

RESPUESTA DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) A LA FERTILIZACIÓN ANTES Y DESPUÉS DE LA ZOCA

Luis Fernando Salazar Gutiérrez*, Siavosh Sadeghian Khalajabadi*

SALAZAR G. L. F.; SADEGHIAN K.; S. Respuesta del café (*Coffea arabica* L.) a la fertilización antes y después de la zoca. Revista Cenicafé 67 (1): 81-93. 2016

La renovación y la fertilización de cafetales son prácticas importantes para mantener y mejorar la productividad. Con el objetivo de determinar el momento oportuno para realizar la fertilización, se realizó un experimento en las Estaciones Experimentales Naranjal (Chinchiná-Caldas) y Paraguaicito (Buenavista-Quindío), y la finca La Arcadia (Libano-Tolima). Bajo el diseño de bloques completos al azar se evaluó el efecto de épocas de fertilización, desde 12 meses antes y hasta 18 meses después del zoqueo, para café variedad Colombia. En Naranjal y en La Arcadia se registró efecto de la fertilización antes del zoqueo sobre la producción de café cereza en el nuevo ciclo productivo. En Paraguaicito, la producción de la primera cosecha fue menor cuando la fertilización se inició a los 18 meses después del zoqueo, comparado con los 6 y 12 meses. El factor de rendimiento en trilla se afectó negativamente solo en La Arcadia al iniciar la fertilización a los 18 meses después del zoqueo. La biomasa seca de raíces disminuyó hasta en 60% en respuesta a la renovación.

Palabras clave: Nutrición, fertilidad del suelo, época de fertilización, biomasa de raíces.

RESPONSE OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) TO FERTILIZATION BEFORE AND AFTER STUMPING

Renewal and fertilization of coffee plantations are important practices to maintain and improve productivity. In order to determine the appropriate time for fertilization, an experiment in the Stations Experiment Naranjal (Chinchiná-Caldas) and Paraguaicito (Buenavista-Quindío), and in La Arcadia farm (Libano-Tolima) was conducted. Under a randomized complete block design, the effect of fertilization times from 12 months before to 18 months after stumping the Colombia coffee variety was evaluated. In Naranjal and La Arcadia, the fertilization effect on cherry coffee production before stumping in the new production cycle was recorded. In Paraguaicito, the production of the first harvest was lower when fertilization started 18 months after stumping, compared with 6 and 12 months. The threshing performance factor was negatively affected only in Arcadia when fertilization started 18 months after stumping. Root dry biomass decreased in up to 60% in response to the renewal.

Keywords: Nutrition, soil fertility, fertilization time, root biomass.

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

La renovación periódica de cafetales y el establecimiento de variedades mejoradas, son prácticas necesarias para incrementar y mantener su productividad y rentabilidad. De los principales métodos de renovación del cultivo, es decir, por siembra nueva o por zoqueo, este último ha presentado ventajas comparativas, tanto en el marco agronómico como económico (2). Lo anterior, sumado a las políticas de incentivos a la renovación otorgados por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y el Gobierno Nacional, ha estimulado a los caficultores hacia la renovación de sus plantaciones, preferiblemente con variedades resistentes a enfermedades y por el método de zoqueo.

Una de las inquietudes frecuentes sobre el tema se relaciona con las épocas de fertilización antes y después de la renovación; es decir, desde cuándo puede dejarse de aplicar el fertilizante antes de la renovación por zoca o cuándo debe iniciarse esta práctica. En este sentido, en Colombia sólo se cuenta con los resultados de una investigación de Uribe y Salazar (14), acerca del tema. En el estudio en referencia, desarrollado en seis localidades, la producción no se vio afectada por la fertilización realizada dos meses antes, ni hasta tres meses después del zoqueo; incluso, en uno de los sitios (Gigante, Huila), no hubo respuesta a la fertilización realizada seis meses después de la renovación. Pese a lo anterior, en la actualidad se recomienda iniciar la fertilización dos a tres meses después del zoqueo (10).

Para condiciones de Costa Rica, Alpizar (1) tampoco encontró efecto de la fertilización química en zocas con edad inferior a los 12 meses. En otro trabajo realizado con la variedad Acaia 474/19 de porte alto, Japiassu *et al.* (5) no hallaron respuesta al suministro de fertilizante hasta 400 kg.ha-año⁻¹, en renovaciones por descope o poda calavera

en suelos profundos, con altos contenidos de materia orgánica y con retorno al suelo del material podado.

Por lo anterior, es necesario brindar respuestas más específicas al caficultor sobre el efecto de la fertilización antes y después del zoqueo. En razón de lo expuesto, la presente investigación abordó un rango más amplio de tiempo, en condiciones ambientales contrastantes, con el objetivo de determinar el momento oportuno de realizar la fertilización antes y después del zoqueo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Naranjal (municipio de Chinchiná, Caldas), en la Estación Experimental Paraguaicito (municipio de Buenavista, Quindío) y la finca La Arcadia (municipio de Líbano, Tolima). Los suelos fueron contrastantes en sus características físicas y químicas, especialmente en sus contenidos de materia orgánica, bases intercambiables y CIC (Tabla 1). En cada localidad se evaluaron 12 tratamientos (Tabla 2), a partir de los cuales se formaron siete grupos de interés (Tabla 3), así: tres consistieron en épocas de fertilización antes del zoqueo y cuatro estuvieron conformados por épocas de inicio de la fertilización después del zoqueo. El zoqueo consistió en la eliminación total de la parte aérea del árbol mediante el corte del tallo a 30 cm del suelo (2), después del mismo se permitió el retorno del material podado (hojarasca y ramas) al suelo. Las dosis de fertilizante se definieron con base en el análisis de suelo para cada localidad, según los criterios definidos por Sadeghian (10), las enmiendas correspondientes al encalado se realizaron 8 meses después del zoqueo en todos los tratamientos, cuando el análisis de suelos indicaba que era necesario. Se utilizó un diseño en bloques completos al

azar con ocho repeticiones por tratamiento en Naranjal y siete repeticiones en Paraguaicito y La Arcadia, el número de repeticiones por tratamiento se determinó para una varianza estimada de 49,86 para el promedio de producción de 20 plantas en un año, una diferencia mínima aceptable de 6,25 kg de café cereza por parcela, un nivel de significación del 10% y una confiabilidad superior al 85%.

