuerte consumo de Zn, correspondiente al 45% del total

(casi la mitad de su necesidad consumida en un único mes).

El B, el S, el Cu, el N y el P presentan el mismo comportamiento. Más del 40% del total de esos elementos se va a consumir antes del tercer mes. En términos de apoyo foliar, una aplicación de Ca, Zn y B entre los 60 y 75 días (10-11

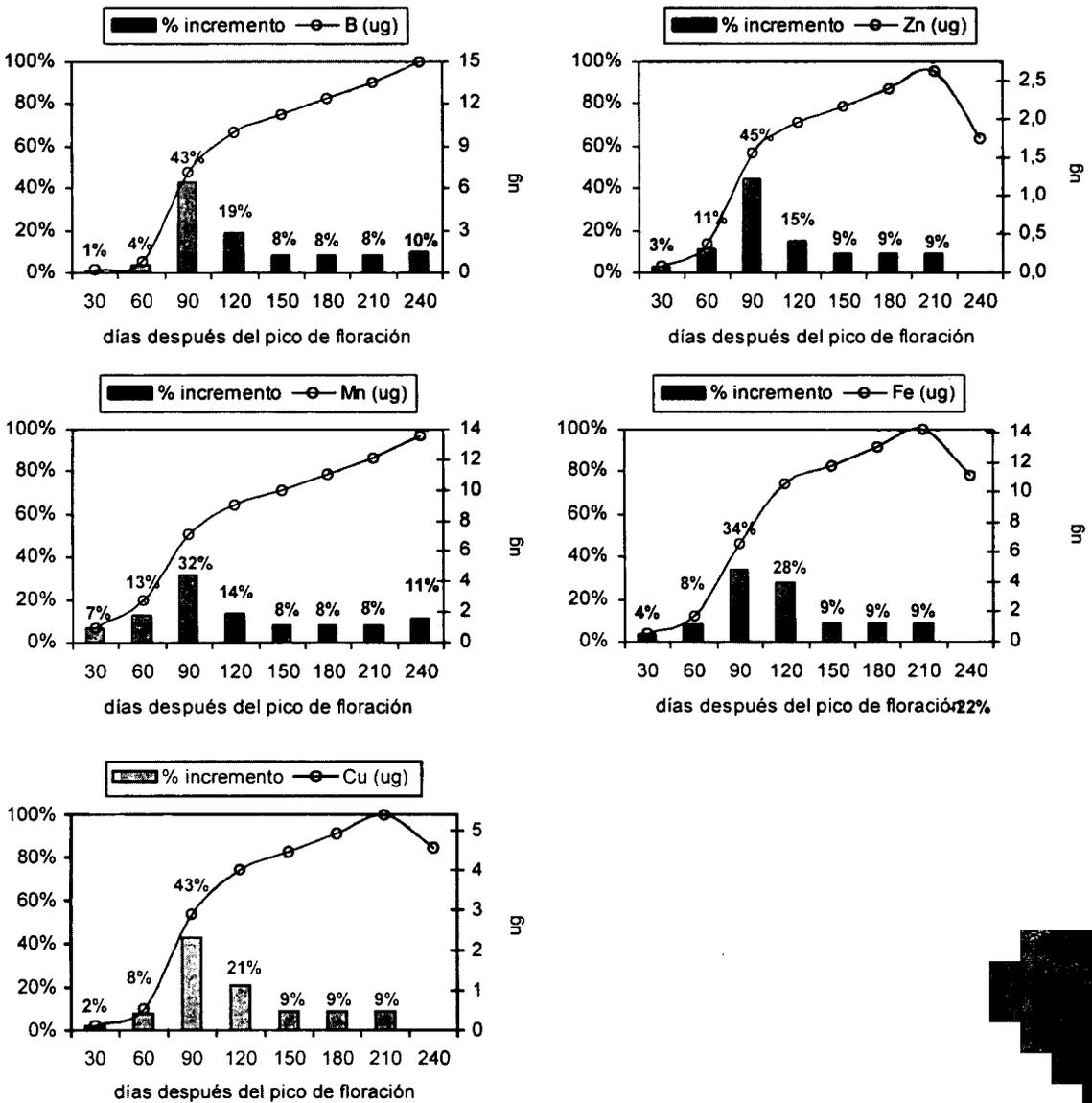


Fig. 4. Curvas de abosorción de micronutrimientos (ug fruto<sup>-1</sup>) para frutos de café Caturra.

semana) después del pico de floración parece indiscutible. Para este momento, cabe destacar que prácticamente solo de K no se ha consumido la mitad de su requisito.

Prepararse para el cuarto mes (120 días, 17 semanas) significaría atender, dentro de los

micronutrimientos, nuevamente al B y al Zn durante la semana 15, aunque también el Cu y el Fe presentan uno de sus mayores picos de absorción. Ya para este momento se ha iniciado la formación de frutos 6 y 7 que ofrecen diámetros mayores a 1 cm y pesos frescos mayores a 1 g.

El período que sigue, en el que se completa este 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. Esto significa que las exigencias de nutrimentos por mes son graduales (entre 7 y 9% por mes) y por lo tanto, el apoyo foliar resulta menos impactante.

Tres micronutrimentos, Zn, Fe y Cu, completan todas sus necesidades antes de empezar la maduración, por lo que es poco estratégico realizar aplicaciones foliares tardías (posteriores a las 25 semanas o 6 meses) de estos elementos.

Según Valencia (1998), existe una gran demanda de nutrimentos en los 2 últimos meses de desarrollo del fruto; sin embargo, en este estudio solo el K, el N, y en menor medida el B y el Mg resultan de importancia para la maduración (período después de los 7 meses). Un refuerzo tardío podría complementar este proceso.

Si se quisiera suplementar Mg, los momentos de mayor exigencia mensual corresponden con el tercer y cuarto mes, esto es, con la aplicación que podría realizarse a las 10 semanas (70 días).

En síntesis, a pesar de que en la zona de Turrialba se presentan floraciones sucesivas, el promedio de los frutos se desarrolla de manera predecible, de forma que es posible tomar decisiones de fertilización de acuerdo a la curva de crecimiento y de absorción de nutrimentos de los frutos.

A los 90 días (3 meses) 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 quisiera apoyar efectivamente el curso de formación, llenado y maduración de frutos podría resumirse así:

Fecha de aplicación			Nutrimentos 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	

De eliminar alguna de estas aplicaciones podría excluirse la primera, y en segunda instancia la cuarta.

### LITERATURA CITADA

- BERTSCH F., RAMIREZ F. 1997. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrimentos. *In: Memoria Jornadas de Investigación*. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación. 183 p.
- BRICEÑO J., ARIAS O. 1992. Desarrollo del caféto (*Coffea arabica*). I. Crecimiento vegetativo y reproductivo de

tres cultivares. *Agronomía Costarricense* 16(1):125-130.

CARVAJAL F. 1984. Caféto: cultivo y fertilización. Segunda Edición. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza. 253 p.

CARVAJAL F. 1985. Potassium nutrition of coffee. *In: Potassium in agriculture*. Ed. by R.D. Munson. Madison, Wis., ASA-CSSA-SSSA.

DIAZ-ROMEU R., HUNTER A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p.

- LEON J., FOURNIER L. 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. A1/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 fenológico del café. *In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. 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.*