

EFECTO DEL FOSFORO EN LA PRODUCCION DE CAFE

Alfonso Uribe-Henao*

RESUMEN

Se comparó un fertilizante completo 12-6-22 utilizado comercialmente por los agricultores cafeteros, con uno de grado 12-0-22, el cual no incluye fósforo. Además, se estudiaron estos mismos fertilizantes con la adición de pulpa de café descompuesta, con el fin de observar si la materia orgánica, procedente de este material, podía sustituir al fósforo o facilitar su aprovechamiento, en caso de que este elemento fuera necesario en la nutrición del café. En algunos casos aislados el fósforo fue contraproducente en la producción de café. En otros, la respuesta fue positiva, al aumentar en forma significativa los rendimientos. Estas respuestas se consideran casuales y de poca magnitud. La pulpa del café descompuesta no influyó en ningún sentido sobre los resultados, posiblemente por las pequeñas cantidades utilizadas. Se concluye que, en las condiciones de este ensayo, el fósforo no ejerce ninguna acción sobre la producción de café.

SUMMARY

URIBE H., A. Phosphorous effect on coffee yield. Cenicafé (Colombia) 34(1):3-15. 1983.

A complete fertilizer 12-6-22, used commercially by coffee growers, was compared with other type of fertilizer lacking phosphorous 12-0-22. To these fertilizers was added decomposed coffee pulp, in order to observe if the organic material derived from this material could replace phosphorous or facilitate its utilization, in case this element would be necessary in the nutrition of the coffee plant. In some cases phosphorous was counter-productive in the coffee yield. In others, the response was positive, there being an increase in yield. These responses are considered accidental and not greatly important. The decomposed coffee pulp did not have a bearing on the results, possibly because of the small quantities used. In conclusion, phosphorous does not influence coffee yield in the soils and conditions of the experiment.

Additional Key Words: Coffee fertilization. Phosphorous response. Organic material.

INTRODUCCION

Las plantaciones de café necesitan, para su crecimiento y producción, determinados nutrientes en cantidades suficientes y bien balanceadas para obtener los mejores rendimientos. A través de numerosos experimentos se ha encontrado, en todos los países cafeteros, que los principales elementos nutritivos son el nitrógeno, el fósforo y el potasio, aún cuando las cantidades y la importancia de uno y otro varían de acuerdo a determina-

* Jefe del Departamento de Agronomía y Tecnología del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

das condiciones, especialmente en cuanto a las características de los suelos. Establecer cuáles son los requerimientos de estos nutrimentos y su adecuado equilibrio, es uno de los aspectos más importantes y prioritarios en el cultivo del café.

Se ha comprobado que el café a plena exposición solar es más exigente en fertilización, hasta el punto de que si no se le proporcionan cantidades adecuadas, los rendimientos se rebajan considerablemente y las plantas sufren desequilibrios fisiológicos que pueden conducir hasta su muerte.

La fertilización con fósforo es un problema complejo que no ha podido ser resuelto a satisfacción. En la mayoría de los países cafeteros del mundo no se ha encontrado respuesta positiva a las aplicaciones de este elemento. En investigaciones realizadas por Pérez en Costa Rica (27, 26); Coussement et al en Burundi (9); Handog (18) y Carandang (5) en Filipinas; Dean et al en Hawaii (10); Franco et al (15); Malavolta (21) y Gómez et al (16) en el Brasil; Chandler et al (7), Rodríguez (28) y Abruña et al (1) en Puerto Rico; Vas (33) en Angola; Jones (19) en Kenya; Mitchell (22) en Tanganyika y Snoeck et al (29) en Costa de Marfil, han llegado a la conclusión de que el fósforo no tiene efecto significativo sobre la producción de café. En Colombia (31), los resultados fueron semejantes en ocho sitios de la zona cafetera del país. El fósforo mostró muy poco efecto sobre los rendimientos de café en todos los lugares en experimentación, concluyéndose que la respuesta a este elemento fue ocasional y de poca magnitud.