En Naranjal, cinco de los ocho bloques tenían una distancia de siembra de 1,0 m x 1,5 m y los tres restantes de 1 m x 1 m, y tanto antes como después del zoqueo cada planta estaba conformada por un solo eje o tallo principal. En Paraguaicito y La Arcadia la distancia de siembra fue de 1 m x 2 m, y tanto antes como después del zoqueo las plantas disponían de dos ejes principales. El área efectiva de la unidad experimental fue de 12, 16 y 20 m² en Naranjal, Paraguaicito y La Arcadia, respectivamente. Se registró la producción obtenida durante el año anterior al zoqueo y la cosecha después del zoqueo obtenida desde octubre de 2007 hasta diciembre de 2010 en Naranjal y Paraguaicito, y desde abril de 2008 hasta junio de 2011 en Libano.

Se realizó un análisis de varianza por localidad ($\alpha=95\%$), con el fin de determinar el efecto de los tratamientos, tanto en la producción obtenida en cada año como para el acumulado de éstos; además del factor de rendimiento en trilla y de conversión cereza a café pergamino seco (cps), obtenidos en los días de máxima producción anual, para cada localidad. Se aplicó la prueba de Tukey para comparar los tratamientos y la prueba de contrastes al 10% para establecer comparaciones entre los grupos de tratamientos.

Como variable complementaria, en los tres sitios se evaluó la biomasa seca de las raíces cada tres meses, durante el primer año

después del zoqueo, mediante un muestreo destructivo en el campo. El muestreo se realizó a 25 y 50 cm del tallo, empleando un cilindro de acero de pared delgada, de 20 cm de longitud por 8 cm de diámetro. La separación de raíces de la suspensión de suelo se realizó mediante el uso de un dispositivo, cuyo funcionamiento está basado en el principio de la hidroseparación y flotación (6, 8, 13).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la fertilización antes de la renovación por zoca en la producción de café cereza obtenida antes del zoqueo.

El análisis de varianza detectó efecto de los grupos de tratamientos en Paraguaicito y La Arcadia; en los dos sitios, los tratamientos 2 y 3, correspondientes a la fertilización 10 meses antes del zoqueo y 10 y 3 meses antes del mismo, fueron estadísticamente mayores que el grupo sin fertilización, e iguales entre sí (Figura 1). Aunque en Naranjal se presentó una tendencia similar, no fue estadísticamente significativa. En términos descriptivos, en Naranjal, Paraguaicito y La Arcadia, la fertilización 10 meses antes del zoqueo causó un aumento de la producción de 11%, 17% y 8%, respectivamente, mientras que la fertilización 10 y 3 meses antes del zoqueo produjo un incremento de 12%, 28% y 17% en comparación con el grupo de tratamientos sin fertilización antes del zoqueo.

Solo en Paraguaicito se presentó efecto de los grupos de tratamientos sobre el factor de rendimiento en trilla, así: los valores promedio más altos (88,3%) se obtuvieron en el grupo de tratamientos sin fertilización (Grupo 1), el cual presentó diferencias con el Grupo 2 (86,8%). En general, estos resultados permiten inferir que para las condiciones del estudio es

Tabla 1. Ubicación, características agroecológicas y de suelo, de las localidades y parcelas experimentales.

Característica	Unidad	Naranjal	Paraguacito	Finca La Arcadia
Municipio - Departamento		Chinchiná, Caldas	Buenavista, Quindío	Líbano, Tolima
Latitud		4°59'N	4°23'N	4°54'N
Longitud		75°39'W	75°44'W	75°02'W
Altitud	m	1.400	1.250	1.456
Temperatura promedio	°C	21,6	22,4	20,0
Precipitación anual	mm	2.322,1	2.109,0	2.128,0
Distancia de siembra	m	1,5 x 1,0	2,0 x 1,0	1,42 x 1,42
Densidad	ejes /ha	6.666	10.000	10.000
Características del suelo				
Unidad suelo		Chinchiná	Montenegro	Líbano
pH		4,6	5,3	5,0
N	%	0,50	0,29	0,63
MO	%	13,1	6,7	18,1
K	cmol _c .kg ⁻¹	0,20	1,37	0,14
Ca	cmol _c .kg ⁻¹	0,5	4,2	3,0
Mg	cmol _c .kg ⁻¹	0,3	0,8	0,6
Al	cmol _c .kg ⁻¹	1,6	0,3	0,7
CIC	cmol _c .kg ⁻¹	23	18	35
P	mg.kg ⁻¹	87	230	4
Fe	mg.kg ⁻¹	140	192	110
Mn	mg.kg ⁻¹	12	18	13
Zn	mg.kg ⁻¹	5	6	8
Cu	mg.kg ⁻¹	6	2	10
B	mg.kg ⁻¹	0,76	0,96	0,27
S	mg.kg ⁻¹	19,8	10,7	2,1
Ar	%	20	12	13
L	%	25	20	34
Textura del suelo		F.A.	F.A.	F.A.

