

LA FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA DEL *Coffea arabica* L. EN SUELO FERRÍTICO ROJO OSCURO. PARTE I. FERTILIZACIÓN MINERAL

M. Ochoa, R. Rivera, C. Bustamante y Maritza I. Rodríguez

ABSTRACT. The experiment was carried out in areas of the Central Research Station of Coffee and Cocoa, located in Pinares de Mayarí, Holguín, at 650 m over sea level on a Dark Red Ferritic soil, planted with *Coffea arabica* L. var. *Caturra Rojo* at a distance of 2x1 m under the shade of pines (*Pinus cubensis* Griceb). The effect of the phosphoric mineral fertilization (0, 50, 100, 150 and 200 kg P₂O₅.ha⁻¹.year⁻¹), two fixed basal levels (180 and 240 kg.ha⁻¹.año⁻¹) and K₂O (150 and 225 kg.ha⁻¹.year⁻¹) was studied on yield and contents of macrolelements in leaves, during three productive cycles of coffee (1981-1987, 1988-1992 and 1993-1997). A randomized block design was used with factorial arrangement of 5 x 2 and five replicates, applying the rectangular discontinuous pattern to recommend optimum doses. There was a significant answer of coffee to the applications of phosphoric fertilizer; therefore, during the whole period studied, plants required annual applications of 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.year⁻¹ in presence of superior doses of N and K₂O, to achieve the best indexes of growth and yield, ranging 2.0-2.5 t coffee berries.ha⁻¹.year⁻¹. In absence of phosphoric applications, plants presented a very limited growth with acumulative yields of the order of 2.0 % of those obtained with 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹. There was a strong relationship between yields and leaf contents of P (R²=0.997), recording values between 0.08 and 0.21 % associated with nutritional stages from scarce until appropriate, the values of 0.19-0.21 being indicators of a satisfactory nutritional stage. Also, yield was related with calcic nutrition but at a lesser intensity.

Key words: *Coffea arabica*, phosphoric fertilization, leaf analysis, plantation management, ferritic soil

RESUMEN. El experimento se realizó en áreas de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao ubicadas en la meseta de Pinares de Mayarí, Provincia de Holguín, a 650 m sobre el nivel del mar sobre suelo Ferrítico Rojo Oscuro, plantado con *Coffea arabica* L. var. *Caturra rojo* a una distancia de 2x1 m bajo sombra de pinos (*Pinus cubensis* Griceb). Se estudió el efecto de la fertilización mineral fosfórica (0, 50, 100, 150 y 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹.año⁻¹), dos fondos fijos de N (180 y 240 kg.ha⁻¹.año⁻¹) y K₂O (150 y 225 kg.ha⁻¹.año⁻¹) sobre el rendimiento y contenidos de macroelementos foliares, durante tres ciclos productivos del cafeto (1981-1987, 1988-1992 y 1993-1997). Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial de 5 x 2 y cinco réplicas, empleándose el modelo discontinuo rectilíneo para la recomendación de las dosis óptimas. Se encontró una significativa respuesta del cafeto a las aplicaciones de fertilizante fosfórico, obteniéndose durante todo el período estudiado que las plantas requirieron de aplicaciones anuales de 150 kg de P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹ en presencia de los fondos superiores de N y K₂O para obtener los mejores índices de crecimiento y de rendimiento, los cuales oscilaron entre 2.0-2.5 t café oro.ha⁻¹.año⁻¹. En ausencia de aplicaciones de fósforo las plantas presentaron un crecimiento muy limitado con rendimientos acumulados del orden de 2 % de los obtenidos con la dosis de 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹. Se obtuvo una fuerte relación entre los rendimientos y los contenidos foliares de P (R²=0.999), encontrándose valores entre 0.08 y 0.21 % asociados con estados nutricionales desde deficiente hasta adecuado, siendo los valores de 0.19-0.21 indicativos de un estado nutricional satisfactorio. Se encontró, además, que el rendimiento estuvo relacionado con la nutrición cálcica con menor intensidad.

Palabras claves: *Coffea arabica*, fertilización fosfórica, análisis foliar, manejo de plantación, suelo Ferrítico

INTRODUCCIÓN

El fósforo constituye uno de los macroelementos esenciales en la nutrición de las plantas (Selvacumar, 1994). Son varios los factores que influyen en la respues-

ta a la aplicación de los fertilizantes fosfatados, entre ellos: el contenido de P en el suelo, contacto de las raíces con el suelo y la concentración de P en la solución del suelo fertilizado (Fixen, 1997).

En el caso del cafeto, ha sido poco frecuente la respuesta a este elemento; Carvajal (1984) plantea que este cultivo es poco exigente al fósforo, por poseer un mecanismo de absorción eficiente y que aplicaciones anteriores hacen más difícil una respuesta positiva pos-

M. Ochoa, Dr. C. C. Bustamante y Maritza I. Rodríguez, Investigadores Auxiliares de la Red de Estaciones de Investigación de Café y Cacao (ECICC), Cruce de los Baños, Tercer Frente, Santiago de Cuba; Dr. C. R. Rivera, Investigador Titular del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

terior, por lo que se hace necesario tener esto en cuenta cuando se escoge un área experimental.

