

RESPUESTA DEL CULTIVO DE CAFÉ A LA FERTILIZACIÓN CON N, P, K Y Mg EN DOS FINCAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

Siavosh Sadeghian-Khalajabadi.*; Juan Carlos García-López**; Esther Cecilia Montoya-Restrepo***

RESUMEN

SADEGHIAN KH., S.; GARCÍAL., J.C.; MONTOYAR., E. C. Respuesta del cultivo de café a la fertilización con N, P y Mg en dos fincas del departamento del Quindío. Cenicafé 56(4):58-69. 2005.

Se evaluó la respuesta del cultivo de café a la fertilización con N, P, K y Mg en suelos del departamento del Quindío, contrastantes por su fertilidad. Se seleccionaron dos fincas con cafetales tecnificados a plena exposición solar y altas densidades de siembra. Se evaluaron cinco combinaciones de N, P, K y Mg; un testigo con los cuatro elementos y cuatro tratamientos basados en el criterio del nutriente faltante. El diseño estadístico correspondió a Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones y como criterio para el bloqueo la pendiente del terreno. Se evaluó el efecto de los tratamientos en cada ciclo y de manera acumulada. Se encontró efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción a partir de la segunda cosecha, resultando mayor la magnitud de la respuesta cuando el contenido de la materia orgánica era menor. El efecto del potasio solo se manifestó después de 4 años en una de las fincas que tenía deficiencia en este nutriente, mientras que los demás elementos no afectaron la producción. Con la aplicación de N se incrementó la relación café cereza a café pergamino seco y disminuyó el contenido foliar de K, mientras que el Mn aumentó. El factor de rendimiento en trilla no se vio alterado por los tratamientos.

Palabras clave: Nutrimiento, cafetales, fertilidad, Quindío.

ABSTRACT

The response of coffee production to fertilization with N, P, K and Mg in two farms with contrasting soil fertilities and high density, free solar exposure plantations in Quindio Department was evaluated. Annual and cumulative coffee productions were evaluated in plots under five different treatments: a control treatment with all four elements, and four treatments with one element missing in each one, during four subsequent annual cycles. The statistical design corresponded to a randomized complete block design, with three repetitions per treatment, using the position in the slope as the blocking variable for the statistical analysis. Productivity was higher after two years of N fertilization, but the magnitude of the response was greater in soils with lower organic matter content. A response to K fertilization was detected, only after four years in the farm with K deficiency. Fertilization with the other elements did not affect production. Nitrogen application increased the ratio between coffee cherry to coffee dry parchment, decreased K and increased Mg foliar contents. There was no difference on the ratio of parchment coffee to green coffee among treatments.

Keywords: Nutriment, coffee crops, fertility, Quindío.

* Investigador Científico II. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico I. Experimentación. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

*** Investigador Científico III. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

La zona cafetera colombiana se caracteriza por su amplia diversidad, condición relacionada con múltiples factores medioambientales dentro de los cuales el suelo juega un papel determinante. La diversidad de las características edáficas en esta región tiene su origen en la acción e interacción de los agentes de formación, principalmente el material parental, el relieve y el clima (4).

Uno de los 15 departamentos productores de café en el país es el Quindío, cuya área destinada al cultivo del grano se estima en 47.960 hectáreas, distribuidas en 12 municipios. Allí, de acuerdo a los estudios de zonificación agroecológica de la Federación Nacional de Cafeteros, realizados por Gómez *et al.* (3), existen los Ecotopos 208A, 210A y 211A, contrastantes en cuanto a suelos y clima.

Los estudios encaminados hacia la evaluación de la respuesta del cultivo de café a la fertilización en Quindío, en su mayoría se han desarrollado en la Subestación Experimental Paraguicito, ubicada en el municipio de Buenavista. Allí se ha encontrado un efecto positivo al suministro de nitrógeno (8), y a corto plazo, a la incorporación de la pulpa en el hoyo al momento de la siembra de los cafetos (10), debido al bajo contenido de la materia orgánica del suelo (6%). En contraposición a lo anterior, no se han obtenido respuestas positivas a las aplicaciones de fósforo (8, 7), potasio (8), Mg ni a elementos menores (9).

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta del cultivo de café a la fertilización con N, P, K y Mg, en suelos contrastantes por su fertilidad en el departamento del Quindío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos plantaciones tecnificadas de café, establecidas en altas densidades de

siembra y a plena exposición solar, ubicadas en las fincas Mónaco y San Alberto en el departamento del Quindío. En la Tabla 1 se consigna la información concerniente a la ubicación de los predios, sus propiedades edafológicas y las características de las plantaciones.