necesaria la fertilización 10 meses antes del zoqueo para asegurar la calidad y rendimiento del grano en el último ciclo de producción del cultivo anterior al zoqueo. Según Arcila *et al.* (2), la fertilización que se hace dos meses antes de la cosecha contribuye al buen desarrollo de los frutos, además de aportar a la formación de nudos y hojas para las próximas cosechas, por lo cual no es de extrañar el efecto positivo en la producción obtenido al realizar la fertilización 10 meses

antes del zoqueo. Entre tanto, Sadeghian (11) reporta variaciones en la magnitud de la respuesta en producción de café a la fertilización en diversos sitios de la zona cafetera de Colombia, comportamiento que se debe a las diferencias en las condiciones de fertilidad del suelo, lo cual concuerda con lo encontrado; además, en este estudio se observó que al suspender el suministro de los nutrientes que el cafetal requiere, es posible que la producción no se afecte en

Tabla 2. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Fertilización antes del zoqueo (meses)		Fertilización después del zoqueo (meses)			
	10	3	3	6	12	18
1	No	No	No	No	No	Si
2	No	No	No	No	Si	Si
3	No	No	No	Si	Si	Si
4	No	No	Si	Si	Si	Si
5	Si	No	No	No	No	Si
6	Si	No	No	No	Si	Si
7	Si	No	No	Si	Si	Si
8	Si	No	Si	Si	Si	Si
9	Si	Si	No	No	No	Si
10	Si	Si	No	No	Si	Si
11	Si	Si	No	Si	Si	Si
12	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 3. Grupos de tratamientos de interés para su comparación.

Grupo	Descripción	Tratamientos
Grupo 1	Sin fertilización antes del zoqueo	1, 2, 3, 4
Grupo 2	Con fertilización 10 meses antes del zoqueo	5, 6, 7, 8
Grupo 3	Con fertilización 10 y 3 meses antes del zoqueo.	9, 10, 11, 12
Grupo 4	Inicio de la fertilización a los 18 meses después del zoqueo	1, 5, 9
Grupo 5	Inicio de la fertilización a los 12 meses después del zoqueo	2, 6, 10
Grupo 6	Inicio de la fertilización a los 6 meses después del zoqueo	3, 7, 11
Grupo 7	Inicio de la fertilización a los 3 meses después del zoqueo	4, 8, 12

la cosecha inmediata sino en las siguientes, lo cual pudo haber ocurrido en este estudio en Naranjal.

De acuerdo con Sadeghian *et al.* (12), en los últimos dos meses antes de la cosecha sólo se presenta cerca del 25% de la acumulación de nutrientes en el fruto de café. Esta condición sugiere que para la presente cosecha tiene mayor influencia 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.

Efecto de la fertilización antes y después del zoqueo en la producción obtenida después de la renovación

En Naranjal el promedio más bajo de la producción se obtuvo con el tratamiento 1, el cual careció de fertilización desde el año anterior al zoqueo hasta los 18 meses después del mismo, mientras que en los tratamientos 8 y 7, consistentes en la fertilización 10 meses antes y reiniciada 3 y 6 meses después del zoqueo, respectivamente (Tabla 4), se obtuvieron los promedios más altos, los cuales fueron diferentes

únicamente al tratamiento sin fertilización. En Paraguaicito y La Arcadia el tratamiento 1 afectó la producción del primer año, sin comprometer la obtenida en los demás años, ni la producción acumulada de cuatro años. Lo anterior corrobora la importancia de la fertilización anterior y posterior al zoqueo encontrada por Uribe y Salazar (14).

Efecto de la fertilización anterior al zoqueo en la producción obtenida después de la renovación

En Naranjal se encontró efecto de la fertilización anterior al zoqueo sobre la producción obtenida después del mismo. El promedio más alto de la producción acumulada se logró con el grupo de tratamientos 2 y 3, correspondientes a la fertilización 10 meses antes del zoqueo y 10 y 3 meses antes del mismo, respectivamente,

sin diferencias entre éstos (Figura 2). En La Arcadia y Paraguaicito no se presentó efecto de la fertilización anterior al zoqueo sobre la producción acumulada promedio.

En términos descriptivos, la fertilización 10 meses antes del zoqueo aumentó la producción en 14% y 3%, y la fertilización 10 y 3 meses antes del zoqueo incrementó la producción en 11% y 5% para Naranjal y La Arcadia, respectivamente, en comparación con el grupo de tratamientos sin fertilización antes del zoqueo.

En cuanto a las producciones anuales promedio, las más altas se obtuvieron como efecto de la fertilización 10 meses antes del zoqueo y 10 y 3 meses antes del mismo, sin diferencias estadísticas entre éstos. Lo anterior se reflejó principalmente para el