Son muchas las razones aducidas para explicar este comportamiento tan generalizado en el cultivo del café. Como una de las causas principales se señala, por algunos autores (2, 14, 30, 24) que han estudiado el problema, la acidez de los suelos y su alto contenido en iones de aluminio y hierro que hace difícil la absorción del fósforo por la planta, debido a la formación de fosfatos insolubles de estos elementos.

En Colombia, muy poco se ha investigado sobre este problema. Bravo et al (4) manifiestan que la disponibilidad del fósforo se ve afectada, generalmente, por la escasa solubilidad de este elemento y por su fijación o retención en el suelo. En este país, los suelos de origen volcánico constituyen el 70⁰/0 de los suelos cafeteros y en ellos el fenómeno de fijación del fósforo se acentúa, debido a la formación de compuestos insolubles de Al y Fe (4).

López (20), en suelos de ceniza volcánica de la zona cafetera colombiana demostró la alta capacidad de retención del fósforo como consecuencia de la formación de fosfatos insolubles de aluminio y hierro. Gómez, J. (17) concluye que la mayoría de los suelos colombianos en los que se ha encontrado altos requerimientos de fósforo son ácidos y además son fuertes fijadores de este elemento. Este mismo autor le da una gran importancia a las fuentes fosfatadas con respecto a su solubilidad y la asimilabilidad por las plantas.

En Colombia alrededor de 350.000 hectáreas están sembradas con café (*Coffea arabica* Var. Caturra) al sol.

La fertilización se hace principalmente con abonos completos N, P, K, (12) de grado 17-6-18 y 15-15-15 que contienen una apreciable cantidad de fósforo. Si tenemos en cuenta que en el año de 1982 se emplearon 166.350 toneladas de estos fertilizantes en la zona cafetera del país (13), se verá que el fósforo aplicado representa una suma de dinero apreciable. Esto indica la necesidad de determinar y precisar la importancia que tiene este elemento en la fertilización del café para su producción, ya que su aplicación está representando millones de pesos para el cafetero colombiano.

En investigaciones realizadas en Colombia en 1966 (31), se encontró que las aplicaciones de fósforo al café tuvieron muy poco efecto sobre la producción. Con el fin de confirmar este hecho se planeó un nuevo ensayo experimental de campo, para comparar el fertilizante comercial de grado 12-6-22 que era el que utilizaba el caficultor colombiano en esa época (11), con uno de grado 12-0-22 en donde se suprime el fósforo. A la vez se quiso determinar si la pulpa de café podría reemplazar al fósforo, porque este material descompuesto, además de aumentar el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café, actúa en gran parte como sustancia de naturaleza fosfórica (25). Con este fin se adicionó a los grados de fertilizantes en comparación una determinada cantidad de pulpa de café descompuesta.

Según algunos autores (8, 16, 17, 24, 30), los abonos orgánicos y la materia orgánica incrementan en un modo u otro el aprovechamiento del fósforo por las plantas. Por otra parte, Parra (25) demostró que la pulpa de café se convierte en materia orgánica, al estado de humus, por descomposición aeróbica. Este estudio se realizó en varios sitios de la zona cafetera del país en plantaciones de café a plena exposición solar y en suelos de naturaleza volcánica, entre los años de 1975 y 1981.

MATERIALES Y METODOS

Para el presente estudio se emplearon los datos de los experimentos situados en seis lugares representativos de una gran parte de la zona cafetera colombiana. En las tablas 1 y 2 se describen las características de estos lugares en relación con el clima y las condiciones físicas y químicas de los respectivos suelos.

Se compararon cuatro tratamientos: un fertilizante comercial de grado 12-6-22 y tres fertilizantes preparados, de grados 12-0-22; 12-6-22 más 17^o/_o de pulpa de café y 12-0-22 más 17^o/_o de pulpa de café (Tabla 3).

TABLA 1.- LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LOS CAMPOS EXPERIMENTALES.

Lugar	Municipio	Departamento	Altura m.	Temperatura °C	Lluvia mm.
Hacienda Naranjal	Chinchiná	Caldas	1.400	20,6	2.660
Subestación Supía	Supía	Caldas	1.330	20,9	1.944
Subestación Rosario	Venecia	Antioquia	1.637	19,7	2.730
Subestación Quindío	Buenavista	Quindío	1.250	21,2	1.975
Subestación Libano	Libano	Tolima	1.500	19,3	2.311
Subestación Albán	Cairo	Valle	1.400	19,2	1.473

TABLA 2.- CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS EN DONDE SE REALIZARON LOS EXPERIMENTOS.

