

EFFECTO DE DIFERENTES PORTADORES DE NITROGENO EN EL DESARROLLO DEL CAFETO Y EN LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS

German Valencia-Aristizábal *

Alvaro Gómez-Aristizábal **

Eduardo Bravo-Grijalba ***

INTRODUCCION

A partir de 1958 se inició el cultivo de café sin sombrío en Colombia y cada año aumenta su área. En estas condiciones se exige una apreciable aplicación de fertilizantes, debido a una mayor demanda de nutrientes por la planta (23).

El nitrógeno es uno de los nutrientes que más necesita el cultivo de café para su buen desarrollo y para la producción de cosechas abundantes. En ensayos realizados por Cenicafé en 6 localidades diferentes, hubo respuesta del cafeto a las aplicaciones de nitrógeno en todos los sitios estudiados, aún en suelo con contenidos de materia orgánica mayores del 10 0/o (15, 23).

Por las condiciones de alta pluviosidad de la zona cafetera, se provoca pérdida de nitratos principalmente y con frecuencia hay necesidad de efectuar aplicaciones adicionales de nitrógeno.

El nitrógeno se aplica al suelo principalmente en forma de úrea, sulfato de amonio, nitrato de amonio o como fertilizante completo.

- * Jefe de la Sección de Fitofisiología del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.
- ** Jefe de la Sección de Conservación de Suelos y Jefe encargado de la Sección de Química Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.
- *** Asistente Fertilidad de Suelos de la Sección de Química Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

Los fertilizantes portadores de nitrógeno ejercen un considerable efecto, tanto en el pH del suelo como en la pérdida de cationes por desplazamiento (5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 22). El ión sulfato tiene mayor poder acidificante que el ión nitrato y que la úrea (6, 7, 9, 14, 17, 22).

Espinosa (8), encontró en el Salvador en cultivos de café, aumentos de acidez del suelo con la adición de 453 g de fertilizante por planta por año, de la fórmula 10-5-10 a base de sulfato de amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio; la acidez se incrementó con dosis mayores. Posteriormente (9) comparó el efecto de la fertilización con sulfato de amonio, nitrato de amonio, nitrato de sodio y úrea sobre el pH del suelo y la producción de café durante 7 años. Observó que la producción de café fué mayor cuando se aplicó sulfato de amonio, y menor con la aplicación de nitrato de sodio que fué perjudicial para el cafeto. Se observó además, que el efecto sobre la acidificación del suelo era mayor con sulfatos, luego con nitratos y úrea; el nitrato de sodio elevó el pH.

Estos mismos efectos sobre el pH del suelo los encontraron varios investigadores del ICA, en Colombia, al estudiar la influencia de fuentes y dosis de N (6, 7, 14, 22).

En Cenicafé, López (13) observó cambios químicos en suelos de cenizas volcánicas con aplicaciones masivas de fertilizantes; el ión amonio mostró un alto poder de desplazamiento de los cationes Ca, Mg y K, aunque se presentaron pocos cambios de pH debido a la alta capacidad Buffer de la mayoría de los suelos cafeteros de Colombia.

Lotero y colaboradores (7, 14, 22), en varios trabajos realizados en un suelo aluvial franco arenoso, con fuentes y dosis de nitrógeno, registraron reducciones drásticas de pH con dosis altas de N, y un desplazamiento significativo de Ca y Mg intercambiables con el uso de las fuentes de reacción ácida. Los cambios en los niveles de P y K del suelo no fueron significativos; el aumento en la dosis de N incrementó el Al intercambiable en forma significativa. Los porcentajes de N total y de M.O. y la C.I.C. no variaron. Encontraron que las aplicaciones fraccionadas de N, causaron menos cambios en las propiedades químicas y en la fertilidad de los suelos, que las aplicaciones totales.

Pearson et al (20), encontraron que las aplicaciones continuas de fertilizantes nitrogenados favorecían el lavado del potasio.

Varios investigadores (16, 22), observaron que con éstos mismos fertilizantes se favorecía la concentración de compuestos tóxicos de Al, Fe y Mn. Comentan que la toxicidad de estos elementos se puede prevenir con el enclamiento y con el uso de fuentes nitrogenadas no acidificantes, para tratar de mantener el pH del suelo.