La absorción eficiente del P por parte del cafeto se debe también a que este es un cultivo micótrofo obligatorio, siendo precisamente la nutrición fosfórica una de las vías favorecidas por el proceso de micorrización (Gopimany, 1996).

En el caso de los suelos Ferríticos de Pinares de Mayarí, el cultivo del cafeto en su primer ciclo productivo, que corresponde desde el establecimiento de la plantación hasta la primera poda baja total (40 cm de altura), al cabo de cuatro cosechas, presentó una alta y significativa respuesta a la fertilización fosfórica mineral, con requerimientos anuales de $150 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, para rendimientos del orden de $2.0 \text{ t café oro} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, alcanzándose sólo 2.0 % del rendimiento máximo en los tratamientos que no recibieron fósforo (Rivera *et al.*, 1995).

En este tipo de suelo, asimismo, la disponibilidad de Ca es baja, presentando cantidades menores a $2 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, por lo cual teniendo en cuenta la relativamente alta concentración de este elemento en el superfosfato sencillo (20 %), no hay dudas de que la aplicación de fósforo por vía de este portador aporta Ca, lo que pudiera ser importante para el cafeto en estos suelos.

A partir de la anterior información, donde se encontró una alta respuesta al fósforo, se continuó dicho trabajo, con los objetivos de definir los requerimientos de fertilizante fosfórico durante los primeros tres ciclos productivos de la plantación (12 cosechas), evaluar si existió alguna interacción entre el número de ciclos (podas), el rendimiento y la fertilización fosfórica mineral, así como establecer los índices críticos foliares (% P y % Ca) asociados a los diferentes estados nutricionales del cafeto y valorar por esta vía si existió una mejora en la nutrición cálcica asociada a las aplicaciones de fósforo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el período 1981-1997 en áreas de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, ubicadas en la meseta de Pinares de Mayarí, provincia de Holguín, a 650 m sobre el nivel del mar, con adecuadas condiciones climáticas para el cultivo del cafeto, dadas por una precipitación media de 1 660 mm, bien distribuidos en 178 días de lluvias. año^{-1} y temperatura media anual de 21.7°C .

Se utilizaron posturas de *Coffea arabica* L. var. Caturra Rojo plantadas a una distancia de 2x1m bajo

sombra de pinos (*Pinus cubensis* Griseb) con una edad de 16 años (fase fustal del bosque) y una densidad inicial de $1\ 600 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$, la que fue raleada extrayendo el 25.0 % de la población al culminar cada ciclo productivo (cuatro cosechas) del cafeto y llevada a $400 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$ (fase de maduración del bosque) en 1994. El cafeto se cultivó sobre suelo Ferrítico Rojo Oscuro sustentado sobre rocas serpentinitas (Hernández *et al.*, 1995) de baja capacidad de cambio catiónico (CCC) de $5 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, bajos contenidos de P y Ca y una alta capacidad de fijación de fósforo (Rivera, 1995).

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 10 tratamientos y cinco réplicas. Cada parcela estuvo constituida por 28 plantas, de las cuales 10 se consideraron de cálculo. Como portadores de fertilizantes se utilizaron el sulfato de amonio 20 % N (en el primer ciclo productivo del cafeto), nitrato de amonio 34 % N (en el resto del experimento), superfosfato sencillo 20 % P_2O_5 y cloruro de potasio 60 % K_2O .

Las dosis estudiadas en cada tratamiento y el fraccionamiento utilizado se presentan en la Tabla III. Es de señalar que a partir del segundo ciclo productivo se variaron las dosis de N y K_2O de los fondos fijos, así como el fraccionamiento utilizado, debido a que se tuvieron en cuenta los resultados encontrados en otros experimentos que se ejecutaron paralelos a este, en los cuales se determinó que el fraccionamiento más adecuado del fertilizante N fue en cuatro momentos/año con una dosis óptima de $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Bustamante *et al.*, 1989); en el caso del K_2O la mejor dosis fue de $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ aplicada en dos momentos/año (Ochoa *et al.*, 1989).

En cada año de cosecha se registró la producción de café cereza y se expresó como t café oro. ha^{-1} (relación café oro/cereza=18 %). Para mantener un buen crecimiento y alto nivel productivo en todo el período experimental, se utilizó el sistema de renovación por poda baja total a 40 cm de altura, ejecutándose en enero de 1988 y 1993, definiendo por tanto tres ciclos productivos que fueron 1981-1987, 1988-1992 y 1993-1997, estando conformado cada uno por cuatro cosechas y no existiendo producción en los años que se realizaron las podas. Los datos obtenidos de las evaluaciones se procesaron mediante un análisis de varianza con arreglo factorial, regresiones y modelo discontinuo rectilíneo de Waugh, Cate y Nelson (1973).