Lugar	Textura	Ca	Mg	K	MO %	P ppm	N %	pH
		me/100 g						
Naranjal	Franco-Arenoso	0,9	0,9	0,22	13,1	11	0,634	5,4
Supía	Franco-Arcilloso	4,1	2,0	0,30	8,3	35	0,398	5,0
Rosario	Franco	2,0	1,6	0,14	13,8	8	0,528	4,0
Quindío	Franco-Arenoso	5,2	2,1	0,61	6,6	12	0,395	5,4
Libano	Franco-Arenoso	9,0	1,8	0,60	17,8	8	0,723	5,7
Albán	Franco-Arenoso	8,7	2,2	0,78	8,5	4	0,429	5,9

TABLA 3.- TRATAMIENTOS COMPARADOS EN EL EXPERIMENTO SOBRE EL EFECTO DEL FOSFORO EN LA PRODUCCION DE CAFE.

Tratamiento Nº	Clase de fertilizante	Grado
1	Fertilizante comercial	12-6-22
2	Fertilizante preparado sin fósforo	12-0-22
3	Fertilizante preparado	12-6-22 + 17% de pulpa
4	Fertilizante preparado sin fósforo	12-0-22 + 17% de pulpa

Para la preparación de estos fertilizantes se utilizó urea del 46^o/_o, superfosfato del 46^o/_o y sulfato de potasio del 50^o/_o. La pulpa de café se agregó en forma descompuesta hasta el estado de humus y seca al 12^o/_o de humedad.

Los fertilizantes se aplicaron a razón de 200 gramos por planta durante el primer año de siembra en el campo y de 600 gramos por planta por año, en los años siguientes.

Estas cantidades se fraccionaron en cuatro aplicaciones anuales, cada tres meses. El fertilizante se esparció alrededor del árbol en forma de corona a 30 centímetros del tallo. Las cantidades por hectárea y por año fueron de 900 kilogramos para el primer año y de 2.666 kilogramos para los años siguientes, para una población de 4.444 plantas por hectárea, sembradas a 1,50 x 1,50 metros de distancia.

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con seis replicaciones. Cada parcela experimental tenía 36 plantas, de las cuales 16 eran efectivas. A todas las plantas de la parcela, tanto bordes como efectivas, se les aplicó el fertilizante correspondiente al tratamiento.

Los campos experimentales se establecieron a plena exposición solar con la variedad Caturra (*Coffea arabica* L.).

El efecto de los tratamientos se midió por los kilogramos de café cereza por parcela. Para la presentación de los resultados se transformaron los datos a kilogramos de café pergamino seco por hectárea.

Los experimentos tuvieron una duración de 5 y 6 años y se tomaron datos de cuatro cosechas en algunos lugares y de cinco en otros. Las cosechas abarcaron períodos de un año de producción, de enero a diciembre.

RESULTADOS

Los datos se presentan de acuerdo a los lugares en donde estaban situados los campos experimentales. Para cada lugar se dan los resultados correspondientes a las cosechas anuales. Además se presentan los datos acumulados de las cosechas con el fin de obtener una mejor interpretación de los resultados.

HACIENDA NARANJAL

Los resultados obtenidos en este lugar se presentan en la tabla 4.

Para la segunda cosecha el fertilizante comercial 12-6-22 fue superior significativamente a los demás fertilizantes.

En la tercera cosecha y el acumulado de las cuatro cosechas, solamente hubo aumento significativo en el primer tratamiento con respecto al segundo, manifestándose un ligero efecto a favor de las aplicaciones de fósforo, el cual no se observó entre los otros dos tratamientos a base de pulpa de café.

En las cosechas primera y cuarta no hubo efecto de los tratamientos. Fue muy precaria la influencia del fósforo sobre la producción de café. No se manifestó efecto de la pulpa de café adicionada a los fertilizantes químicos.

TABLA 4.- EFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE. (KILOGRAMOS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA POR AÑO). NARANJAL.