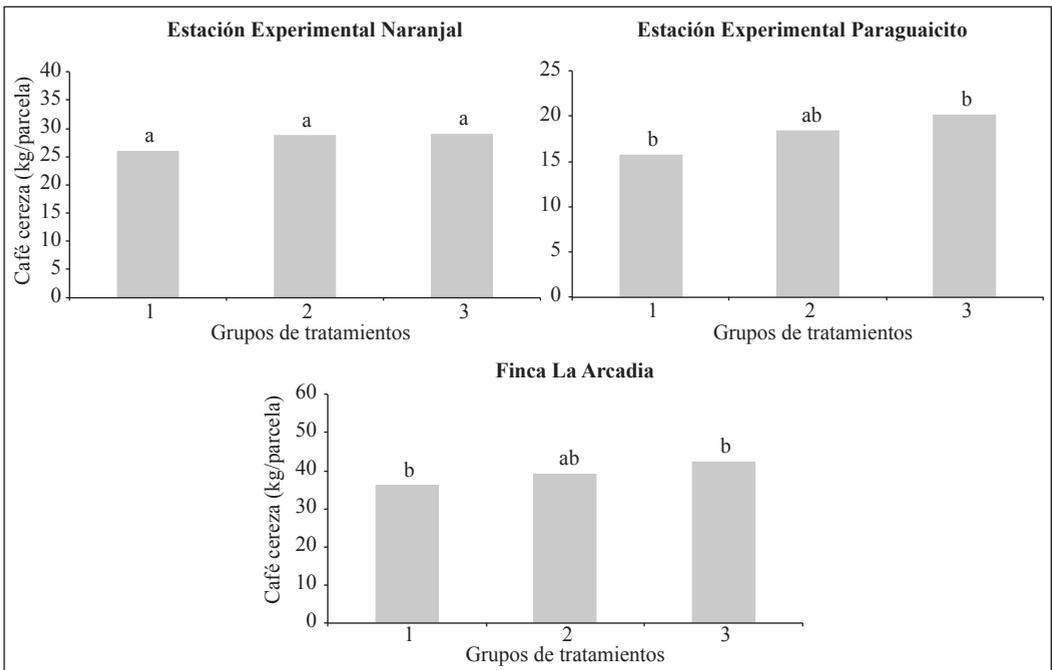


Figura 1. Valores promedio de la producción de café cereza el año anterior al zoqueo. Letras comunes indican igualdad estadística según prueba de Tukey al 5%.

Tabla 4. Efecto de la fertilización antes y después del zoqueo sobre la producción.

Tratamientos	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Acumulado					
	café cereza/parcela (kg)													
	Prom.	CV (%)	Prom.	CV (%)	Prom.	CV (%)	Prom.	CV (%)	Prom.					
Estación Experimental Naranjal														
1	8,2	a	49,9	20,2	b	20,6	17,4	a	20,7	22,8	b	17,2	68,6	b
2	10,0	a	64,9	27,7	ab	43,1	19,3	a	37,6	31,4	ab	44,1	88,4	ab
3	9,6	a	51,3	26,0	ab	28,9	18,2	a	26,2	28,2	ab	16,9	82,1	ab
4	9,3	a	58,4	26,1	ab	38,3	19,2	a	34,5	25,3	ab	28,9	79,9	ab
5	9,8	a	59,6	25,8	ab	26,6	20,4	a	23,2	28,7	ab	22,6	84,6	ab
6	8,3	a	61,5	25,8	ab	35,3	20,0	a	28,1	27,8	ab	32,2	81,8	ab
7	11,3	a	50,0	29,0	ab	25,2	22,7	a	22,4	34,6	a	21,9	97,5	a
8	12,0	a	41,4	30,2	a	26,6	23,7	a	21,7	34,3	a	17,6	100,2	a
9	9,5	a	69,8	29,0	ab	31,1	20,5	a	31,7	31,1	ab	32,2	90,2	ab
10	9,6	a	42,5	27,8	ab	28,4	23,1	a	23,0	32,7	ab	21,9	93,2	ab
11	9,1	a	69,1	23,9	ab	30,0	20,1	a	21,3	29,3	ab	16,4	82,4	ab
12	8,8	a	66,2	25,6	ab	16,4	22,2	a	19,2	31,7	ab	14,5	88,3	ab
Estación Experimental Paraguaicito														
1	3,9	b	41,8	20,7	a	19,1	28,3	a	24,6	72,7	a	16,8	125,6	a
2	9,2	ab	46,3	26,8	a	20,8	28,6	a	24,8	77,4	a	7,9	142,0	a
3	10,6	a	47,0	24,3	a	23,0	27,1	a	14,4	73,5	a	16,6	135,4	a
4	9,0	ab	54,0	21,4	a	34,1	27,0	a	24,3	69,7	a	14,8	127,1	a
5	8,5	ab	41,6	23,6	a	17,2	26,0	a	14,8	71,1	a	11,3	129,1	a
6	8,5	ab	21,5	24,3	a	25,9	26,0	a	25,0	75,5	a	14,9	134,3	a
7	10,4	ab	53,2	23,9	a	30,4	27,3	a	17,5	76,2	a	14,4	137,8	a
8	7,5	ab	77,8	20,4	a	23,6	26,8	a	17,1	72,1	a	11,7	126,8	a
9	9,2	ab	25,8	23,3	a	21,2	27,5	a	24,1	74,1	a	20,6	134,1	a
10	7,5	ab	45,5	20,9	a	28,5	24,0	a	21,0	67,6	a	25,5	120,0	a
11	9,7	ab	20,3	24,0	a	31,8	30,3	a	10,9	79,2	a	9,4	143,2	a
12	11,9	a	35,3	24,6	a	38,7	24,1	a	21,3	70,4	a	15,9	130,9	a
Finca La Arcadia														
1	24,6	b	45,2	55,3	a	13,5	57,0	a	20,3	19,0	a	21,4	155,9	a
2	29,4	ab	27,4	54,8	a	8,8	66,9	a	2,8	21,2	a	25,6	172,4	a
3	28,0	ab	42,5	55,3	a	15,2	62,0	a	15,0	20,3	a	24,0	165,6	a
4	27,2	ab	33,5	54,7	a	7,5	65,1	a	16,3	21,1	a	24,3	168,0	a
5	32,9	ab	26,3	54,8	a	14,4	55,0	a	20,3	20,8	a	35,5	163,4	a
6	27,5	ab	24,5	55,1	a	12,2	60,9	a	17,3	17,7	a	32,4	161,3	a
7	35,6	a	32,0	57,8	a	13,4	65,7	a	8,3	26,1	a	16,3	185,2	a
8	34,1	ab	26,7	58,9	a	13,0	57,6	a	19,9	20,0	a	23,7	170,6	a
9	34,8	ab	39,3	57,4	a	25,8	60,0	a	15,3	22,5	a	25,5	174,6	a
10	30,8	ab	22,3	53,3	a	14,4	61,6	a	13,7	20,0	a	35,7	165,7	a
11	37,3	a	30,9	60,3	a	13,0	62,9	a	16,6	21,6	a	37,3	182,0	a
12	35,0	ab	23,8	53,7	a	14,8	61,1	a	18,6	21,0	a	29,6	170,8	a