Se evaluaron cinco combinaciones de N, P, K y Mg, un testigo con los cuatro elementos objeto de estudio, y otros cuatro tratamientos que se definieron basándose en el criterio del nutriente faltante (Tabla 2). De acuerdo con los tratamientos, se aplicaron $240\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de N, $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de P_2O_5 , $240\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de K_2O y $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de MgO; cantidades que representan dosis medias para el cultivo de café y mediante las cuales puede obtenerse una adecuada producción del cafetal sin generar problemas de toxicidad para las plantas (12).

Como fuentes de nutrientes se emplearon urea (46% de N), superfosfato triple (46% de P_2O_5), cloruro de potasio (60% de K_2O) y óxido de magnesio (88% de MgO), las cuales se distribuyeron en dos aplicaciones por año, iniciando en las épocas de lluvias de marzo a abril y agosto-septiembre.

En la finca Mónaco cada parcela experimental estuvo compuesta por 130 árboles distribuidos así: 42 plantas en los bordes y 88 efectivas; en San Alberto las parcelas estaban conformadas por 72 plantas, con 40 de ellas efectivas. Las diferencias en el número de las plantas y por consiguiente, en el tamaño de parcelas se debieron a las distancias de siembra y al arreglo de los lotes disponibles en el momento de su selección para el experimento.

El diseño estadístico correspondió a Bloques Completos al Azar, con tres bloques, y se utilizó como criterio para el bloqueo la pendiente del terreno. La investigación se

Tabla 1. Información sobre la localización de las fincas, sus propiedades edafológicas y las características de las plantaciones.

CARACTERÍSTICAS	FINCA	
	Mónaco	San Alberto
Ubicación de la finca		
Municipio	Córdoba	Buenavista
Latitud	4° 24' 33" N	4° 21' 37" N
Longitud	75° 42' 21" W	75° 44' 16" W
Ecotopo	211 A	211 A
Altitud (m)	1.350	1.520
Propiedades del suelo		
Unidad cartográfica	Consociación La Concha	Consociación Buenavista
Material parental	Andesita Hornbléndica	Anfibolita
Contenido pedológico predominante	Typic Eutropepts (50%)	Typic Dystropepts (60%)
Pendiente (%)	30	40
pH	5,0	5,3
N (%)	0,2	0,4
Materia orgánica (%)	4,0	9,0
P (mg.kg ⁻¹)	28	6
K (cmol _c .kg ⁻¹)	0,6	0,2
Ca (cmol _c .kg ⁻¹)	5,4	1,1
Mg (cmol _c .kg ⁻¹)	1,2	0,4
Al (cmol _c .kg ⁻¹)	0,5	0,3
CIC (cmol _c .kg ⁻¹)	16	16
Fe (mg.kg ⁻¹)	132	321
Mn (mg.kg ⁻¹)	19	129
Zn (mg.kg ⁻¹)	9	8
Cu (mg.kg ⁻¹)	12	10
Textura	F.Ar.	F.A.
Características de la plantación		
Variedad	Caturra	Caturra
Fecha de siembra	Octubre de 1999	Julio de 1999
Densidad (plantas.ha ⁻¹)	10.000	7.700

inició en marzo de 2001, al comienzo de la fase reproductiva de los cafetales. En la finca San Alberto se evaluaron cuatro cosechas completas, hasta diciembre de 2004, y en la finca Mónaco las evaluaciones se realizaron hasta el mes de julio del mismo año.

Se cuantificó el café recolectado en cada uno de los pases y se totalizó por año. En el día pico de la recolección se tomaron muestras de frutos, con el fin de determinar la relación de café cereza a café pergamino seco (cc:cps), y el Factor de Rendimiento en Trilla (F.R.T.), variable que hace referencia a la cantidad de cps necesario para obtener un saco de 70kg de café almendra.

En dos oportunidades se realizaron muestreos de suelos, uno antes de iniciar la aplicación de los tratamientos (marzo de 2001), y otro a los dos años (marzo de 2003), es decir seis meses después de la cuarta fertilización; así mismo, antes de la tercera cosecha principal (septiembre de 2003) se determinó la concentración foliar de los nutrientes, a partir del análisis de las muestras obtenidas del cuarto par de hojas de los cafetos. El análisis de los resultados se realizó conforme al diseño propuesto, evaluando el efecto de los tratamientos en cada ciclo y de manera acumulada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto sobre la producción de café cereza.

En las dos fincas la producción de café cereza se incrementó conforme a la edad del cultivo, y alcanzó los máximos niveles en la tercera cosecha (Tabla 3). Los rendimientos más bajos para la finca San Alberto se registraron en el año 2001, es decir, al iniciar el período reproductivo; mientras que para Mónaco correspondieron al último año de evaluación, debido a que en este sitio la recolección sólo se realizó hasta el mes de

julio, fecha después de la cual se renovó la plantación por zoca.