Las atenciones agrotécnicas y fitosanitarias se cumplieron de acuerdo con las Instrucciones técnicas para el cultivo y la cosecha del café y el cacao (MINAGRI, 1981 y 1987).

Tabla I. Medias de las variables climáticas registradas en el área experimental durante tres ciclos productivos del café

Período	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	*
Precipitaciones (mm)														
1982-1987	70.4	110.4	39.3	119.9	266.4	259.6	147.2	81.5	270.5	145.6	59.4	106.6	1672.2	180
1988-1992	92.0	62.3	63.0	85.0	219.5	180.5	85.5	183.0	218.5	407.5	85.2	67.1	1752.1	178
1993-1997	126.0	42.7	11.8	160.2	435.6	115.9	107.0	130.9	98.0	178.5	119.5	26.8	1552.8	176
Período	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media	
Temperatura media (°C)														
1982-1987	18.1	18.8	19.7	20.8	22.9	24.1	24.0	24.0	23.4	22.5	21.3	20.0	21.6	
1988-1992	19.5	19.6	20.3	20.7	20.8	24.3	24.4	23.1	22.5	23.1	21.2	20.2	21.6	
1993-1997	19.4	19.9	20.2	21.1	22.2	23.7	24.1	24.3	23.1	22.5	21.6	20.1	21.8	

* días de lluvia.año⁻¹

Tabla II. Características químicas y físicas del suelo Ferrítico Rojo Oscuro

1	pH (H ₂ O)	5.82	arena gruesa	%	35.04
2	MO (%)	1.82	arena fina	%	10.04
3	P ₂ O ₅ mg.100 g ⁻¹	1.06	limo	%	19.11
4	K ₂ O mg.100 g ⁻¹	3.52	arcilla	%	35.18
5	Ca cmol.kg ⁻¹	1.86	pendiente	%	3-5
6	Mg col.kg ⁻¹	1.55	estructura	-	granular

1- Potenciometría en el extracto, relación 1:2,5

2- Walkley y Black

3- método Oniani

4, 5 y 6- En el extracto de AcNH₄ 1N pH=7 relac.1:5

Tabla III. Tratamientos en kg.ha⁻¹.año⁻¹, sistema de fertilización y momento de aplicación de los fertilizantes minerales

No.	Primer ciclo			Segundo y Tercer ciclos		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	200	0	200	180	0	150
2	200	50	200	180	50	150
3	200	100	200	180	100	150
4	200	150	200	180	150	150
5	200	200	200	180	200	150
6	300	0	300	240	0	225
7	300	50	300	240	50	225
8	300	100	300	240	100	225
9	300	150	300	240	150	225
10	300	200	300	240	200	225
	50 % may	100 % may	100 % may	25 % may	100 % mar	50 % mar
	50 % sep	-	-	25 % jun	-	50 % jun
	-	-	-	25 % oct	-	-
	-	-	-	25 % dic	-	-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procesamiento estadístico por análisis de varianza, método factorial del rendimiento, reveló que no hubo interacción entre los factores estudiados, presentándose un fuerte y positivo efecto significativo en ambos factores, por lo que sólo se exponen los resultados de los cinco niveles de fósforo con los mayores fondos de N (240 kg.ha⁻¹.año⁻¹) y K₂O (225 kg.ha⁻¹.año⁻¹), con los que se obtuvieron rendimientos significativamente superiores (32.0 %) a los obtenidos con el fondo inferior de N (180 kg.ha⁻¹.año⁻¹) y K₂O (150 kg.ha⁻¹.año⁻¹), lo cual debe ser

consecuencia de que las dosis de fertilizante N en este último fondo fueron insuficientes para un óptimo desarrollo del café en estos suelos (Bustamante *et al.*, 1989).

Durante los tres ciclos productivos (1981-1987, 1988-1992 y 1993-1997) en que se llevó a cabo el experimento, se obtuvo una respuesta significativa (p=0.001) de la producción de café por efecto de la aplicación de dosis crecientes de superfosfato sencillo. Resultados similares fueron informados por Figueredo (1986), citado por Alvarado y Cajuste (1994) y Lacerda, Viana y Andrade (1986) en los suelos cerrados del Brasil.

La respuesta del café al fósforo se manifestó desde el inicio de la etapa de crecimiento, siendo los rendimientos acumulados, en cada ciclo, en los tratamientos que no se aplicó este elemento del orden de 0.08, 0.03 y 0.00 % del rendimiento máximo, con una tendencia a desaparecer las plantas en el tiempo. Los rendimientos del café aumentaron en la misma medida que se aplicaron dosis crecientes de fósforo mineral hasta 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹ con rendimientos promedio de 2.0 t café oro.ha⁻¹.año⁻¹ (Figura 1); por encima de esta dosis los rendimientos no se incrementaron.