Letras comunes representan igualdad estadística entre los tratamientos según prueba de Tukey al 10%.

promedio de la producción obtenida en el tercer y cuarto año de cosecha (2009 y 2010) en Naranjal y el primer año de cosecha (2008) en La Arcadia. El anterior resultado podría atribuirse a los altos contenidos de potasio en Paraguaicito ($1,4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$) y los bajos contenidos del mismo en Naranjal ($0,2 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$) y La Arcadia ($0,14 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$) (Tabla 2).

Efecto de la fertilización después del zoqueo en la producción

En ninguna de las tres localidades hubo efecto de la fertilización después del zoqueo en la producción de café cereza total de cuatro años de producción (Figura 3); sin embargo, en Paraguaicito el promedio de la producción del primer año de cosecha (2007) fue menor al iniciar la fertilización a los 18 meses (Grupo 4), en comparación con el inicio de la fertilización a los 6 y 12 meses (Grupos 6 y 5, respectivamente). Del mismo modo, el factor de rendimiento en trilla se afectó negativamente en La Arcadia al iniciar la fertilización a los 18 meses después del zoqueo.

Es posible que la falta de una respuesta contundente a la fertilización después del zoqueo se deba a la acumulación de algunas reservas en el tallo y raíces del café durante el primer año después del zoqueo, como lo indican Alpizar (1) y Japiassu *et al.* (5), al igual que a la posible acidificación del medio edáfico por la frecuente aplicación de fuentes nitrogenadas como se observó especialmente en Paraguaicito. Guarçoni *et al.* (4) encontraron cómo después del zoqueo de plantas *Coffea canephora* el alto volumen de material vegetal liberado al suelo puede ser suficiente para influenciar los mecanismos de liberación, retención y transporte de nutrientes en el suelo y su consecuente absorción por las plantas,

razón por lo cual podría atribuirse una baja respuesta del café a la fertilización después del zoqueo.

Efecto del zoqueo en la biomasa de raíces del café

En las tres localidades el zoqueo tuvo efecto significativo ($PL = 0,05$) sobre la disminución de la masa seca de raíces, pero la fertilización antes y después del zoqueo no afectó esta variable.

En Naranjal y Paraguaicito, el peso de las raíces fue mayor cuando se midió a 25 cm que a 50 cm del tallo. En Naranjal, la reducción de la materia seca de raíces menores a 5 mm de diámetro durante el primer año después del zoqueo, presentó una tendencia cuadrática respecto (Figura 4) a los 90, 180, 270 y 360 días después de zoqueo (ddz), las raíces ubicadas a 25 cm del tallo disminuyeron su materia seca en 36%, 49%, 56% y 60%, y las raíces evaluadas a 50 cm del tallo, disminuyeron 38%, 50%, 56%, 65%, respectivamente.

En Paraguaicito la reducción de la biomasa radical se ajustó más a una tendencia lineal respecto al tiempo después del zoqueo (Figura 5); las raíces ubicadas a 25 cm del tallo disminuyeron su materia seca en 28%, 28%, 45% y 52% a los 90, 180, 270 y 360 ddz, respectivamente; en tanto que las raíces tomadas a 50 cm del tallo, disminuyeron 36%, 43%, 48% y 58% a los 90, 180, 270 y 360 ddz, respectivamente.

En La Arcadia, el promedio de la biomasa seca de raíces ubicadas a 50 cm del tallo disminuyó entre 17% y 49% a los 90 y 180 días después del zoqueo, respectivamente, y el peso de las ubicadas a 25 cm del tallo se redujo hasta el 60%, a los 180 días después de la zoca (Figura 6).