Los suelos óptimos para el cultivo del cafeto tienen un pH cercano a 5,5; muchos de ellos contienen aluminio intercambiable mayor de 0,5 me/100 g de suelo (2). El valor del Al se puede incrementar con el uso reiterado y excesivo de fertilizantes de reacción

ácida, que además pueden desviar el pH del suelo hacia valores más ácidos, introducen cambios en la fertilidad del suelo y afectan la nutrición de las plantas repercutiendo en su producción (6, 8, 9, 16, 20, 24).

Los objetivos del presente trabajo fueron observar el efecto de portadores de nitrógeno en el desarrollo y nutrición del cafeto y determinar los cambios ocurridos en la fertilidad de suelos cafeteros provenientes de arcillas y de cenizas volcánicas

MATERIALES Y METODOS

En macetas de 25 litros de capacidad y 4 plantas por recipiente, se aplicó durante 3 años una dosis de 42 g de nitrógeno por planta/año (168 g de N por maceta/año), suministrado como sulfato de amonio, nitrato de amonio, fertilizante completo de la fórmula 12-12-17-2 y úrea más calfos; este último en dosis equivalente a 2 toneladas por hectárea/año. Las macetas se colocaron al ambiente y recibieron, en promedio, 2.500 mm de precipitación por año.

El estudio se hizo en 4 suelos cafeteros con pH de 4,8 a 5,5. Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento.

Los suelos se tomaron en 4 localidades; dos de ellos, (Naranjal y Fundación Manuel Mejía), originados de cenizas volcánicas andesíticas del Pleistoceno, de carácter ácido, con alto contenido de materia orgánica, bajo a medio en bases intercambiables, alta fijación de fósforo, textura franco arenosa a franca y alta profundidad efectiva.

Los otros dos suelos (Piamonte y el Rosario) provienen de rocas sedimentarias, especialmente areniscas y arcillas, del piso superior del terciario carbonífero del departamento de Antioquia. Son ácidos, con alto contenido de materia orgánica, contenido medio de bases intercambiables, medio a alto en fósforo soluble, altos contenidos de Fe y Mn y textura arcillosa plástica.

Después de 2 años de aplicación de los tratamientos, se sembraron las plántulas de café variedad Caturra, que sirvieron como indicadoras del efecto de los portadores de nitrógeno en el desarrollo y la nutrición.

Al cabo de 3 años de aplicación de los fertilizantes, cuando las plantas de café tenían un año de edad, se midió la altura de ésta, así como su peso fresco; se hicieron muestreos de hojas para análisis de nutrientes, y de suelos para análisis químico completo y para observar los cambios en la fertilidad.

En las hojas se analizaron los contenidos de Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn y Al por el método

de absorción atómica. En los suelos, la textura se determinó por el método de Bouyoucos con el dispersante pirofosfato de sodio; el pH por el método potenciométrico en agua relación 1:1; la materia orgánica por el método de Walkley y Black; el nitrógeno total por Kjeldahl; el fósforo soluble por Bray I; el aluminio intercambiable por el método de Yuan con 5 minutos de extracción con KCl 1N; Fe, Mn y Zn mediante extracción con EDTA y determinación por absorción atómica; Ca, Mg y K se determinaron por absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSION

CAMBIOS PRODUCIDOS EN EL SUELO

Los cambios químicos provocados en los suelos se presentan en la tabla 1. Al comparar el testigo con los demás tratamientos, se observó un cambio drástico en las condiciones químicas y de fertilidad en los suelos. El pH disminuyó en más de una unidad en todos los suelos, siendo mayor el cambio con el sulfato que con el nitrato, y éste mayor que con el fertilizante completo. Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por varios investigadores al ensayar portadores de nitrógeno de reacción ácida (6, 7, 8, 9, 14, 22).

Collings (5), comenta que la aplicación de sulfato de amonio al suelo da lugar a un aumento de la acidez; esto se debe, en parte, al hecho de que algunos de los iones amonio son absorbidos por las plantas y el exceso de iones sulfato forma ácido sulfúrico en el suelo, y también porque algunos de los iones de amonio desplazan las bases y otros se convierten en ácido nítrico, que a su vez neutraliza parcialmente el Ca del suelo.

La aplicación de úrea más calfos conservó el pH en el suelo de cenizas volcánicas de Naranjal y lo elevó ligeramente en los otros suelos. Esto se debió al efecto neutralizador de la cal del calfos.

