

Fertilización fosfórica durante el establecimiento y primer ciclo productivo de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner en un suelo Pardo Gleyzoso sin carbonatos¹

Rolando Viñals-Núñez*, Carlos Alberto Bustamante-González**, Rogelio Ramos-Hernandez* y Alberto Pérez-Díaz***.

Resumen

Con el objetivo de determinar la influencia que sobre el crecimiento y la producción tiene el empleo de diferentes dosis de fertilizante fosfórico en nuevas plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner se desarrolló este trabajo en el Área de Investigaciones Científico-Técnicas de La Alcarraza, Sagua de Tánamo, perteneciente a la Unidad Científico-Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Velasco, Holguín. Los cafetos fueron plantados a una distancia de 2 m x 3 m sobre un suelo Pardo Gleyzoso sin carbonatos ubicado a 300 msnm y dispuestos en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Se utilizaron cuatro niveles de P_2O_5 que constituyeron los tratamientos, y se empleó como portador fosfórico el superfosfato triple. Se evaluó la altura y el diámetro de la copa a los cafetos y se controló la producción durante cuatro cosechas. A los datos obtenidos se les realizó análisis de varianza de clasificación doble y la prueba de rangos múltiples de Duncan en los casos necesarios. La respuesta a la fertilización fosfórica estuvo en el orden de los 20 kg • ha⁻¹ • año⁻¹ para los primeros tres años de plantado el cafeto. Las recomendaciones en función del rendimiento sugieren dosis de 40 kg • ha⁻¹ para obtener 1,14 t café oro • ha⁻¹, mientras que para rendimientos de 2,45 t café oro • ha⁻¹ es necesaria la utilización de 120 kg • ha⁻¹, con lo que quedan cubiertas las necesidades de P_2O_5 para el período.

Palabras clave: fertilización, *canephora*, fósforo, rendimiento.

Abstract

With the objective of determining the influence that it has more than enough growth and the production has the different dose of phosphoric fertilizer use in new plantations of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner this work was developed in the Investigations Scientist Technique Area of The Alcarraza, Sagua de Tánamo, belonging to the Scientific Technological Unit of Base Estación Experimental Agro-Forestal Velasco, Holguín. The coffees were planted at a distance of 2 m x 3 m on a Brown Gleyed soil without carbonates located at 300 msnm and prepared at randomized blocks design with four replicates. Four levels of P_2O_5 were used that constituted the treatments, and as phosphoric payee the triple superphosphate was used. Were evaluated the height and the diameter from the coffees top and the production was controlled during four crops. To the obtained data were carried out analysis of variance of double classification and the test of multiple ranges of Duncan in the necessary cases. The answer to the phosphoric fertilization was in the order of the 20 kg • ha⁻¹ • año⁻¹ for the first three years of having planted the coffee. The recommendations in function of the yield suggest dose of 40 kg • ha⁻¹ to obtain 1.14 t coffee berry • ha⁻¹, while it stops yields of 2.45 t coffee berry • ha⁻¹ it is necessary the use of 120 kg • ha⁻¹ with what are covered the necessities of P_2O_5 for the period.

Key words: fertilization, *canephora*, phosphorus, yield.

¹ Recibido: 5/03/2015

Aprobado: 14/10/2015

* Estación Experimental Agro-Forestal Velasco, Holguín, Cuba

** Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba, nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

*** Universidad de Guantánamo, Guantánamo, Cuba.

Introducción

Dentro de los requerimientos de los cafetos, los nutricionales constituyen un elemento de los que con mayor frecuencia limitan la obtención de altos rendimientos en el cultivo y, dentro de estos, singular importancia presenta la utilización de los fertilizantes fosfatados, ya que es conocida la poca respuesta del cafeto al fósforo, por lo que constituye un aspecto importante a tener en cuenta con el objetivo de aplicar una fertilización científica con criterios económicos para este cultivo en las condiciones de Cuba (Bustamante y col., 1989).