Tratamientos	Cosechas anuales				Acumulado	Promedio
	1a. 1977	2a. 1978	3a. 1979	4a. 1980		
12-6-22	6.350	8.525	9.200	7.525	31.600	7.900
12-0-22	6.338	6.275	7.638	6.463	26.714	6.697
12-6-22 + pulpa	5.425	6.387	8.250	7.413	27.475	6.869
12-0-22 + pulpa	6.100	6.113	8.113	6.563	26.889	6.722
D.M.S.	0,05	938	1.750	1.275	1.475	4.213
	0,01	1.850	5.425	1.763	2.038	5.838

SUBESTACION DE SUPIA

Los resultados obtenidos en este lugar se presentan en la tabla 5.

Según el análisis estadístico de los resultados, no hubo diferencia entre las cuatro clases de fertilizantes en comparación. Ni el fósforo, ni la pulpa de café manifestaron efectos sobre la producción.

TABLA 5.- EFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE. (KILOGRAMOS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA POR AÑO). SUPIA.

Tratamientos	Cosechas anuales					Acumulado	Promedio
	1a. 1977	2a. 1978	3a. 1979	4a. 1980	5a. 1981		
12-6-22	1.425	7.823	9.975	7.300	5.025	31.538	6.308
12-0-22	975	7.163	8.838	7.013	5.363	29.352	5.870
12-6-22 + pulpa	1.550	8.450	10.163	6.900	5.688	32.751	6.550
12-0-22 + pulpa	1.163	8.100	8.475	6.863	4.750	29.351	5.870
D.M.S.	0,05	563	1.500	1.750	1.050	1.288	2.913
	0,01	775	2.075	2.245	1.463	1.788	5.400

SUBESTACION DEL ROSARIO

Los resultados obtenidos en este lugar se presentan en la tabla 6.

Solamente en la quinta cosecha hubo diferencias significativas entre el primero y segundo tratamiento, siendo mayor la producción para el fertilizante sin fósforo. Entre el tercero y cuarto tratamiento también hubo significación con aumentos de producción para el fertilizante con fósforo. En las demás cosechas y en el acumulado de las seis cosechas no hubo diferencias en producción entre las clases de fertilizantes en estudio.

TABLA 6.- EFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE. (KILOGRAMOS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA POR AÑO). EL ROSARIO.

Tratamientos	Cosechas anuales						Acumulado	Promedio
	1a. 1976	2a. 1977	3a. 1978	4a. 1979	5a. 1980	6a. 1981		
12-6-22	1.275	6.925	4.625	10.875	3.488	8.938	36.126	6.021
12-0-22	1.313	6.713	4.963	10.525	4.450	8.300	36.264	6.044
12-6-22 + pulpa	1.475	6.500	4.800	11.425	4.150	8.550	36.900	6.150
12-0-22 + pulpa	1.425	5.988	4.713	10.088	3.550	8.413	34.177	5.693
D.M.S.	0,05	450	725	713	1.500	600	1.188	3.475
	0,01	625	1.013	975	2.075	825	1.637	4.813

SUBESTACION DEL QUINDIO

Los resultados obtenidos en este lugar se presentan en la tabla 7.

En ninguna de las cosechas, ni en el acumulado de las cuatro cosechas estudiadas, hubo efecto significativo entre las diferentes clases de los fertilizantes. El fósforo y la pulpa del café no tuvieron influencia en la producción.

TABLA 7.- EFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE. (KILOGRAMOS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA POR AÑO). QUINDIO.

Tratamientos	Cosechas anuales				Acumulado	Promedio
	1a. 1977	2a. 1978	3a. 1979	4a. 1980		
12-6-22	1.213	7.425	6.063	7.488	22.189	5.547
12-0-22	1.488	6.838	5.213	6.588	20.127	5.037
12-6-22 + pulpa	1.513	7.025	5.138	6.638	20.314	5.079
12-0-22 + pulpa	1.888	7.263	5.388	6.963	21.502	5.376
D.M.S.	0,05	1.113	2.100	2.188	1.025	5.513
	0,01	1.538	2.900	3.025	1.425	7.613

SUBESTACION DEL LIBANO

Los resultados obtenidos en este lugar se presentan en la tabla 8.