En ninguna de las dos fincas hubo respuesta a la fertilización en el año 2001, primer año del ciclo, hecho que estaría relacionado con los siguientes aspectos:

i) La producción durante este período fue relativamente baja frente a los dos años siguientes, y por ende, hubo un menor requerimiento de nutrientes.

ii) La disponibilidad de reservas nutritivas en los diferentes órganos de la planta, especialmente en las hojas al momento de iniciar el experimento, en las cuales no se observaron síntomas de deficiencia, y que suplió las necesidades de la planta para la formación y el llenado de los frutos. Cabe anotar que durante la fase de crecimiento vegetativo y en las primeras etapas del reproductivo el cultivo había recibido una adecuada fertilización.

Uribe y Mestre (8), registraron la respuesta del café a la fertilización con fósforo en la primera cosecha; no obstante, ésta ocurrió solamente en uno de ocho sitios evaluados; en ese estudio se observó un comportamiento similar para el potasio. En el caso de nitrógeno, estos autores encontraron efectos significativos en cinco localidades de las ocho evaluadas.

En otro experimento realizado en seis sitios de Colombia por Uribe (7), donde se evaluó la aplicación de fósforo en cafetales en diferentes tratamientos del elemento en combinación con abono orgánico no se hallaron incrementos en la producción debidos a la aplicación de fósforo en la primera cosecha.

En la finca Mónaco sólo se registraron diferencias significativas en la tercera cosecha

(año 2003) y en el acumulado de la producción. Los rendimientos más bajos se obtuvieron en el tratamiento sin N, el cual se diferenció estadísticamente de los demás en el tercer año y fue diferente al testigo y al tratamiento sin P en la producción acumulada.

Los coeficientes de variación fueron altos en esta finca, básicamente debido a la heterogeneidad de las características del suelo. Lo anterior sugiere utilizar en

futuras investigaciones un mayor número de repeticiones que el empleado en este experimento (tres bloques).

En relación con los demás nutrientes objeto de estudio, la falta de respuesta estaría asociada con su alta disponibilidad en el suelo (Tabla 1).

En San Alberto hubo efecto de los tratamientos a partir del segundo año de

Tabla 2. Tratamientos evaluados y las respectivas dosis de nutrientes empleadas.

Tratamiento	Elemento faltante	Dosis (kg ⁻¹ .año ⁻¹)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
NPKMg	-	240	80	240	60
PKMg	N	0	80	240	60
NKMg	P	240	0	240	60
NPMg	K	240	80	0	60
NPK	Mg	240	80	240	0

Tabla 3. Promedios de producción anual y acumulada de café cereza por tratamiento y por finca (kg/parcela).

Finca	Cosecha	Tratamiento					CV (%)
		NPKMg (Testigo)	PKMg (Sin N)	NKMg (Sin P)	NPMg (Sin K)	NPK (Sin Mg)	
Mónaco	2001	105,20A*	96,03A	126,83A	111,03A	105,33A	21,71
	2002	206,30A	102,31A	208,55A	166,30A	152,10A	32,53
	2003	255,23A	94,11B	265,42A	236,42A	258,72A	17,30
	2004	43,10A	21,22A	53,87A	60,88A	40,88A	63,83
	Acumulado	609,83A	313,67B	654,67A	574,63AB	557,03AB	19,20
San Alberto	2001	46,40A	51,60A	51,80A	47,13A	49,75A	11,32
	2002	169,44AB	139,29B	182,16A	173,69AB	171,77AB	8,04
	2003	210,40A	146,25B	205,38A	204,00A	213,52A	8,27
	2004	155,13A	101,65C	158,72A	138,00B	145,73AB	4,25
	Acumulado	581,37A	438,79B	598,06A	562,82A	580,77A	4,41

*Letras no comunes indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey al 5%.

evaluación, comportamiento que se conservó hasta el final del trabajo y se reflejó en la producción acumulada. Al igual que en Mónaco, el nitrógeno se destacó como el nutriente más limitante; sin embargo, la magnitud en la reducción del rendimiento frente al testigo fue menor (Tabla 3). Con relación a lo anterior y teniendo en cuenta la producción acumulada de cuatro cosechas, el rendimiento en la finca San Alberto disminuyó en un 25% cuando dejó de aplicarse el N, mientras que para la finca Mónaco esta reducción fue del 49%. La diferencia en mención se debe a la mayor disponibilidad de N en San Alberto, como resultado de los mayores contenidos de materia orgánica (MO), la cual constituye la principal fuente de este elemento en los suelos de la zona cafetera colombiana (5). Sadeghian (5), registró una reducción del 19% en la producción de café (promedio de 34 localidades, incluyendo las dos fincas de este estudio), cuando dejó de aplicarse N durante dos años. Actualmente, para las recomendaciones de N en los cafetales en Colombia se tienen en cuenta los niveles de MO, con el empleo de dosis mayores cuando los contenidos son bajos (6).