Aunque se señala que la respuesta del café al fósforo no es usual y es considerada por Uribe (1983), citado por Raghuramulu (1997), como casual e insignificante, en nuestro caso es muy positiva, lo cual es explicable debido a la alta capacidad de fijación de fósforo que presentan estos suelos y que conllevó a bajos contenidos de P disponible (1.06 mg.100g⁻¹), encontrando que aplicaciones anuales de 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹ al cabo de siete años no originaron diferencias significativas en el P disponible en relación con los tratamientos no fertilizados (Rivera *et al.*, 1995).

Los resultados en otras investigaciones conducidas tanto en Cuba como en el extranjero han sido también positivos, por ejemplo, Martín (1980) encontró el efecto de aplicaciones iniciales al cultivo a mediano plazo de 75 g.planta⁻¹, que garantizaron el fósforo suficiente para las primeras cinco cosechas de plantaciones de café sobre suelos Ferrálticos Rojos, mientras en suelos Pardos sin carbonatos, González *et al.* (1985) obtuvieron una respuesta positiva a dosis de 30 g.planta⁻¹.año⁻¹. En Kenya, Njoroge y Mivakha (1995) encontraron un significativo incremento en la producción de café con la aplicación de dosis crecientes de fósforo.

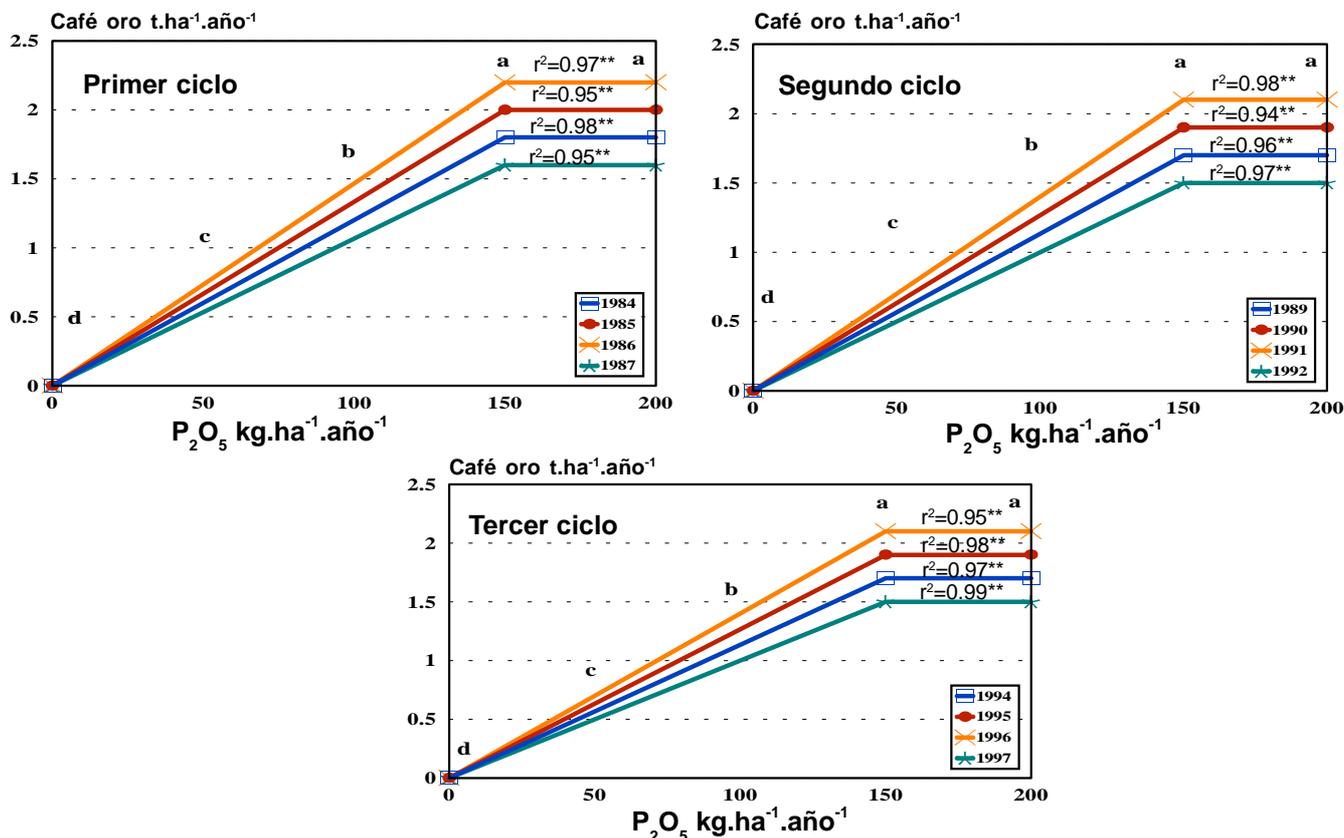


Figura 1. Recomendación de la dosis de fósforo mineral de acuerdo con el modelo discontinuo rectilíneo en los diferentes ciclos productivos del café

No obstante, la recomendación anual encontrada en este trabajo se considera alta en comparación con lo establecido en diferentes tipos de suelos en Cuba y en otros países (Cervellini *et al.*, 1995; Rivera *et al.*, 1995). Teniendo en cuenta los criterios de requerimientos y exportación del café (Rivera, 1989) así como los bajos aportes de P de este suelo, se estimó que sólo el 10 % del fertilizante mineral fosfórico fue absorbido.