Las especies cultivadas difieren en su habilidad de adquirir el P de los diferentes suelos, atribuido a un rango de factores que incluyen las diferencias en la morfología de la raíz y la densidad de los pelos radiculares, la simbiosis que forman con los hongos micorrízicos vesículo arbusculares, el régimen de pH de la rizosfera y en la cantidad y tipos de exudados de la raíz (Marschner, 1986 y Hocking *et al.*, 1997, citados por Dang *et al.*, 2010). Los efectos ecológicos y las consecuencias de la limitación pueden variar, según el elemento en cuestión, debido fundamentalmente a las diferencias en la movilidad en el suelo, disponibilidad, captación, y los usos celulares (Lambers *et al.*, 2008).

El P es un macronutriente crítico para el desarrollo de las plantas que actúa en varias funciones celulares básicas (por ejemplo en la biosíntesis de trifosfato de adenosina), en la activación de intermedios metabólicos y como elemento estructural en el ácido nucleico y los fosfolípidos (Bucher, 2006). Sin embargo, el crecimiento de la planta normalmente es limitado debido a la pobre disponibilidad y su baja movilidad en el suelo. Así, la deficiencia de P representa una preocupación significativa a nivel global para la producción agrícola (Chen, Condrón y Xu, 2008).

Aunque la mayoría de los suelos en el mundo contiene una cantidad significativa de P, alrededor de 200-3,000 mg P • kg de suelo (Richardson *et al.*, 2005), solo una pequeña proporción de este (generalmente menos del 1 %) es inmediatamente disponible para las plantas debido a su comportamiento físico-químico y la interacción con la interface mineral del suelo (Stewart y Tiessen, 1987, citados por Alisson *et al.*, 2011).

En el cafeto la respuesta a la fertilización fosfórica es poco frecuente por poseer un mecanismo de absorción eficiente (Carvajal, 1984); relacionado con

esto expresa que aplicaciones anteriores hacen más difícil que aparezca una respuesta positiva posterior, criterio que se refuerza con el hecho de ser un cultivo micótrofo obligatorio (Fernández, 1999), lo cual incrementa su capacidad de absorción de nutrientes y en especial del fósforo.

En la mayoría de los países donde se cultiva el cafeto no se ha encontrado efecto a la fertilización fosfórica, aunque Mathew (1995) informa una ligera respuesta y Njoroge y Mivakha (1995) significativos incrementos en la producción con la aplicación de dosis crecientes de fósforo.

En Cuba se ha encontrado una intensa respuesta en suelos Ferríticos, de muy baja fertilidad y bajo contenido de fósforo disponible, en contraposición a la respuesta moderada o nula en los Ferralíticos rojos lixiviados de montaña y Pardos (Bustamante y col., 1989; Rivera, 1993 y Bustamante y col., 2002), por lo que los resultados experimentales son contradictorios y varían en dependencia de los suelos y de sus características agroquímicas. El presente trabajo tiene como objetivo determinar las dosis de fertilizante fosfórico más adecuadas para el café Robusta cultivado en las condiciones de La Alcarraza, Sagua de Tánamo.

Materiales y métodos.

El experimento se desarrolló durante los años 1996-2002 en el sitio experimental La Alcarraza, situado a 300 msnm en el municipio de Sagua de Tánamo, provincia de Holguín. Se utilizó una plantación de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner plantada en diciembre de 1996 a 3 m x 2 m sobre un suelo Pardo Gleyzoso sin carbonatos (Hernández y col., 1999), con un pH (H₂O) de 4,16, caracterizado por una fertilidad aceptable para el cultivo en los primeros 30 cm de profundidad con contenidos adecuados de materia orgánica (3,26 %) y de fósforo y potasio asimilables (9,72 y 20,52 mg • 100 g⁻¹ suelo), predominio del calcio en el complejo de absorción (21,4 cmol • kg⁻¹ suelo), altos contenidos de magnesio (13,3 cmol • kg⁻¹ suelo) y contenidos de medios a altos de K intercambiable (0,21 cmol • kg⁻¹ suelo).

Durante el período experimental la precipitación media de los seis años de estudio fue de 1636,6 mm en 115,5 días de lluvias. El sistema de fertilización empleado se muestra en la tabla 1.