En la primera cosecha hubo diferencia significativa entre el primero y segundo tratamientos, presentándose un aumento de producción para el fertilizante sin fósforo. A su vez fue mejor el tratamiento tres (con fósforo y pulpa) que el primero, y no hubo diferencia entre los dos últimos, situación que aparentemente es contradictoria.

TABLA 8.- EFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE.
(KILOGRAMOS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA POR AÑO). LIBANO.

Tratamientos	Cosechas anuales				Acumulado	Promedio
	1a. 1977	2a. 1978	3a. 1979	4a. 1980		
12-6-22	3.400	11.050	8.613	7.413	30.476	7.619
12-0-22	3.963	10.975	8.438	6.213	25.943	7.397
12-6-22 + pulpa	4.150	10.700	8.563	6.688	30.101	7.525
12-0-22 + pulpa	3.900	10.688	8.650	6.075	29.313	7.328
D.M.S.						
0,05	513	1.088	1.725	1.150	3.375	
0,01	700	1.513	2.388	1.588	4.675	

En la cuarta cosecha el análisis estadístico indicó una mayor producción del primer tratamiento sobre los fertilizantes sin fósforo.

SUBESTACION DE ALBAN

Los resultados obtenidos en este lugar se presentan en la tabla 9.

El análisis estadístico de los resultados no demostró ningún efecto significativo entre los fertilizantes.

TABLA 9.- EFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE.
(KILOGRAMOS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA POR AÑO). ALBAN.

Tratamientos	Cosechas anuales				Acumulado	Promedio
	1a. 1977	2a. 1978	3a. 1979	4a. 1980		
12-6-22	3.525	7.500	2.787	7.663	21.475	5.369
12-0-22	2.550	7.575	2.750	8.562	21.437	5.359
12-6-22 + pulpa	3.412	7.738	2.288	7.963	21.401	5.350
12-0-22 + pulpa	3.275	7.438	2.838	8.138	21.689	5.422
D.M.S.						
0,05	1.563	888	988	1.050	2.288	
0,01	1.750	1.225	1.363	1.450	3.150	

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son muy semejantes en todos los sitios experimentales. No hubo diferencia significativa entre los cuatro fertilizantes estudiados con excepción de algunos casos que se presentaron en cosechas individuales en los sitios de Naranjal, Rosario y Líbano. En la Hacienda Naranjal el fertilizante comercial 12-6-22 superó en producción al fertilizante sin fósforo en la segunda y tercera cosecha y en el acumulado de las cuatro cosechas. Fué un efecto parcial y de poca magnitud, que podría considerarse como ocasional. En el Rosario se observó respuesta a los tratamientos solamente en la quinta cosecha. La respuesta en producción a la fertilización con fósforo (12-6-22) fue negativa y significativamente menor a la fertilización sin fósforo (12-0-22).

En el Líbano hubo respuesta negativa a la aplicación del fósforo en la primera cosecha, al comparar el fertilizante comercial 12-6-22 con el fertilizante sin fósforo 12-0-22; y positiva en la cuarta, en la cual el fertilizante comercial superó a los fertilizantes sin este elemento.

Estos casos se pueden considerar ocasionales debido a lo aislados y a la poca magnitud de las diferencias en producción. En los demás sitios experimentales, Supía, Quindío y Albán, no hubo respuesta en producción, ni a las aplicaciones de fósforo, ni a las de pulpa de café.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros experimentos realizados en la zona cafetera colombiana (31) en donde se señala que el efecto del fósforo fue ocasional y de poca magnitud sobre la producción de café.

La influencia del fósforo sobre la nutrición y la producción del café ha sido estudiada en los países cafeteros. Varios investigadores explican en diferentes formas, el comportamiento de este elemento en el suelo y las causas para la poca o ninguna respuesta del café a las aplicaciones de fósforo. Handog (18); Moraes (23); Gómez Pimentel (16) y Carvajal (6) sugieren que el café necesita poco fósforo para su normal desarrollo y producción. La mayoría de los autores señalan (33, 30, 24, 2, 14) que el fósforo se fija en el suelo haciéndose inasimilable por la planta, hasta el punto de que no lo puede absorber en las cantidades necesarias para su nutrición.