Un aspecto interesante es que con independencia del nivel de rendimiento alcanzado en las diferentes cosechas de cada uno de los ciclos (Figura 1), los cuales oscilaron entre 1.4-2.2 t café oro.ha⁻¹.año⁻¹, la dosis óptima fue de 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹ e inclusive en los primeros años de establecimiento de la plantación o el año en que se podó el café donde sólo se presentó crecimiento vegetativo. También se encontró que esta fue la dosis óptima, indicando que el fósforo limitó fuertemente tanto el crecimiento como la producción del café con independencia del requerimiento del nutriente.

Es decir, todo parece indicar que fueron necesarias altas dosis de fertilizante mineral fosfórico "localizado" para que en presencia de una alta fijación del P, permitiera un nivel de disponibilidad que garantizara los requerimientos nutricionales de las plantas y un óptimo rendimiento.

El hecho de no encontrarse efecto de la fertilización fosfórica sobre el contenido de P disponible en el suelo al año de realizada la aplicación (Rivera, 1995), además de

confirmarse la necesidad de las aplicaciones anuales sugiere que la aplicación de fósforo mineral no saturó totalmente la capacidad de fijación de estos suelos y el incremento de disponibilidad y suministro de P a las plantas se da en lo fundamental como consecuencia de la localización (Fixen, 1997), siendo este un efecto temporal.

Así mismo, en las Figuras 1 y 2 se puede observar que no existió un efecto significativo de la interacción rendimiento por ciclo de poda por nivel de fertilización, es decir, con independencia del ciclo productivo se mantuvo como dosis óptima la aplicación de 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹, obteniéndose niveles de cosecha aceptables.

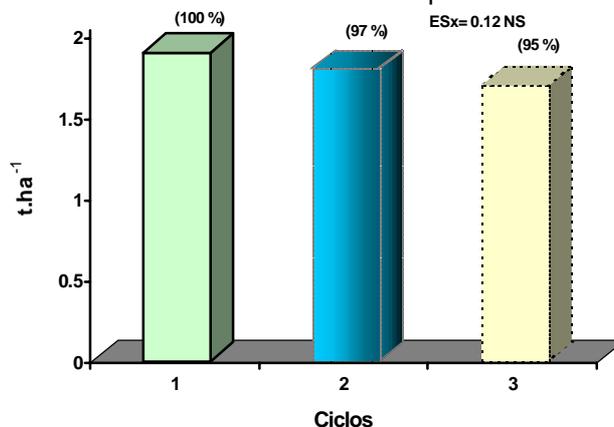


Figura 2. Rendimiento medio anual de café oro en cada ciclo productivo del café en presencia de la dosis óptima de NPK

Este último aspecto también es importante para el manejo de la plantación y permite plantear que en estas condiciones edafoclimáticas el establecimiento de un sistema de poda baja total ejecutado cada cuatro cosechas, permite una buena y productiva plantación aún al cabo de 12 cosechas y si bien hay una ligera disminución del rendimiento medio obtenido en cada ciclo, 100, 97 y 95 %, respectivamente (Figura 2), las diferencias encontradas no fueron importantes ni significativas y al cabo de 16 años la plantación continúa produciendo satisfactoriamente con rendimientos cercanos a las 2.0 t café oro.ha⁻¹.año⁻¹.

Este resultado debe ser muy dependiente de las buenas condiciones climáticas que para el café hay en la región de Pinares de Mayarí (Tabla I), así como del manejo adecuado de la nutrición que originó buenas plantaciones (Ochoa *et al.*, 1989; Rivera *et al.*, 1995), con una respuesta muy favorable a este tipo de poda.

Las dosis crecientes de fertilizante fosfórico también originaron incrementos significativos en los contenidos de fósforo foliar, de forma tal que se establecieron significativas relaciones entre las variables rendimiento y porcentaje de P en los distintos años en que se realizaron estos análisis (Figura 3).

En ausencia de fertilizante fosfórico o cuando se aplicaron dosis inferiores a 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹, no sólo se obtuvieron rendimientos inferiores sino también menores contenidos de fósforo en las hojas de los cafetos, encontrándose los valores entre 0.07-0.08 % asociados a condiciones de extrema deficiencia, contenidos entre 0.12-0.16 % en condiciones de un estado nutricional deficiente y tenores entre 0.19-0.22 % encontrados en los tratamientos que recibieron 150 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹, como indicativo de un estado nutricional adecuado.