La respuesta a la fertilización potásica en San Alberto, solamente tuvo lugar hasta la cuarta cosecha, donde se observó que el tratamiento sin este elemento obtuvo un promedio menor que los demás, a excepción del tratamiento sin Mg. En este predio los niveles de K son bajos ($0,2\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$), de acuerdo a los actuales criterios para la fertilización de cafetales en Colombia (6). Así mismo, Carvajal (2) sostiene que en ocasiones el efecto de la aplicación de K y P puede observarse a largo plazo, después del segundo o tercer año. Bravo (1), basándose en los resultados del experimento conducido por Uribe y Mestre (8), determinó que para niveles de K superiores a $0,35\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ la probabilidad

de encontrar respuesta a su aplicación era inferior al 5%.

Aunque en San Alberto los niveles de P y Mg fueron bajos, no hubo respuesta significativa a su aplicación. Pese a lo anterior, se observa descriptivamente una reducción del 6,1% en el rendimiento del tratamiento sin Mg frente al testigo, en la última cosecha; hecho que sugiere una posible respuesta tardía a este elemento, como ocurrió para potasio. Cabe resaltar que para Colombia hasta el momento no existen reportes de la respuesta al Mg en la producción de café.

En el ámbito general y al hacer un análisis descriptivo de los registros, el tratamiento de mayor producción en las dos fincas fue aquel en el que no se aplicó el fósforo; incluso, en algunas oportunidades su promedio fue mayor al del testigo, resultado que confirma la poca respuesta del cafeto a la aplicación de este nutriente (7, 8).

Efecto sobre la relación café cereza:café pergamino seco (cc:cps). En los primeros dos años no se registró efecto sobre esta relación, de la aplicación diferencial de nutrientes (Tabla 4). En las últimas dos cosechas, el tratamiento sin N mostró la relación cc:cps más baja, aunque su diferencia fue significativa solamente en dos oportunidades: en la tercera cosecha en la finca San Alberto y en la cuarta cosecha en la finca Mónaco.

A pesar de que en Colombia no existen referencias acerca del efecto de la fertilización sobre esta variable, en principio se podría pensar que una relación baja es beneficiosa, ya que se necesitaría menos café cereza para obtener una cantidad determinada de café pergamino seco. Sin embargo, el anterior razonamiento no es del todo cierto e involucra otras implicaciones, en el sentido

Tabla 4. Promedios de la relación de café cereza y café pergamino seco (cc:cps) por año y por finca.

Finca	Cosecha	Tratamiento					CV (%)
		NPKMg (Testigo)	PKMg (Sin N)	NKMg (Sin P)	NPMg (Sin K)	NPK (Sin Mg)	
Mónaco	2001	4,19A*	4,50A	4,43A	4,34A	4,39A	6,80
	2002	4,76A	4,65A	4,57A	4,84A	4,60A	6,25
	2003	4,33A	4,14A	4,23A	4,46A	4,17A	6,94
	2004	5,02AB	4,78B	5,22AB	5,49A	4,84AB	4,71
San Alberto	2001	4,70A	4,63A	4,70A	4,53A	4,94A	10,16
	2002	3,98A	3,93A	3,95A	3,78A	3,89A	6,15
	2003	4,77A	4,45B	4,73AB	4,70AB	4,85A	2,40
	2004	4,78A	4,57A	4,76A	4,72A	4,70A	2,02

*Letras no comunes indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey al 5%.

que al excluir el nitrógeno de los planes de fertilización no sólo se afecta de manera negativa la producción de café cereza, sino la calidad del fruto en términos del contenido de la humedad de su pulpa, es decir la suculencia del pericarpio; fenómeno que en ocasiones conlleva a que parte de la pulpa quede adherida al pergamino luego del proceso del despulpado, generando así una relación cc:cps menor.

Efecto sobre la producción de café pergamino seco.

De acuerdo con los registros de producción de café cereza por parcela y la relación de cc:cps, se estimó la productividad de café pergamino seco en arrobas por hectárea (@.ha⁻¹), para cada una de las cosechas (Figura 1). Es necesario aclarar que estas producciones corresponden a resultados de experimentación, obtenidas en parcelas relativamente pequeñas, y que en su extrapolación a extensiones mayores no se tienen en cuenta aspectos como las áreas del terreno dentro del lote que no hacen parte del cultivo (por ejemplo los

caminos). Lo anterior, sumado a una mayor exigencia en la calidad de la recolección en el experimento (menores pérdidas de los frutos que se caen al suelo en un proceso normal de la recolección), se traduce en producciones relativamente mayores frente a las obtenidas frecuentemente en las fincas.