Tabla1. Sistema de fertilización mineral (kg P₂O₅ • ha⁻¹)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
P ₀	0	0	0	0	0	0
P ₁	20	20	20	60	60	60
P ₂	40	40	40	120	120	120
P ₃	60	60	60	180	180	180
N	90	135	150	300	300	300
K ₂ O ₅	50	100	160	200	200	200

Como portadores se utilizó la urea, el superfosfato triple y el cloruro de potasio con el siguiente fraccionamiento:

- N- 1er. año: 50 % (dos aplicaciones). 2do. año en adelante: 33 % (tres aplicaciones, en junio, agosto y octubre).
 P- Al momento de la plantación y luego 100 % en primavera.
 K- 1er. año y 2do. año: 50 % (dos aplicaciones). 3er. año en adelante: 60 % en primavera (mayo-junio) y 40 % septiembre-octubre.

Los fertilizantes se incorporaron a la banda de abonamiento y se cubrieron con los restos vegetales de la chapea. Las restantes labores culturales se realizaron según las Indicaciones para la siembra y cultivo del café Robusta (Cuba, 1989) acorde a los requerimientos de la especie.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y se realizó análisis de varianza de clasificación doble y prueba de rangos múltiples de Duncan.

La recomendación de la dosis óptima de fertilización se realizó según el modelo discontinuo rectilíneo descrito por Waugh *et al.* (1972) a partir de los rendimientos obtenidos en todos los tratamientos.

Se evaluó la longitud del tallo y el diámetro de la copa en marzo durante los primeros cuatro años de plantado el café, y se controló la cosecha en t • ha⁻¹ de café oro (1999 al 2002)

Resultados y discusión

La aplicación de fertilizante P mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) de los tratamientos con respecto al testigo en los cuatro años evaluados, pero no entre ellos al evaluar la altura de la planta, no encontrándose respuesta para el diámetro de la copa (Figs. 1 y 2).

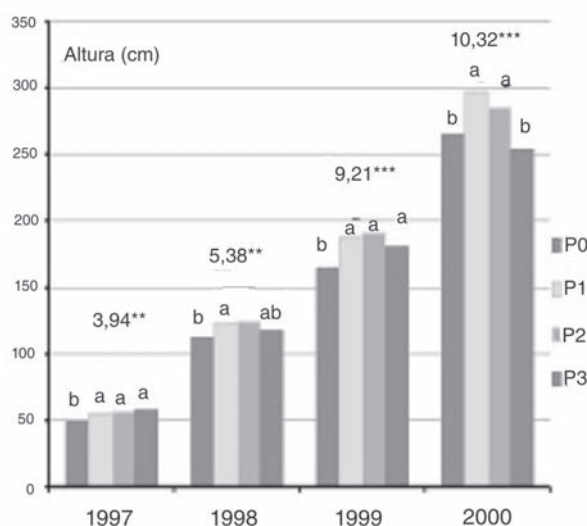


Fig. 1. Efecto de las dosis de fósforo sobre la altura de los cafetos (cm).

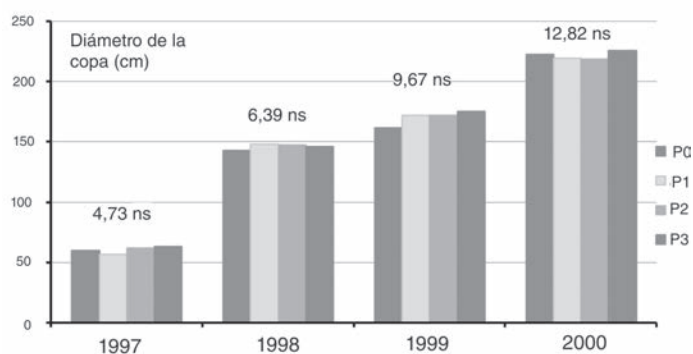


Fig. 2. Efecto de las dosis de fósforo sobre el diámetro de la copa de los cafetos (cm).

Este comportamiento para la primera variable analizada difiere de la ausencia de respuesta del Robusta a la fertilización con P encontrada en Costa de Marfil (Snoeck, 1981), lo que coincide con los resultados mostrados para el diámetro de la copa.