Las relaciones encontradas entre los niveles de P foliares y el rendimiento, coinciden de forma general con los resultados de Pavan, Chávez y Filho (1994) y Cervellini (1994), quienes obtuvieron que en la medida que los porcentajes de NPK aumentaron, en las plantas la producción efectiva del café era mayor.

En relación con los criterios de interpretación del análisis foliar, si bien diversos autores (Carvajal, 1984 y Kumar, 1997) asociaron contenidos cercanos a 0.08 % a condiciones de deficiencia de forma similar a la encontrada en este trabajo, la mayoría de los autores presentan contenidos entre 0.13-0.15 % como indicativos de una nutrición fosfórica eficiente (Martín, 1980; Carvajal, 1984; Rajú, 1996); sin embargo, en este trabajo fueron indicativos de condiciones deficientes.

Es decir, en estas condiciones de buena fijación de fósforo, la respuesta alta a la fertilización fosfórica y condiciones edafoclimáticas adecuadas para altos rendimientos y, por ende, altos requerimientos, el análisis foliar realizado en mayo, que además, es la etapa inicial del crecimiento del fruto (Rivera, 1989), se asociaron estrechamente con el rendimiento alcanzado, encontrándose que el índice crítico del fósforo osciló entre 0.19-0.22 %.

Lo anterior puede ser explicable por la alta capacidad de fijación de fósforo, que no permitió un suministro estable de este a lo largo de toda la estación de crecimiento, aún en los tratamientos fertilizados y se vuelve importante la reserva o los contenidos relativamente altos que pueda tener la planta, como consecuencia de la fertilización en las etapas iniciales de crecimiento del fruto (mayo).

Se encontró, además, que las dosis crecientes de fertilizante fosfórico originaron incrementos en los contenidos de Ca foliar, estableciéndose una significativa relación entre los contenidos de Ca foliar y el rendimiento (Figura 4), explicable por los bajos contenidos de Ca disponibles en el suelo (Tabla II) y el contenido de Ca en el superfosfato sencillo (20 %), de forma tal que las dosis crecientes de fertilizante fosfórico también conllevaron a incrementos en los aportes de Ca al sistema.

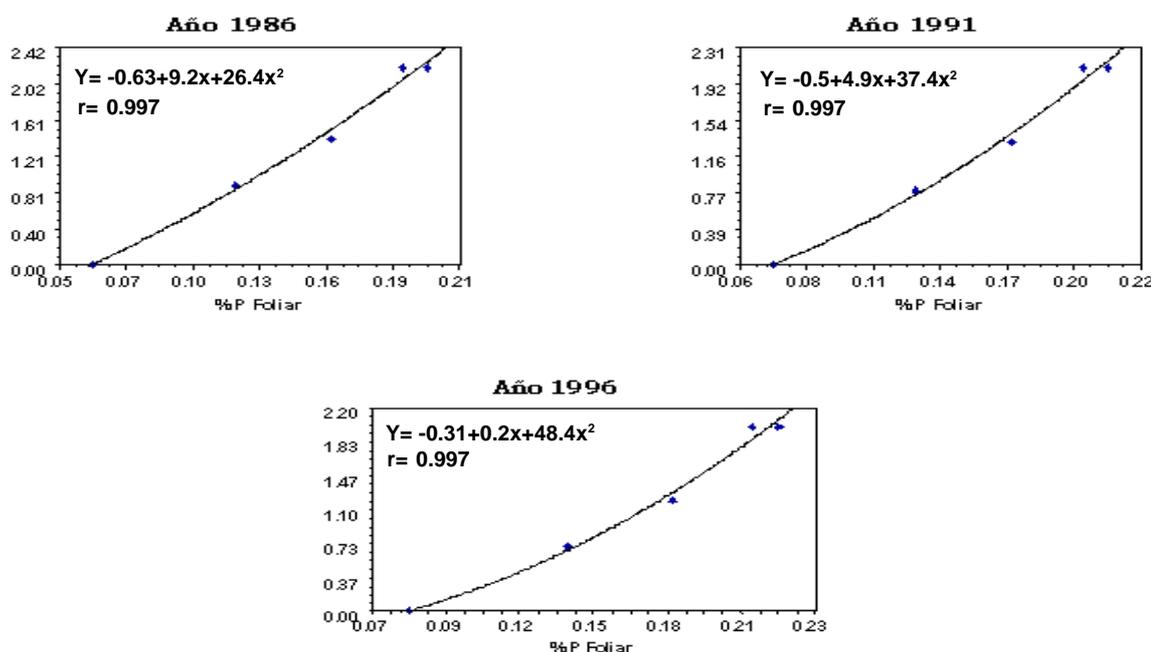


Figura 3. Relación entre el % P foliar y rendimiento del café. Ecuaciones de regresión y coeficiente de correlación (fecha de muestreo foliar: junio)