A excepción de la primera cosecha (año 2001), en San Alberto se obtuvo un rendimiento mayor, con un promedio de producción anual de café pergamino seco para las cuatro cosechas evaluadas (sin incluir los primeros dos años de establecimiento) de 481,7@.ha⁻¹, mientras que en la finca Mónaco el rendimiento fue de 288,4@.ha⁻¹. Estas diferencias estarían relacionadas principalmente con los factores ambientales (tanto climáticos como edáficos) y al ciclo de renovación, ya que en ambos sitios se contó con el mismo material genético (variedad Caturra), establecido en altas densidades, a plena exposición solar y en pendientes comparables; así mismo, las plantaciones recibieron un manejo similar en control

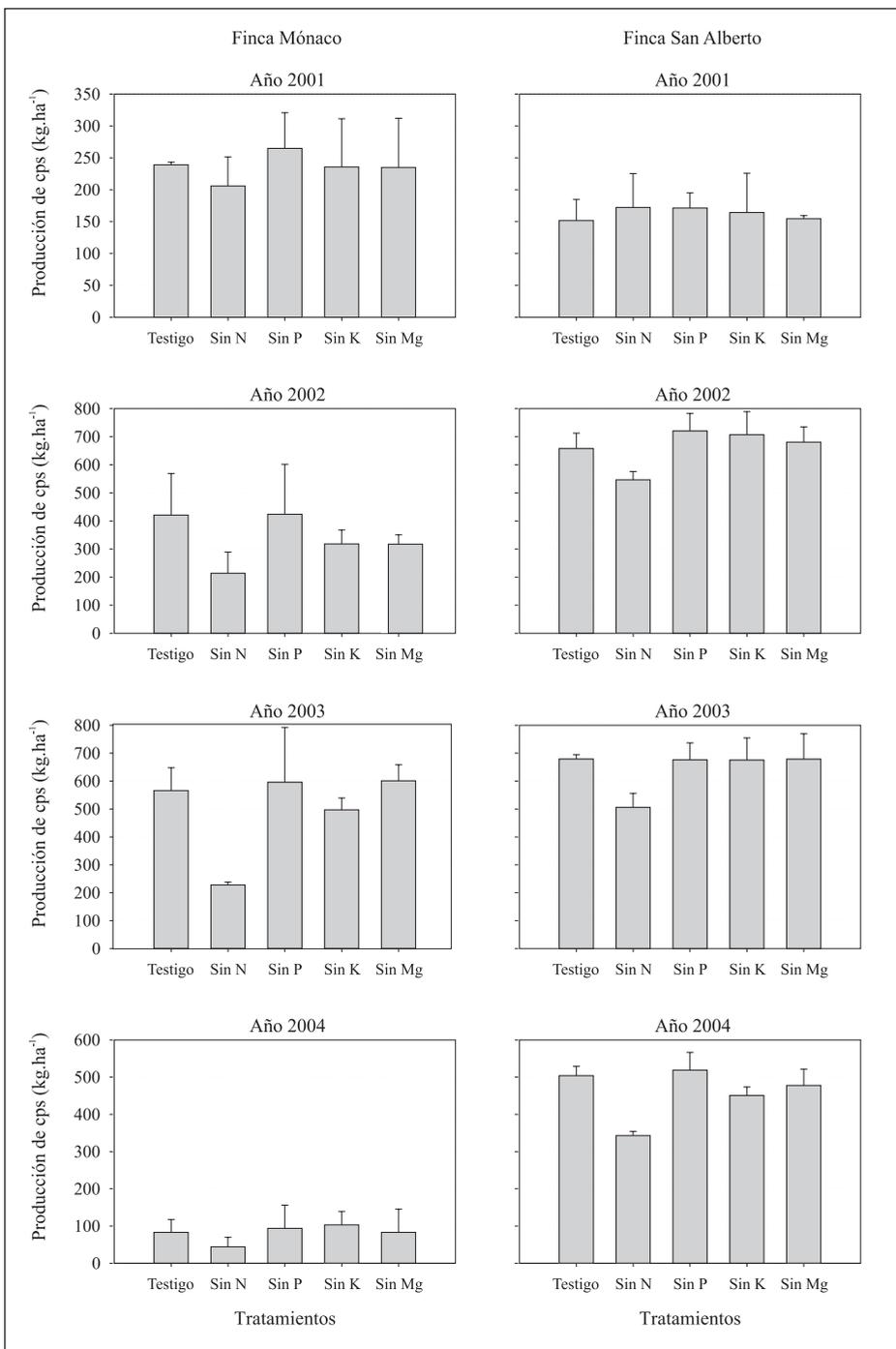


Figura 1. Producción de café pergamino seco en las fincas Mónaco y San Alberto.