La respuesta al fertilizante fosfórico estuvo en el rango de los 20 kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ en los tres primeros años de establecimiento de la plantación. Bustamante y col. (2002) encontraron en la localidad de Tercer Frente que este efecto desaparece al segundo año de plantado el cafeto.

Oliveira *et al.* (1980) informaron de la ausencia de respuesta en la altura y la producción del Robusta a la fertilización fosfórica al estudiar niveles hasta 30 kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$. Geus (1987) considera que la mayor respuesta al fósforo se obtiene en el cafetal joven.

En cafetos de la especie arábico sobre suelo Ferrítico, Ochoa (2000) observó al añadir dosis crecientes de fertilizante mineral fosfórico que los cafetos respondieron positivamente e incrementan los índices de crecimientos

medidos, resultados coincidentes con los encontrados por González y col. (1985), quienes obtuvieron respuestas significativas en esta misma especie en suelos Pardos sin carbonatos, aunque con menor intensidad.

Los requerimientos encontrados en este trabajo son inferiores a las necesidades del *Coffea arabica* de similar edad (98 kg P_2O_5), según las recomendaciones del Logro Estatal: Perfeccionamiento de las dosificaciones de fertilizantes a aplicar en el café (Bustamante y col. 1990), lo que presupone un ahorro de este portador en la caficultura cubana.

Banchet *et al.* (1991) señalan que la actividad de los fertilizantes fosfóricos disminuye en los primeros meses de la aplicación, pero luego ocurre una estabilización del régimen fosfórico del suelo.

Los resultados productivos reflejan una respuesta significativa de la producción de café por efecto de la aplicación de dosis crecientes de superfosfato triple solo para la segunda y cuarta cosecha (Fig. 3).

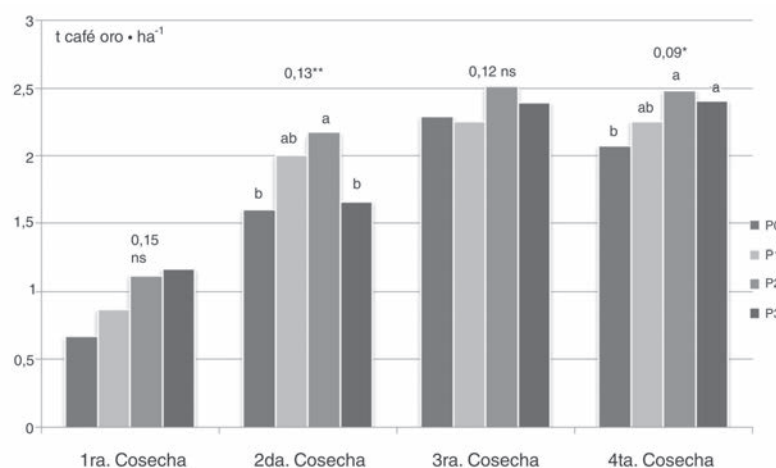


Fig. 3. Efecto de las dosis de P sobre el rendimiento de *Coffea canephora* P. (t café oro $\cdot ha^{-1}$).

En experimentos en un suelo Pardo sin carbonato, Bustamante y col. (1989) no encontraron respuesta del cafeto, en su fase inicial de fomento en producción, ante diferentes dosis de fósforo durante un período de cinco años debido a la alta disponibilidad de este elemento en estos suelos.

En la segunda cosecha los mejores tratamientos resultaron de la aplicación de 40 y 20 kg $\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 , sin diferencias este último del testigo y de la aplicación de 60 kg $\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 , en correspondencia con la respuesta a la altura evaluada en dicho año. Para la cuarta cosecha

el efecto de la aplicación de P_2O_5 no causó diferencias entre las dosis.

Resultados similares fueron reportados por Figueredo (1986), citado por Alvarado y Cajuste (1994), en los suelos cerrados del Brasil, los cuales poseen una fuerte capacidad de fijación de fósforo.