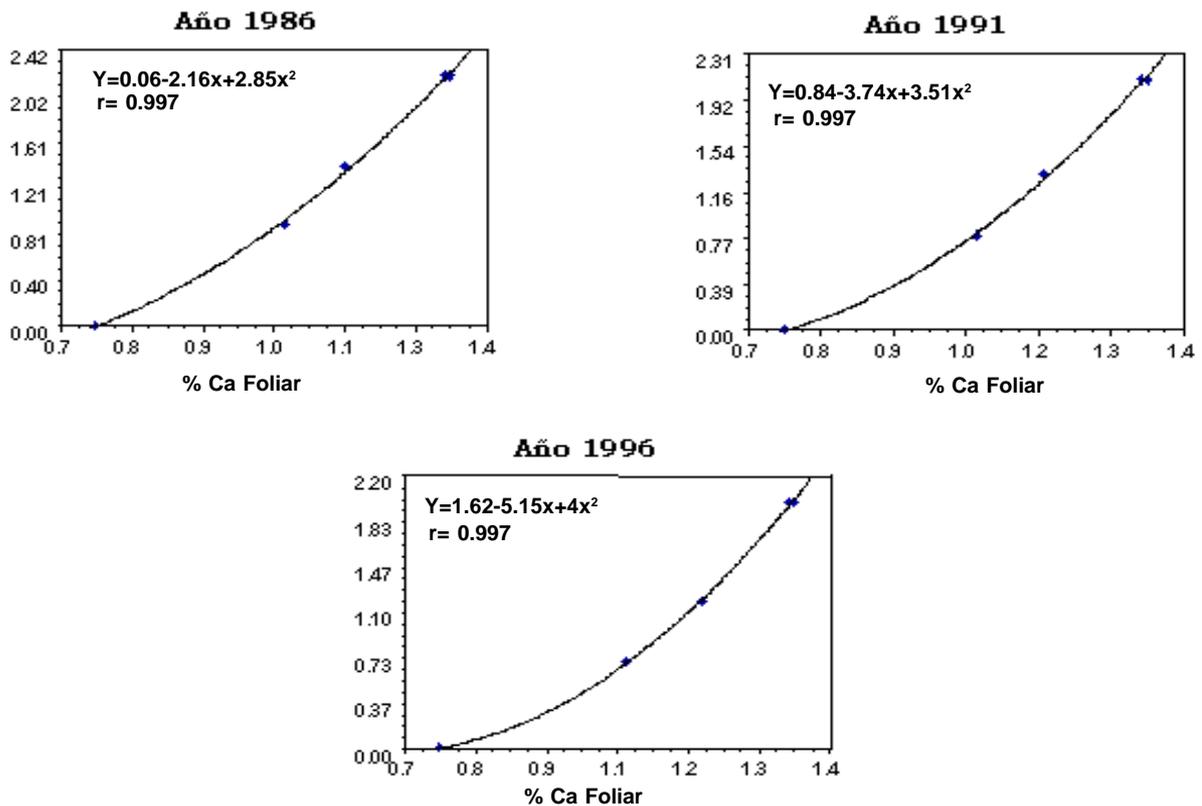


Figura 4. Relación entre el % Ca foliar y rendimiento del café. Ecuaciones de regresión y coeficiente de correlación (fecha de muestreo foliar: junio)

Resultados similares obtuvieron Büll, Lacerda y Nakagawa (1997) quienes presentaron altas relaciones entre los contenidos del P y Ca foliares con el rendimiento, cuando se utilizaron fertilizantes minerales fosfatados con alta concentración de Ca en su composición.

Si bien los contenidos de Ca foliar en el tratamiento que no recibió fertilizante (0.75 %), fueron bajos e indicativos de condiciones deficientes (Carvajal, 1984) y los incrementos en Ca foliar se obtuvieron hasta la aplicación de $150 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, no obstante la comparación entre las pendientes de las ecuaciones de regresión (Figuras 3 y 4) para cada elemento, indicaron que el fósforo en estas condiciones actuó como un elemento más limitante que el Ca, coincidiendo en este sentido con Glory y Chandra (1995).

A partir de la información obtenida se asociaron contenidos foliares de 1.30 % de Ca en junio, como indicativo de un estado nutricional adecuado de este elemento, lo cual concuerda con los criterios de Carvajal (1984) y no hay dudas de que es un nutriente importante a tener en cuenta en el sistema de fertilización del café en estos suelos.

REFERENCIAS

Alvarado, J. y Cajuste, L. Encalado y retención de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Turrialba*. 1994, vol. 43, no. 4, p. 235-241.