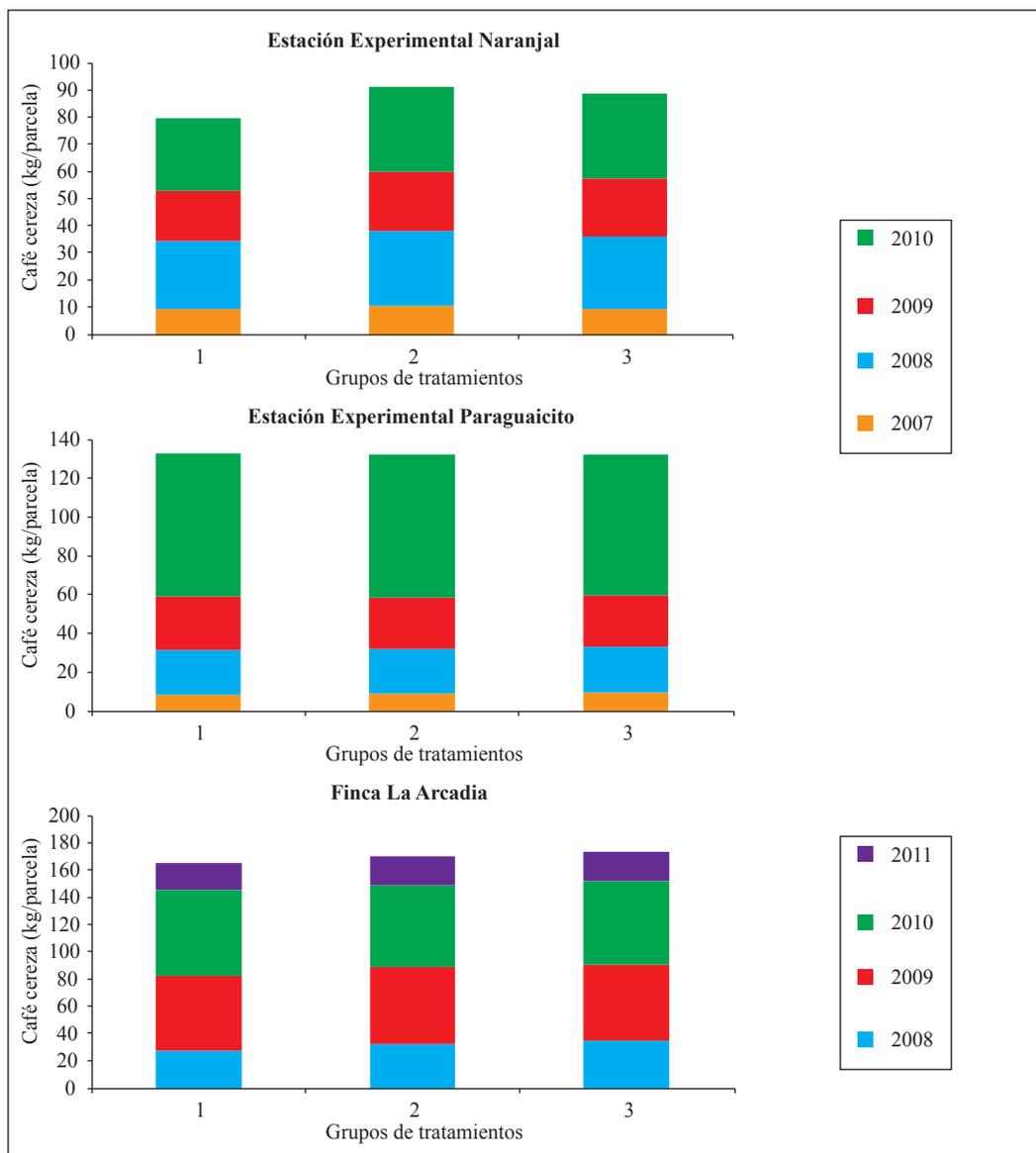


Figura 2. Efecto de la fertilización antes del zoqueo sobre la producción anual y el promedio acumulado obtenido en el nuevo ciclo productivo.

Según los modelos de tendencia cuadrática obtenidos en Naranjal y La Arcadia (Figuras 4 y 6) se estimó el punto cero de pérdida en materia seca de raíces, el cual ocurrió a los 333 y 312 días después del zoqueo en

Naranjal, para las raíces ubicadas a los 25 cm y 50 cm del tallo, respectivamente; en La Arcadia este mismo punto de inflexión se estimó a los 380 y 333 días después de zoqueo, para las raíces ubicadas a 25