El Al intercambiable se incrementó significativamente con la aplicación de los sulfatos y de los nitratos, siendo mayor con el sulfato, lo que está de acuerdo con los resultados encontrados por Lotero y colaboradores en otros suelos (14, 22).

El fertilizante 12-12-17-2 aumentó ligeramente el aluminio intercambiable ya que es un fertilizante con portadores de N y K de reacción ácida con un 25 % de KCl de reacción neutra, 2 % de Mg y el P en forma de superfosfato, el cual aporta Ca contrarrestando en parte la acción acidificante.

El incremento del Al intercambiable en el suelo se debió al aumento de su acidez

TABLA 1.- CAMBIOS QUIMICOS PRODUCIDOS EN TRES AÑOS POR APLICACIONES MASIVAS Y REPETIDAS DE DISTINTAS FUENTES DE NITROGENO EN CUATRO SUELOS CAFETEROS DE COLOMBIA. CENICAFE 1975.

Suelo	Tratamiento	pH	Al m. e.	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	Ca m. e.	Mg m. e.	K m. e.	M.O. 0/o	P ppm	N 0/o
Franco Naranjal (C. Volcánica)	Testigo	5,5	0,2	171	4,7	16	5,6	1,2	1,2	7,8	1,6	0,396
	Urea + Calfos	5,5	0,05	175	2,9	34	16,7	0,5	0,06	8,2	127,1	0,400
	12-12-17-2	4,5	1,3	318	13,6	31	3,5	0,7	0,80	8,0	297	0,411
	Sulf. Amonio	3,7	4,6	365	3,3	12	0,5	0,1	0,04	7,8	0,0	0,406
	Nitrato de Amonio	3,9	2,0	300	3,8	18	0,6	0,2	0,04	8,2	0,8	0,417
Franco arenoso Fundación Manuel Mejía (C. Volcánica)	Testigo	4,8	1,9	205	2,6	7,0	0,5	0,2	0,04	11,2	1,9	0,414
	Urea + Calfos	5,5	0,05	170	3,7	41	19,7	0,7	0,07	10,5	127,1	0,499
	12-12-17-2	4,2	1,4	305	11,7	28	3,7	0,9	1,00	11,6	296,6	0,490
	Sulf. Amonio	3,6	6,9	440	1,5	7,0	0,5	0,1	0,03	11,2	3,1	0,473
	Nitrato de Amonio	3,7	3,5	315	2,3	9,0	0,4	0,1	0,03	11,6	3,5	0,506
Arcilloso Rosario (Arcillolita)	Testigo	5,2	5,2	238	5,0	29	4,0	1,0	0,13	10,7	11,2	0,480
	Urea + Calfos	5,5	0,1	200	5,3	99	28,0	1,1	0,15	10,5	211,9	0,468
	12-12-17-2	3,9	7,1	470	15,1	73	3,3	1,0	2,6	10,5	360,2	0,423
	Sulf. Amonio	3,5	13,2	636	3,1	61	0,4	0,1	0,10	11,9	17,4	0,500
	Nitrato de Amonio	3,8	9,7	453	3,2	51	0,4	0,1	0,07	11,4	19,4	0,517
Arcilloso Piamonte (Arcillolita)	Testigo	5,0	6,6	305	2,6	80	2,4	0,8	0,18	5,4	30,2	0,249
	Urea + Calfos	5,5	0,05	310	2,5	93	26,0	0,9	0,16	5,0	360,2	0,226
	12-12-17-2	4,0	3,7	781	11,6	83	3,4	1,0	2,7	5,6	483,7	0,248
	Sulf. Amonio	3,5	9,5	1076	2,1	69	0,7	0,2	0,11	5,3	24,8	0,281
	Nitrato de Amonio	3,2	9,8	729	1,7	60	0,5	0,3	0,12	6,0	27,9	0,276

ocasionada por los radicales sulfato y nitrato, lo cual corrobora que el aluminio intercambiable del suelo está estrechamente relacionado con la acidez del mismo (2, 4, 11, 12, 18).

La aplicación de úrea más calfos redujo el Al intercambiable en todos los suelos, a niveles menores de 0,1 me/100g de suelo, debido al efecto neutralizante de la cal presente en el calfos.