- Bustamante, C. *et al.* Efecto de dosis de N con fondos fijos de PK sobre la producción del café en fase de fomento. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Café y Cacao*, 1989, vol. 11, no. 1, p. 7-16.
- Büll, L., Lacerda, S. y Nakagawa, J. Termofósforo: Alterações em propriedades químicas em um Latossolo Vermelho-Escuro e eficiência agrônoma, *Bragantia*, 1997, vol. 56, no. 1, p. 169-179.
- Carvajal, J. F. Café: Cultivo y fertilización.- 2ª edic. Berna: Instituto Internacional de la Potasa, 1984, p. 143-245.
- Cervellini, G. Aducação mineral e orgánica do cafeeiro. *Bragantia*, 1994, vol. 53, no. 1, p. 83-89.
- Cervellini, G. *et al.* Modo de aplicação de esterco e de fertilizantes minerais no solo no cafeeiro. *Bragantia*, 1995, vol. 54, no. 1, p. 167-176.
- Fixen, P. Cuál es la mejor forma de aplicar fósforo al suelo. *Informaciones Agronómicas. INPOFOS*, 1997, no. 27, p. 1-4.
- González, C; *et al.* Influencia de la fertilización NPK. en la producción de café. Resultado preliminar. En V Seminario Científico. INCA. La Habana, Resúmenes. 1985, p. 330.
- Glory, S. y Chandra, P. Fertility management in coffee: The Kerala growers way. *Indian Coffee*, 1995, vol. 62, no. 11, p. 7-9.
- Gopimany, R. Preliminary results of long term experiment in alternative forming. *Indian Coffee*, 1996, vol. 60, no. 7, p. 13.
- Hernández, A., *et al.* Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos : MINAGRI. 1995, 46 p.

- Kumar, S. Nutrition management in coffee. *Indian Coffee*, 1997, vol. 61, no. 5, p. 11.
- Lacerda, M. P., Viana, A. S. y Andrade, P. C. Estudio de niveles de P_2O_5 en plantio en la formación de cafeeiros em solo de cerrado. En Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras: Resumos. Minas Gerais. dez. 2-5. 1986, p. 63-66.
- Martín, J. R. Cafeto. Su fertilización como parte de un sistema intensivo de producción. *Boletín de Reseñas Café y Cacao*, 1980, vol. 1, p. 60.
- Ministerio de la Agricultura, D.N.C.C. Instrucciones técnicas para el cultivo y cosecha del café y el cacao. - Ciudad de La Habana : CIDA , 1981, 176 p.
- Ministerio de la Agricultura, D.N.C.C. Instrucciones técnicas para el cultivo del café y el cacao.- Ciudad de La Habana : CIDA, 1987, 208 p.
- Njoroge, M. y Mivakha, E. Results of field experiments, Ruiru. I. Long term effects of various cultural practices on *Coffea arabica* L. yield and quality *Kenya Coffee*, 1995, vol. 60, no. 610, p. 545-563.
- Ochoa, M., *et al.* Efecto de dosis de potasio con fondos fijos de NP sobre el crecimiento y la producción del cafeto en su fase de fomento. *Ciencia y Técnica en la Agricultura Café y Cacao*, 1989, vol. 11, no. 1, p. 17-20.
- Pavan, M. A., Chávez, J. y Filho, A. Produção de café em função da densidade de plantio , Adubação e Tratamento Fitosanitario. *Turrialba*, 1994, vol. 44, no. 4, p. 127-231.
- Raghuramulu, Y. Influence of beyond reach factors on coffee quality. *Indian Coffee*, 1997, vol. 61, no. 8, p. 7-9.
- Rajú, T. Method of fertilizer application in coffee plantations. *Indian Coffee*, 1996, vol. 60, no. 5, p. 7-13.
- Rivera, R., *et al.* Crecimiento, nutrición y fertilización del cafeto a plena exposición solar sobre suelo Ferralítico. [Informe final]. *INCA*, 1989, 39 p.
- Rivera, R., *et al.* La fertilización fosfórica de *Coffea arabica* en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 1995, vol. 16, no. 1, p. 8-15.
- Selvacumar, M. Observation on rooting pattern of Cauvery genotype and its implications in intercropping system of plantation crops. *Journal Coffee Research*, 1994, vol. 24, no. 1, p. 37-40.
- Waugh, D. L., Cate, R. B. y Nelson, L. Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelos y las respuestas a los fertilizantes. *Boletín Técnico*, 1973, no. 7.

Recibido: 17 de marzo de 1999

Aceptado: 25 de mayo de 1999

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CURSOS DE POSGRADO DE MATEMÁTICA APLICADA
 2000

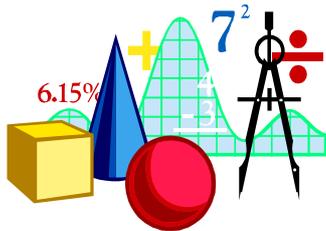
“Estadística y diseño experimental”

Noviembre

Duración: 40 horas

Precio: 320.00 USD

Para más información diríjase a:



Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba CP 32700
Telf: (53)(64) 6-3867, 6-3773
Fax: (53)(64)6-3867
e-mail: posgrado@inca.edu.cu