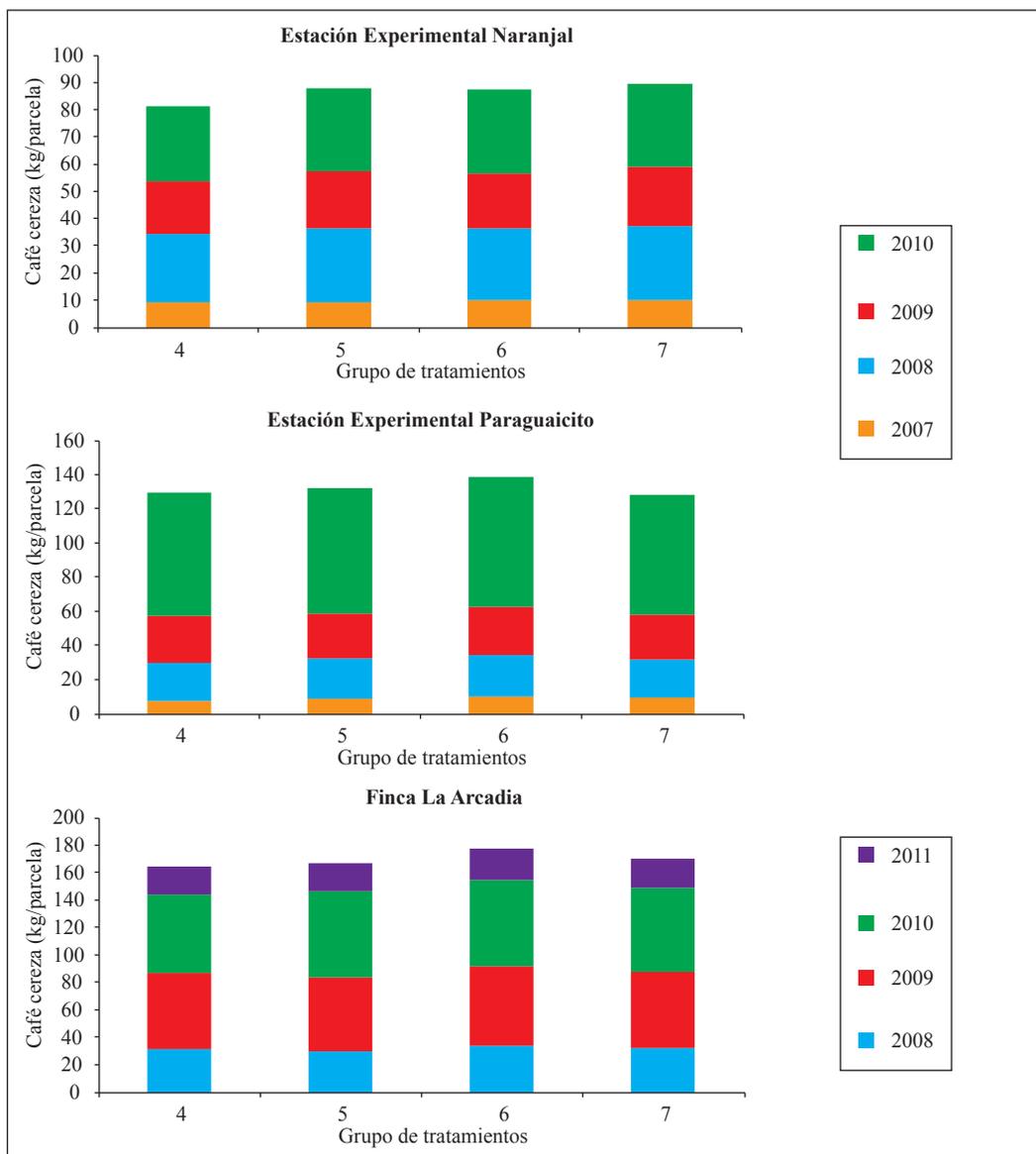


Figura 3. Efecto de la fertilización después del zoqueo sobre la producción anual y el promedio acumulado obtenido en el nuevo ciclo productivo.

y 50 cm del tallo, respectivamente. La tendencia lineal obtenida en Paraguaicito no permitió estimar un punto de inflexión en el período evaluado, pero a manera de observación, 24 meses después del zoqueo

se obtuvo una reducción promedio de materia seca del 20% y el 32%, lo cual permite interpretar que durante el período comprendido entre los 12 y 24 meses después del zoqueo hubo una recuperación

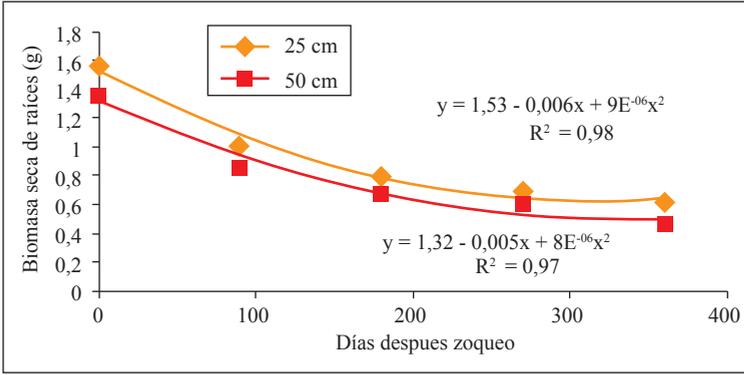


Figura 4. Promedio del peso de la materia seca de raíces del café en diferentes períodos después del zoqueo en Naranjal, a 25 y 50 cm de distancia del tallo.

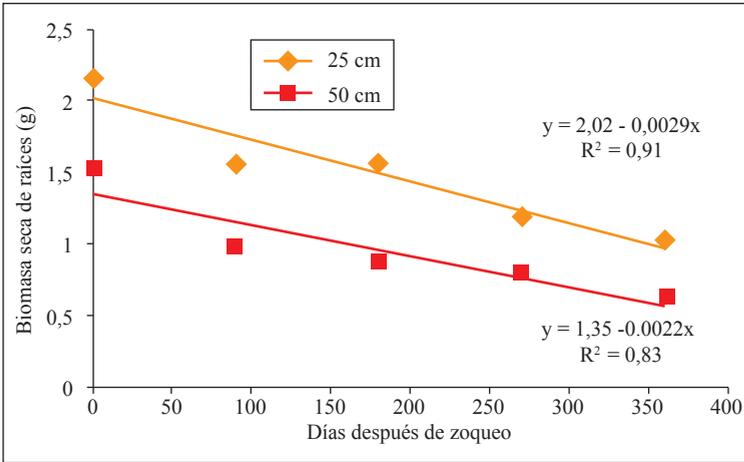


Figura 5. Promedio del peso de la materia seca de raíces del café en diferentes períodos después del zoqueo en Paraguaicito, a 25 y 50 cm de distancia del tallo.

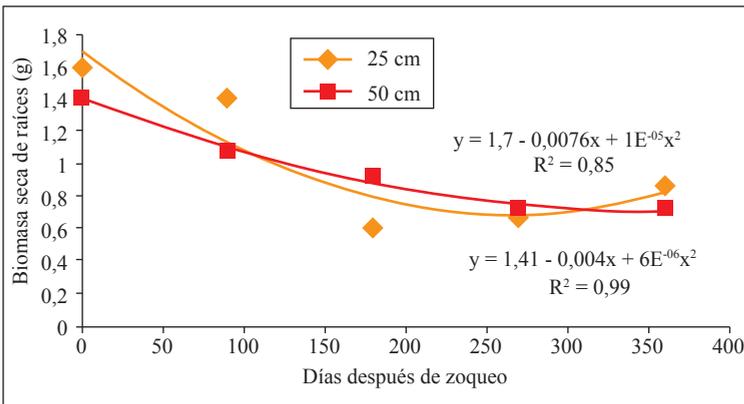


Figura 6. Promedio del peso de la materia seca de raíces del café en diferentes períodos después del zoqueo en la finca La Arcadia, a 25 y 50 cm de distancia del tallo.

del 32% y del 26% en materia seca de raíces ubicadas a los 25 y 50 cm del tallo, respectivamente. En este sentido, en términos generales, podría interpretarse que la planta durante el primer año disminuyó su capacidad para absorber los nutrimentos del suelo debido a la alta pérdida de raíces, superior al 60%.