fitosanitario y desyerbas, y los planes de fertilización; es decir, los tratamientos se aplicaron de manera idéntica. Con respecto a la renovación, en el lote de la finca Mónaco se realizó el zoqueo un semestre antes que en la finca San Alberto, por tanto, no se contó con la última cosecha principal de este último año. Refiriéndose específicamente a las características del suelo, el contenido de la MO y demás propiedades físicas dependientes (densidad aparente, porosidad, retención de humedad, etc.), podrían señalarse como los factores más determinantes de la productividad, pues en San Alberto el contenido de los principales elementos esenciales fue menor, a excepción de N, cuyo nivel depende básicamente de la MO.

Efecto sobre el Factor de Rendimiento en Trilla (F.R.T). En la Tabla 5 se consignan los valores promedio obtenidos para los cinco tratamientos en las dos fincas y durante cuatro cosechas. La calidad del café, en términos del F.R.T., no se vio afectada por ninguno de los nutrientes evaluados, incluso

por el nitrógeno, elemento que determinó la productividad y la relación de cc:cps. Era de esperarse un Factor de Rendimiento mayor en los tratamientos sin N y K; sin embargo, los resultados obtenidos revelan que esta variable dependió de otros factores.

El factor de rendimiento fue diferente en las dos fincas. Teniendo en cuenta el promedio general de Mónaco, se requieren 92,84kg de cps para obtener 70kg de café almendra, mientras que para San Alberto se necesitan 87,01kg, es decir 5,83kg menos de cps.

Actualmente, el límite superior para que un café sea considerado de buena calidad y que reciba una bonificación de tipo económico por su rendimiento en trilla, es de 92,8kg. Por tanto, el café producido en Mónaco podría recibirse en las Cooperativas sin castigo del precio del producto. No obstante, el café de San Alberto también tendría una prima adicional por su calidad.

Tabla 5. Comparación de promedios para el factor de rendimiento en trilla por año y por finca.

Finca	Cosecha	Tratamiento					
		NPKMg (Testigo)	PKMg (Sin N)	NKMg (Sin P)	NPMg (Sin K)	NPK (Sin Mg)	CV (%)
Mónaco	2001	86,57A*	88,01A	84,75A	86,43A	86,59A	1,91
	2002	99,78A	100,33A	100,78A	100,06A	96,84A	3,97
	2003	98,45A	96,87A	100,91A	97,82A	106,79A	9,95
	2004	85,31A	85,40A	85,13A	84,95A	84,97A	0,55
	2001	88,46A	87,65A	87,43A	88,99A	87,67A	1,25
San Alberto	2002	85,48A	85,78A	86,11A	85,82A	85,65A	0,57
	2003	89,25A	89,03A	89,61A	89,41A	89,84A	0,56
	2004	85,14A	84,95A	85,34A	85,03A	85,32A	0,22

*Letras no comunes indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey al 5%.

Al detallar el comportamiento de esta variable a través de tiempo, puede observarse que en la finca Mónaco los mayores valores de rendimiento se observaron en los años de mayor producción (2002 y 2003), y son similares a los factores registrados en la finca San Alberto en la primera y la última cosecha. Lo anterior sugiere que durante períodos de alta productividad el factor de rendimiento en trilla puede afectarse negativamente en suelos con bajos contenidos de MO. De ahí que cobren una mayor importancia las prácticas de conservación y el manejo de la fertilidad del suelo, en el que también se

incluye la aplicación de materiales orgánicos con el propósito de mejorar las condiciones físicas del suelo.

Efecto de los tratamientos sobre el contenido foliar de los elementos. La aplicación de N no se vio reflejada en los niveles de este elemento en las hojas (Tabla 6); pese a no encontrarse diferencia estadística con los demás tratamientos, descriptivamente la concentración de N más baja se registró cuando se suprimió este elemento de los planes de fertilización en ambas localidades.

Tabla 6. Contenido foliar de elementos por tratamiento y por finca.