Otros investigadores indican diversas causas. Muller (24) opina que el cafeto puede absorber el fósforo aún cuando existan pocas cantidades en el suelo en forma asimilable.

Baker (3) dice que las condiciones ambientales adversas al café afectan la aprovechabilidad del fósforo del suelo.

Carvajal (6) y Gómez, J. (17) manifiestan que el problema de la asimilación del fósforo depende de las fuentes fosfatadas que se utilicen. Figueroa (14) atribuye la eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes fosfatados a varios factores como dosis, frecuencia, momento y método de aplicación.

El problema de la fijación del fósforo en los suelos colombianos, debido a su acidez y a la formación de fosfatos insolubles de Fe y Al (17, 20, 4), es el que más se ajusta a la falta de respuesta del café a este elemento en los experimentos estudiados.

Gómez, J. (17) sugiere que en estos suelos, para plantas de largo período vegetativo, es mejor utilizar fuentes fosforadas de baja solubilidad en agua. Sin embargo, las altas producciones de café observadas en todas las cosechas, en los lugares experimentales estudiados y para todas las clases de fertilizantes, indican que la planta extrae las cantidades necesarias de fósforo a pesar del bajo contenido de este elemento en esos suelos. Falta estudiar si el "die-back" que conduce al "paloteo" (*), como consecuencia de un exceso de producción (32), es causado por falta de absorción de fósforo en las cantidades sugeridas para una adecuada nutrición.

Se considera que la materia orgánica facilita la absorción del fósforo por la planta. Gómez, J. (17) explica que la materia orgánica aumenta la solubilidad de fósforo de los compuestos fosfatados de baja solubilidad en agua, lo cual rebaja la capacidad fijadora de los sesquioxidos de Fe y Al. A pesar de que la pulpa del café es una fuente de materia orgánica, no tuvo efecto sobre la producción al agregarla como sustituto o complemento del fósforo en los fertilizantes químicos utilizados en las plantaciones de café. Posiblemente el resultado obtenido se debió a la poca cantidad de este material que se aplicó en el ensayo experimental.

* Pérdida intensa de hojas y secamiento y muerte de ramas (32).

BIBLIOGRAFIA

1. ABRUÑA, F. et al. The effect of different fertility levels on yields of intensively managed coffee in Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 43(3):141-146. 1959.
2. ADUAYI, E. A. The role of phosphorus on the growth and mineral nutrient composition of young arabica coffee grown in sand culture. *Kenya Coffee* 37(440):336-340. 1972.
3. BAKER, R. M. Seasonal deficiency of phosphorous in Arabica Coffee. In: *Tanganyika Coffee Board, Research Report 1964*. Lyamungu, Coffee Research Station, 1966. pp. 48-51.