Snoeck y Snoeck (1992) informan de aplicaciones exitosas de 60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ para cafetos Robustas en producción. Similar dosis recomiendan Jayarama, Alwar y Naidu (1994) en la India para alcanzar 1 t de café oro $\cdot ha^{-1}$

Morales y col. (1983) encontraron respuesta significativa a dosis de 75 kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ durante la primera cosecha (3 t café $\cdot ha^{-1}$). En este trabajo la aplicación de dosis entre 20-60 kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ garantizaron en la primera cosecha una producción entre 3,46-4,47 t $\cdot ha^{-1}$ de café cereza (0,87-1,12 t café oro $\cdot ha^{-1}$), lo que supera los resultados de dicho autor.

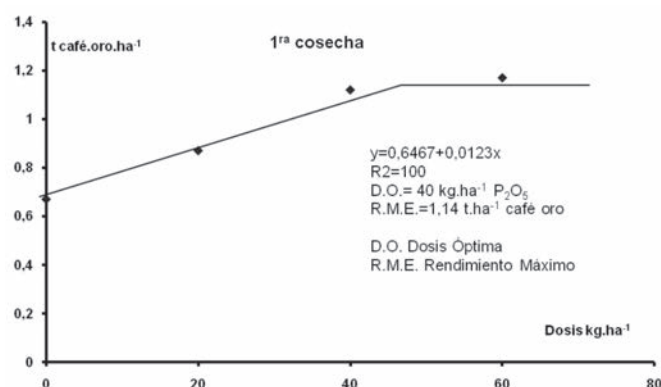


Fig. 4. Efecto de las dosis de fósforo sobre el rendimiento 1ra. cosecha de *Coffea canephora* P. (t café oro $\cdot ha^{-1}$).

De manera general los rendimientos del cafeto aumentaron en la medida en que se aplicaron dosis crecientes de fertilizante mineral fosfórico con rendimientos desde 0,87 t café oro $\cdot ha^{-1}$ hasta 2,51 t café oro $\cdot ha^{-1}$. Al finalizar el ciclo productivo los promedios de rendimientos se encontraron en el rango de 1,65-2,07 t café oro $\cdot ha^{-1}$ (Figs. 4, 5, 6 y 7).

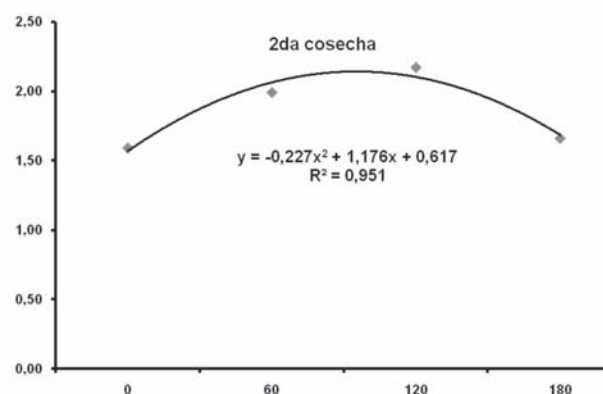


Fig. 5. Efecto de las dosis de fósforo sobre el rendimiento 2da. cosecha de *Coffea canephora* P. (t café oro $\cdot ha^{-1}$).

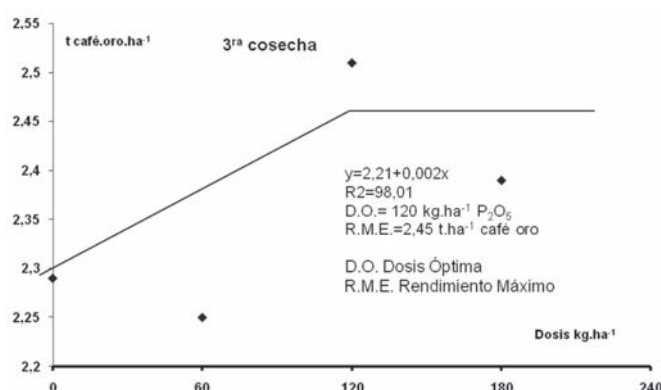


Fig. 6. Efecto de las dosis de fósforo sobre el rendimiento 3ra. cosecha de *Coffea canephora* P. (t café oro $\cdot ha^{-1}$).