El Fe se incrementó significativamente con la acidez del suelo, siendo mayor en los tratamientos con sulfato de amonio. Con el tratamiento úrea más calfos, la concentración de Fe soluble disminuyó ligeramente. El efecto de los portadores de N acidificantes en la concentración de Fe del suelo, está de acuerdo con lo encontrado por Ramírez y Lotero (22).

El Zn en el suelo permaneció sensiblemente igual, excepto en el tratamiento con el fertilizante completo que se incrementó, posiblemente por la aportación de este elemento como micronutriente.

El Mn permaneció sin variación, pero el grado de acidez de los suelos lo hace altamente soluble, afectando la absorción, transporte y función del Fe en la planta. El Mn oxida al hierro convirtiéndolo en una forma bioquímica inactiva (1, 10, 18), de ahí que se haya observado, en forma generalizada, una deficiencia de hierro en los cafetos.

Las bases Ca, Mg y K disminuyeron en igual grado con el sulfato y el nitrato de amonio y aumentaron con los tratamientos de úrea más calfos y 12-12-17-2. Lo primero confirmó el efecto desplazante de los radicales amonio (13, 14, 22).

El aumento de las bases, con las aplicaciones de úrea más calfos y con el fertilizante completo (12-12-17-2), se debe a las bases que aportan estos fertilizantes. La disminución de las bases y el incremento del Al intercambiable en los suelos, debido a las aplicaciones del sulfato y nitrato de amonio, fué perjudicial para el desarrollo de las plantas, su crecimiento y el peso fresco (tabla 2). También se presentó en los cafetos una fuerte deficiencia de magnesio.

El nitrógeno total y la materia orgánica permanecieron sensiblemente iguales en todos los tratamientos. Lotero y colaboradores (14, 22), encontraron iguales resultados en trabajos similares.

El fósforo se incrementó con las aplicaciones de úrea más calfos, y 12-12-17-2 en forma significativa, ya que éstos son portadores de este elemento.

EFFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CAFETO

Los registros de altura de la planta y peso fresco de la parte aérea, así como los contenidos foliares de Fe, Mn, Zn, Al, Ca, Mg y K se presentan en la tabla 2, en la cual puede

observarse cómo con úrea más calfos se obtiene un buen desarrollo de la planta en todos los suelos con excepción del de pH 5,5 y cómo el desarrollo más pobre, con diferencias altamente significativas, se obtuvo en todos los suelos cuando se usó sulfato de amonio, posiblemente por la disminución drástica de las bases de cambio, aumento del aluminio intercambiable del suelo (tabla 1), e incremento de la solubilidad del manganeso por la acidez.

El aporte de fósforo con calfos ó con 12-12-17-2, favorece el desarrollo del cafeto mientras no se sobrepase el nivel de unas 360 partes por millón de este elemento en el suelo (Rosario y Piamonte).

Los contenidos de Ca, Mg y K en las hojas, reflejan muy bien los cambios por desplazamientos de bases provocados en el suelo por los portadores acidificantes.

Según los contenidos de manganeso en el suelo que reporta Peralta (21), de 6,5 a 11,0 ppm, los suelos cafeteros colombianos pueden considerarse ricos en ese elemento con 25 a 75 ppm en promedio.

El Mn en la planta (tabla 2) parece haber aumentado con el mayor contenido de Mn en el suelo (tabla 1) y si los suelos cafeteros colombianos, como ya se anotó, son ricos en manganeso, es posible que en Piamonte y en Rosario se pueda llegar fácilmente a una toxicidad de manganeso en el cafeto, pues Peralta (21) en el caso del café "macho" (toxicidad de manganeso) encontró niveles foliares del orden de 804 ppm y en el trabajo de Cenicafé se encontraron niveles de este orden y superiores. Por su parte, Catani (3) refiere niveles foliares de 67-97 ppm para muestras de hojas de cafetos de 10 años de edad.

Estos niveles altos de Mn foliar pueden además, de acuerdo con Baeyens (1) impedir la reducción del hierro férrico a ferroso (forma fisiológicamente activa), razón por la cual fué muy generalizada la sintomatología de la deficiencia del hierro en las hojas de las plantas.