4. BRAVO G., E. y GOMEZ A., A. Capacidad de fijación de fósforo en seis unidades de suelos andosólicos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé (Colombia)* 25(1):19-29. 1974.
5. CARANDANG, D. A. The effect of fertilizers on the yield of coffee in matutum, cotabato. *The Philippine Agriculturist* 45(7):365-370. 1961.
6. CARVAJAL C., J. E. Requerimiento de minerales por el cafeto. *Revista Cafetalera (Guatemala)* no. 157:25-27. 1976.
7. CHANDLER, J. V. et al. Intensive coffee culture in Puerto Rico. Río Piedras, University of Puerto Rico Mayagüez Campus Agricultural Experiment Station, 1968. 83 p. (Bulletin 211).
8. CHAPMAN, H. D., ed. Diagnostic criteria for plant and soils. Riverside, University of California, División of Agricultural Sciences, 1966. p. 353.
9. COUSSEMENT, S. et al. La fumure minérale du cafeier d'Arabie au Burundi. *Café Cacao Thé (France)* 14(2):105-113. 1970.
10. DEAN, L. A. and BEAUMONT, J. H. Soils and fertilizers in relation to the yield, growth and composition of the coffee tree. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 36:28-35. 1938.
11. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del Cafetero Colombiano. 3a. ed. Bogotá, Editorial Bedout, 1969.
12. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CHINCHINA (COLOMBIA). Manual del Cafetero Colombiano. 4 ed. Chinchiná, Cenicafé, 1979. 209 p.
13. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. DIVISION DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS. *Economía Cafetera* 13(1):1-8. 1983.
14. FIGUEROA Z., R. y ARROYO V., R. Fuentes y formas de aplicación de fósforo a plantas de café en vivero. Perú, Ministerio de Agricultura. Servicio de Investigación y Promoción Agraria. División de Experimentación, 1963. 19 p. (Boletín no. 6).
15. FRANCO, C. M. et al. Manutenção de cafezal com adubação exclusivamente mineral. *Bragantia* 19(33):523-546. 1960.
16. GOMEZ, F. P. et al. Estudos sobre a alimentação do cafeeiro. XIV. Efeitos da adubação mineral e orgânica na produção e na composição das folhas. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"* 22:117-129. 1965.
17. GOMEZ L., J. A. Algunos factores por considerar en la selección de la fuente de P por su alta o baja solubilidad en agua. Bogotá, Abonos Colombianos S. A., 1977. p. 17 (Comunicación personal GC-DTA-091, agosto 18 de 1977).
18. HANDOG, A. S. Coffee and phosphorus. *Coffee and Cacao Journal* 7(5):96-97. 1964.
19. JONES, P. A. et al. Fertilizers, manure, and mulch in Kenya coffee growing. *The Empire Journal of Experimental Agriculture* 28(112):335-352. 1960.

20. LOPEZ A., M. Valoración de las formas de fósforo, orgánica e inorgánicas, de un suelo de la zona cafetera de Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 11(7):189-204. 1960.
21. MALAVOLTA, E. A adubação do cafeeiro no Brasil. *Boletim da Superintendencia dos Serviços do Café (Brasil)* 34(383):9-18. 1959.
22. MITCHELL, H. W. Agronomy. In: Tanganyika Coffee Board. Research Report 1965. Lyamungu, Coffee Research Station, 1968. pp. 13-14.
23. MORAES, F. R. P. de. Adubação do cafeeiro. Macronutrientes e adubação organica. In: Malavolta, E., coord. *Nutrição e Adubação do Cafeeiro*. 2a. ed. Piracicaba, S. P., (Brasil) Instituto da Potassa, 1982. p. 77-89.
24. MULLER, L. Nutrición mineral. II. Detección y control de deficiencias de elementos esenciales. *Materiales de Enseñanza de Café y Cacao (Costa Rica)* 81(11):97-109. 1958.
25. PARRA H., J. El valor fertilizante de la pulpa de café. *Cenicafé (Colombia)* 10(9):441-460. 1959.
26. PEREZ S., V. M. Prueba para determinar el aprovechamiento por plantas de café de dos fuentes de fósforo. *Revista Cafetalera (Guatemala)* 1(5):25. 1962.
27. PEREZ, V. et al. Nutrición del cafeto en Costa Rica. Informe de progreso de 5 años de investigación. San José, C. R., Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1963. 25 p. (Boletín Técnico no. 43).
28. RODRIGUEZ, S. J. et al. Yield response of the Puerto Rico and Columbian coffee cultivars in two Latosols of Puerto Rico, as affected by different levels of nitrogen, phosphorus, potassium and lime. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 48(3):255-262. 1964.
29. SNOECK, J. et DUCEAU, P. Essais d'engrais minéraux sur *Coffea canephora* en Cote D'Ivoire: Production et Rentabilité. *Café Cacao Thé (France)* 22(4):285-302. 1978.
30. TISDALE, S. L and NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers. 3a. ed. New York, Macmillan Publishing Co., 1975. p. 66-104.
31. URIBE H., A. y MESTRE M., A. Efecto del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre la producción de café. *Cenicafé (Colombia)* 27(4):158-173. 1976.
32. VALENCIA A., G. El paloteo del cafeto. *Avances Técnicos No. 82*. *Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia*. 1978. 2 p.
33. VAZ, J. T. Aspectos de fertilização do cafeeiro em Angola. Luanda. Instituto do Café de Angola, 1965. 41 p.