Los resultados obtenidos sobre el efecto del zoqueo en la disminución de la biomasa de raíces concuerdan con lo encontrado por diferentes autores, es así como Figueroa y Meckbel (3) afirman la disminución de cierta proporción de raíces (50% de masa seca) un año después del zoqueo del café; Miguel *et al.* (7) reportan que los sistemas de poda del café promueven la muerte de raíces con una intensidad proporcional a la naturaleza de la poda, encontrando muerte de raíces desde el 23% al 84%, y según Rena *et al.* (9) el zoqueo drástico del café (20 a 30 cm del suelo) provoca la muerte de más del 80% de las raíces absorbentes.

Los resultados obtenidos permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- En cafetales que han recibido un adecuado manejo agronómico, la fertilización 10 meses antes del zoqueo tradicional, aumenta la producción y mejora la calidad física del grano, obtenidas en la cosecha anterior a la renovación.
- La fertilización, realizada desde 10 meses antes del zoqueo, puede afectar positivamente la producción en el nuevo ciclo.
- Al iniciar la fertilización de manera tardía (18 meses después de la zoca), pueden afectarse de manera negativa la producción y la calidad física del grano de café en la primera cosecha.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Caficultora Miryam Giraldo Vilac, propietaria de la finca La Arcadia-, a los Coordinadores de las Estaciones Experimentales: Ingenieros Celso Arboleda Valencia (q.e.p.d.), José Darío Arias, Juan Carlos García, Jorge Camilo Torres, Diego Fabián Montoya, José Raúl Rendón y Guiovanny Cuesta. A los colaboradores de Experimentación y las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito y Líbano, en especial a la señora María Lucero Arias, a la Ing. Agr. Miriam Cañón y el señor Daniel Antonio Franco.

LITERATURA CITADA

1. ALPIZAR S., J.M. Efecto de la dosis de fertilizantes, según la edad de los ejes o ramas ortotrópicas. En: SIMPOSIO Latinoamérica sobre caficultura (6 : Noviembre 24-25 1983 : Panamá). Panamá : PROMECAFE, 1983. 65 72 p.
2. ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná : Cenicafe, 2007. 309 p.
3. FIGUEROA M., A.; MECKBEL C., J. Influencia de la poda baja por lote en los nematodos endoparásitos y las raíces del café *Coffea arabica* cv. Caturra. Investigación agrícola 7(1/2):9-14. 1998.
4. GUARÇONI M., A.; MOREIRA S., F.; TÓFFANO, J. L. Macronutrientes em solo e em folhas de café conilon submetido a diferentes manejos da poda de produção. Curitiba : Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 2015. 6 p.
5. JAPIASSU, L.B.; GARCIA, A.L.A.; GUIMARAES, R.J.; PADILLA, L.; SIQUIERA C, C.H. Ciclos de poda e adubacao nitrogenada em lavouras cafeeiras conduzidas no sistema Safra zero. Coffee science 5(1):28-37. 2010.
6. MCKELL, C.; WILSON, A.; JONES, M. A flotation method for easy separation of roots from soil samples. Agronomy journal 53:56-57. 1961.
7. MIGUEL, A.E.; OLIVEIRA, J.A.; MATIELLO, J.B.; FIORAVANTE, N.; FREIRE, A.C.F. Efeitos dos

- diferentes tipos de podas na morte de raízes do cafeeiro. p. 240-241. En: CONGRESSO Brasileiro de pesquisas cafeeiras. (11 : Outubro 22-25 1984 : Londrina). Río de Janeiro : Ministério da indústria e do comércio, 1984.
8. PIRER., C. Densidad longitudinal de raíces y extracción de humedad en un viñedo del Tocuyo Venezuela. *Agronomía tropical* 35(1/3):5-20. 1986.
 9. RENA, A.B.; NACIE, A. DE P.; GUIMARAES, P.T.G.; PEREIRA, A.A. Poda do cafeeiro: Aspectos morfológicos, ecofisiológicos e agronômicos. *Informe agropecuario* 19(193):71-80. 1998.
 10. SADEGHIAN K., S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica. *Manizales : Cenicafé*, 2008. 43 p. (Boletín Técnico No. 32).
 11. SADEGHIAN K., S. Fertilización: Una práctica que determina la producción de los cafetales. *Manizales : Cenicafé*, 2010. 8 p. (Avances Técnicos No. 391).
 12. SADEGHIAN K., S.; MEJÍA M., B.; GONZÁLEZ O., H. Acumulación de nitrógeno fósforo y potasio en los frutos de café. *Manizales : Cenicafé*, 2013. 8 p. (Avances Técnicos No. 429).
 13. UPCHURCH, R. The use of trench-wash and soil-elution methods for studying alfalfa roots. *Agronomy journal* 43:552-555. 1951.
 14. URIBE H., A.; SALAZARA., J.N. Época de fertilización de las zocas de café. *Manizales : Cenicafé*, 1984. 4 p. (Avances Técnicos No. 117).