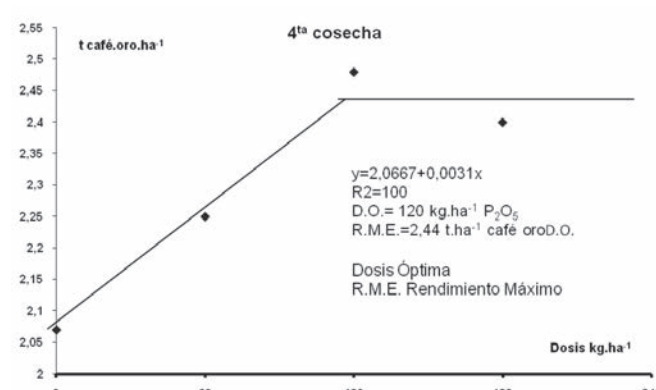


Fig. 7. Efecto de las dosis de fósforo sobre el rendimiento 4ta. cosecha de *Coffea canephora* P. (t café oro $\cdot ha^{-1}$).

El ajuste de las dosis, de acuerdo al modelo discontinuo rectilíneo, permite recomendar para el primer ciclo productivo de la plantación la aplicación de 40 kg $\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 para obtener rendimientos de hasta 1,14 t café oro $\cdot ha^{-1}$, mientras que para rendimientos de 2,45 t café oro $\cdot ha^{-1}$ es necesaria la utilización de 120 kg $\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 , con lo que quedan cubiertas las necesidades de P_2O_5 en este período.

Conclusiones

- En la fase de establecimiento de la plantación no se observó respuesta significativa a los niveles de fertilización fosfórica empleados para la variable diámetro de la copa, garantizando la dosis de 20 kg $\cdot ha^{-1}$ los requerimientos de P_2O_5 para los tres primeros años de plantado el cafeto en estas condiciones.

- La respuesta de las aplicaciones de fertilizantes minerales sobre el rendimiento arrojó diferencias significativas entre los tratamientos para la segunda y cuarta cosecha y el acumulado de las mismas. Las dosis recomendadas, en función del rendimiento, para satisfacer las necesidades del cultivo en la etapa productiva es de 40 kg • ha⁻¹ para obtener 1,14 t café oro • ha⁻¹ y 120 kg • ha⁻¹ para niveles de 2,45 t café oro • ha⁻¹.