Finca	Elemento	Tratamiento					
		NPKMg (Testigo)	PKMg (Sin N)	NKMg (Sin P)	NPMg (Sin K)	NPK (Sin Mg)	CV (%)
Mónaco	N (%)	2,46A*	2,42A	2,44A	2,50A	2,51A	3,79
	P (%)	0,18A	0,23A	0,18A	0,20A	0,18A	12,51
	K (%)	2,00B	2,45A	2,01B	2,02B	2,06B	6,51
	Ca (%)	1,42A	1,11A	1,52A	1,35A	1,50A	14,59
	Mg (%)	0,31AB	0,26B	0,34A	0,31AB	0,29AB	10,82
	Fe (mg.kg ⁻¹)	81,00A	105,67A	89,00A	103,00A	99,67A	21,97
	Mn (mg.kg ⁻¹)	128,33AB	86,67B	141,00AB	113,00B	180,00A	17,97
	Zn (mg.kg ⁻¹)	10,00A	9,33A	10,67A	10,67A	10,67A	11,18
	Cu (mg.kg ⁻¹)	72,67A	73,67A	82,33A	71,00A	73,33A	21,20
	B (mg.kg ⁻¹)	46,33A	48,67A	50,33A	44,33A	49,33A	15,05
San Alberto	N (%)	2,53A	2,37A	2,59A	2,57A	2,61A	3,96
	P (%)	0,15B	0,20A	0,15B	0,17AB	0,15B	9,26
	K (%)	1,99B	2,34A	2,00B	1,07C	2,10B	5,86
	Ca (%)	1,16B	1,27AB	1,15B	1,46A	1,28AB	8,23
	Mg (%)	0,24B	0,22B	0,25B	0,46A	0,18B	15,59
	Fe (mg.kg ⁻¹)	125,33B	169,00A	106,33B	100,00B	101,33B	13,88
	Mn (mg.kg ⁻¹)	194,00AB	140,67B	156,67AB	137,33B	204,00A	14,17
	Zn (mg.kg ⁻¹)	9,00A	8,33A	9,33A	8,67A	9,33A	7,65
	Cu (mg.kg ⁻¹)	172,33A	189,00A	155,00A	137,00A	187,00A	23,28
B (mg.kg ⁻¹)	57,00B	78,00A	55,33B	62,00B	55,67B	7,63	

*Letras no comunes indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey al 5%.

Los valores de P fueron estadísticamente mayores en el tratamiento donde no se aplicó N, en la finca San Alberto. En esta misma finca, con suelos deficientes en K, la aplicación de este elemento aumentó su contenido en las hojas, mientras que en Mónaco, donde los niveles de K en el suelo son altos, no ocurrió lo mismo. En las dos fincas la adición de N afectó de manera negativa los contenidos de K. La absorción de Ca se vio reducida por la fertilización potásica en San Alberto. En Mónaco se observaron diferencias en los niveles de Mg entre los tratamientos sin N y sin P, siendo este último mayor; mientras que en San Alberto con suelos deficientes en Mg, el suministro de K inhibió la toma de este elemento.

En ambos sitios las mayores concentraciones de Mn se observaron en el tratamiento sin

Mg y las menores en el tratamiento sin N; tendencia que se relaciona con la reducción de la acidez del suelo cuando se aplicó Mg, utilizando como fuente óxido de magnesio (5). En la finca San Alberto la fertilización nitrogenada disminuyó los contenidos de Fe y B. En el ámbito general, los anteriores resultados son similares a los presentados por Valencia y Arcila (11), quienes evaluaron el efecto de la fertilización edáfica con N, P y K sobre la composición mineral de las hojas del café en seis localidades de la zona cafetera colombiana.

Efecto de los tratamientos sobre las características químicas del suelo. En la Tabla 7 se presenta el promedio de las propiedades químicas del suelo, dos años después de iniciar el experimento. En términos generales, se observan mayores contenidos de

Tabla 7. Comparación de las propiedades químicas del suelo.

Finca	Propiedad	Tratamiento					CV (%)
		NPKMg (Testigo)	PKMg (Sin N)	NKMg (Sin P)	NPMg (Sin K)	NPK (Sin Mg)	
Mónaco	pH	5,40A*	5,57A	5,23A	5,37A	5,20A	5,13
	P (mg.kg ⁻¹)	55,67A	46,67A	30,00A	53,00A	38,33A	73,61
	MO (%)	4,77A	4,90A	4,97A	4,87A	4,67A	11,79
	N (%)	0,20A	0,19A	0,20A	0,19A	0,20A	14,46
	K (cmol _c .kg ⁻¹)	0,96A	1,19A	0,74A	0,69A	0,63A	30,00
	Mg (cmol _c .kg ⁻¹)	1,70A	1,93A	1,57A	1,70A	1,20A	42,60
	Ca (cmol _c .kg ⁻¹)	4,97A	6,00A	4,43A	4,63A	4,17A	37,53
	Al (cmol _c .kg ⁻¹)	0,20A	0,07A	0,73A	0,47A	0,90A	123,97
San Alberto	pH	5,33AB	5,47A	5,30AB	5,30AB	5,20B	1,94
	P (mg.kg ⁻¹)	18,69A	21,00A	6,33A	34,33A	48,00A	141,14
	MO (%)	8,37A	7,97A	9,20A	8,80A	8,53A	11,66
	N (%)	0,39A	0,37A	0,40A	0,37A	0,40A	10,32
	K (cmol _c .kg ⁻¹)	0,38AB	0,53A	0,37AB	0,18B	0,26B	28,68
	Mg (cmol _c .kg ⁻¹)	0,40A	0,53A	0,37A	0,50A	0,20A	40,05
	Ca (cmol _c .kg ⁻¹)	0,90A	0,87A	0,77A	1,40A	0,90A	59,79
	Al (cmol _c .kg ⁻¹)	0,90A	0,87A	0,87A	1,10A	1,13A	28,66