Bibliografía

- Alisson da Silva Xavier, F.; Almeida, E. F.; Irene M. Cardoso e E. de Sa' Mendonça: Soil phosphorus distribution in sequentially extracted fractions in tropical coffee-agroecosystems in the Atlantic Forest biome, Southeastern Brazil. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 89:31–44, 2011.
- Alvarado, J. y L. Cajuste: Encalado y retención de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Turridba*, 43 (4): 235-241. 1994.
- Banchet, M. et al.: Viellissement di engrais phosphate dans le soil et conduite de la fertilisation. *Annales Agronomiques INRA*, 22 (6): 687-703. 1991.
- Bucher M.: Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytol.*, 173:11–26, 2006.
- Bustamante, C. y col.: Sistema de fertilización NPK para plantaciones de cafeto en producción (5000 plantas ha⁻¹). Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao (ECICC), Tercer Frente-Santiago de Cuba, 76 pp., 1989.
- Bustamante, C.; Maritza I. Rodríguez; Ochoa, M. y C. González: Perfeccionamiento de las dosificaciones de fertilizantes a aplicar en café. Centro de documentación - Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao (ECICC), Tercer Frente-Santiago de Cuba, 15 pp., 1990.
- Bustamante, C.; Maritza I. Rodríguez; Viñals, R. y A. Pérez: Sistema de fertilización mineral y biofertilización de *Coffea canephora* Pierre. ex Froehner cultivados en las condiciones de los macizos montañosos de la Sierra Maestra y Nipe-Sagua-Baracoa. En: *Informe final proyecto 00703.046*.-- Centro de documentación - Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao (ECICC), Tercer Frente-Santiago de Cuba, 91 pp., 2002.
- Carvajal, J. F.: *Cafeto. Cultivo y fertilización*-2a edic. Berna: Instituto Internacional de la Potasa, pp. 143-245. 1984.
- Chen, C. R.; Condron, L. M. and Z. X. Xu: Impacts of grassland afforestation with coniferous trees on soil phosphorus dynamics and associated microbial processes: a review. *Forest Ecol. Manag.*, 255: 396–409, 2008.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura: *Indicaciones para la siembra y cultivo del café Robusta*. – Ciudad de La Habana: DNCC, pp. 5-6, 1989.
- Dang T., Vu; Armstrong, Roger D.; Sale, Peter W. G. and Tang Caixian: Phosphorus availability for three crop species as a function of soil type and fertilizer history. *Plant Soil*, 337: 497–510, 2010.
- Fernández, F.: "Efecto del uso de las asociaciones micorrísicas arbusculares en diferentes sustratos y algunas rizobacterias en la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica*.L.)" [inédito], tesis de candidatura, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) MES, La Habana, 1999.
- Geus De, J. G.: *Fertilizer guide for tropical and subtropical farming* 1ª ed Zurich Centre de Etude de L' Azote. 385-388, 1987.
- González, C.; Chala, S.; Almaguer, J y A. Diaz: Influencia de la fertilización NPK en la Producción de café. Resultado preliminar. En: *V Seminario Científico INCA. Resúmenes*. p.330. La Habana, 1985.
- Hernández, A. y col.: *Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*, AGROINFOR, Instituto de Suelo, MINAGRI, 64 pp. 1999.
- Jayarama; R. P.; Ananda Alwar and R. Naidu: Latest concept of fertilizer usage in coffee plantations with respect to Nitrogen, Phosphorus and Potassium. *Indian Coffee*, LVIII (9): 9- 12, 1994.
- Lambers, H.; Raven, J. A.; Shaver, G. R. and S. E. Smith: Plant nutrient - acquisition strategies change with soil age. *Trends Ecol. Evol.*, 23: 95-103, 2008.
- Mathew, P.: Response of coffeato soil phosphorus. *Hort. Abst.*, 56 (5): 202, 1995.
- Morales, D.; Sara Cortes; Rivera, R.; Relova, R. y F. Soto: Cafeto: algunas consideraciones sobre su cultivo intensivo. *Boletín de Reseñas, Café y Cacao*, 2: 28, 1983.
- Njoroge, M. and E Mivakha: Result of field experiments, Ruiru. L Long term effects of various cultural practices

- on *Coffea arabica* L. yield d quality in Kenya. *Kenya Coffee*, 60 (610): 545- 563, 1995.
- Ochoa, M.: "Nutrición y fertilización fosfórica del cafeto (*Coffea arabica* L.) cultivado sobre suelo Ferrítico Rojo oscuro" [inédito], tesis de candidatura,. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, 2000.
- Oliveira, J. A.; Matiello, J. B.; Pinheiro, M. R. e R. Santinato: Primeiras observações sobre adubação NPK em cafetos Conilon en el Estado Rio de Janeiro. Em: *8vo Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos.* - - Campos do Jordao: IBC, pp. 395-398, 1980.
- Richardson, A. E.; George, T. S.; Maarten, H. and R. J. Simpson: *Utilization of soil organic phosphorus by higher plants*. In: Turner BL, Frossard E, Baldwin DS (eds) *Organic phosphorus in the environment*, 1st edn. CABI Publishing, Cambridge, pp. 165–184, 2005.
- Rivera, R.: Crecimiento, nutrición y fertilización (NPK) del cafeto a plena exposición solar sobre suelo Ferráltico rojo. Principales resultados obtenidos por el INCA en el período 1973-1989. *Cultivos Tropicales*, 14(2-3): 5-36, 1993.
- Snoeck, J.: Facteurs du rendement par les apports d'azote chez le cafeier Robusta en Cote d'Ivoire. *Café Cacao Thé*, XXV (3): 173-180, 1981.
- Snoeck, D. et J. Snoeck: Programme informatisé pour la détermination des besoins en engrais minéraux pour les cafeiers arabica et robusta a partir des analyses du sol. *Café Cacao Thé*, 32 (3): 201-213, 1992.
- Waugh, D. L.; Cate, J R. R.B. y L. Nelson: Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelo y la respuesta a la fertilización. Boletín Técnico (7).En: *Proyecto Internacional de Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad del Suelo*. North Carolina State University, 106 pp., 1972.