Letras no comunes indican diferencias entre los tratamientos (prueba de Tukey al 5%).

MO y por ende de N total, en San Alberto. En la finca Mónaco, los niveles de P y las bases intercambiables fueron más altos.

Los contenidos iniciales de P, K y Mg no disminuyeron en los tratamientos en los que no se aplicaron estos elementos (NKMg, NPMg y NPK, respectivamente); este comportamiento podría estar relacionado con el hecho que al momento de iniciar el experimento no existía un efecto residual de estos nutrientes, que fuera disminuyendo con el tiempo, pues las plantaciones no habían recibido aportes de K ni de Mg vía fertilizantes, en los últimos dos años antes de la aplicación diferencial de los tratamientos. En cuanto al P, las dosis aplicadas habían sido pocas y con baja frecuencia. Lo anterior sugiere que al suspender el suministro de fuentes solubles de estos nutrientes su contenido en el suelo disminuye hasta un nivel o rango mínimo, alrededor del cual se estabiliza, nivel que correspondería al contenido natural o nativo del elemento.

Al comparar los tratamientos, solamente se registraron diferencias significativas para las variables pH y K, en la finca San Alberto. La aplicación de N generó acidez en el suelo, pues al suprimirlo se registraron valores más altos de pH; contrario al comportamiento descrito, la aplicación de Mg en forma de óxido contribuyó a neutralizar la acidez. El efecto de la fertilización nitrogenada también se vio reflejado en menores contenidos de K y Mg.

Sadeghian (5) evaluó el efecto de estos mismos tratamientos en 34 localidades de la zona cafetera colombiana incluyendo las dos fincas objetos de este estudio. En el ámbito general los resultados concuerdan con el comportamiento registrado en la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

A los propietarios de las fincas y a los señores Daniel Antonio Franco Chaura y Beatriz Mejía, de Cenicafé.

LITERATURA CITADA

1. BRAVO G., E. Fertilización potásica en café. Suelos Ecuatoriales 9(2):68-75. 1978.
2. CARVAJAL, J.F. Cafeto; cultivo y fertilización. 2. Ed. Berna, Instituto Internacional de la Potasa, 1984. 254 p.
3. GÓMEZ G., L.; CABALLERO R., A.; BALDIÓN R., J.V. Ecotopos cafeteros de Colombia. Bogotá, FNC, 1991. 131 p.
4. GRISALES G., A. Suelos de la zona cafetera. Clasificación y uso. Medellín, Fondo Cultural Cafetero, 1977. 142 p.
5. SADEGHIAN KH., S. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados en café. Cenicafé 54(3):242-257. 2003.
6. SADEGHIAN KH., S.; DUQUE O., H. Análisis de suelos: importancia e implicaciones económicas en el cultivo de café. Avances Técnicos Cenicafé No. 308:1-8. 2003.
7. URIBE H., A. Efecto del fósforo en la producción de café. Cenicafé 34(1):3-15. 1983.
8. URIBE H., A.; MESTRE M., A. Efecto del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre la producción de café. Cenicafé 27(4):158-173. 1976.
9. URIBE H., A.; SALAZAR A., J.N. Efecto de los elementos menores en la producción de café. Cenicafé 32(4):122-142. 1981.
10. URIBE H., A.; SALAZAR A., J.N. Influencia de la pulpa del café en la producción del café. Cenicafé 34(2):44-58. 1983.
11. VALENCIA A., G.; ARCILA P., J. Efecto de la fertilización con N, P, K a tres niveles en la composición mineral de las hojas del café. Cenicafé 28(4):119-138. 1977.
12. VALENCIA A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del café. Chinchiná, Cenicafé-Agroinsumos del Café, 1999. 94 p.