El zinc en las hojas no tuvo variación alguna y los niveles encontrados coinciden con los valores de 15 a 21 ppm que Catani (3) reporta para cafetos de 10 años de edad. Los valores de Al foliar encontrados en los suelos más ricos en fósforo (Rosario y Piamonte) tratados con sulfato, nitrato y 12-12-17-2 (tabla 2), son inferiores a los que Catani (3) da para café sin problemas de toxicidad de este elemento.

El Fe en la planta no tuvo variaciones atribuibles a los tratamientos, aunque algunos de éstos provocaron en el suelo un aumento del Fe soluble.

Finalmente, con la fertilización continua y reiterada en suelos ácidos con portadores de reacción ácida, la posibilidad de provocar daños por aluminio en los cafetales colombianos es remota, aparentemente, pues los máximos valores foliares obtenidos, son inferiores

a los niveles de 312 y 397 ppm reportados por Catani (3), pero es factible que se llegue con facilidad a una toxicidad de manganeso en cafetales de algunas zonas.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Con el fin de observar el efecto de diferentes portadores de nitrógeno en la nutrición del cafeto, se realizó un ensayo en el Centro Nacional de Investigaciones de Café con cuatro suelos cafeteros provenientes de arcillolitas y de cenizas volcánicas, con pH de 4,8 a 5,5. El ensayo se llevó a cabo en macetas de 25 litros de capacidad.

Los portadores utilizados fueron: sulfato de amonio, nitrato de amonio, fertilizante completo de fórmula 12-12-17-2, y úrea más calfos.

Al estudiarse los cambios ocurridos en 3 años en la fertilidad de estos suelos, se encontró una disminución de más de una unidad en el pH en todos los suelos y un incremento en el Fe en la relación $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > 12-12-17-2$. La aplicación de úrea más calfos elevó ligeramente el pH. El aluminio intercambiable se incrementó significativamente con sulfatos y nitratos, siendo mayor con el sulfato de amonio. El fertilizante completo aumentó ligeramente el aluminio intercambiable; la aplicación de úrea más calfos redujo el aluminio a niveles menores de 0,1 me/100 g de suelo.

Las bases (Ca, Mg, K) disminuyeron en igual grado con el sulfato y nitrato de amonio y aumentaron con los tratamientos de úrea más calfos y el completo. La disminución de las bases y el incremento del Al intercambiable con las aplicaciones de sulfato y de nitrato fué perjudicial para el desarrollo de las plantas en términos de crecimiento y de peso fresco.

En cafetos que crecieron en los suelos fertilizados con los portadores de nitrógeno ácidos se observaron deficiencias de hierro y magnesio.

El nitrógeno total, la materia orgánica y el manganeso permanecieron sensiblemente iguales con todos los tratamientos. El zinc se incrementó con el fertilizante completo.

El Fe y el Zn en la planta no mostraron variaciones apreciables con los tratamientos, pero el Mn y el Al en las hojas fueron más altos en las plantas de los suelos más ricos en Mn y en los de pH más ácido respectivamente.

El P en el suelo se incrementó significativamente con las aplicaciones de úrea más calfos y 12-12-17-2.

Con base en los resultados obtenidos, el uso de calfos debe restringirse a suelos con pH menores de 5,5. Por el peligro de la acidificación de los suelos y el desplazamiento de bases que conlleva el uso continuo de portadores de nitrógeno de reacción ácida, se debe considerar la adición de cal a los suelos, ya que de lo contrario se puede provocar toxicidad de Mn en los cafetos, especialmente cuando el suelo posee altos contenidos de Mn.

SUMMARY

Ammonium sulphate, ammonium nitrate, a 12-12-17-2 complete fertilizer, and urea plus basic slags were studied on the basis of their action on coffee plant nutrition and soil fertility.

The study was carried out on 25 liter pots filled with soil of shale and volcanic ashes, with a pH ranging from 4.8 to 5.5.

At the end three years there was a decrease of more than one pH unit and an increase in the iron content in the ratio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > 12-12-17-2$. The application of urea plus basic slags increased the pH slightly. Interchangeable aluminum was significantly augmented with sulphates and nitrates, the increment being larger with applications of ammonium sulphate. Basic slags plus urea applications reduced aluminum content to amounts less than 0.1 me/100 g. of soil.

The bases, (Ca, Mg, K), decreased at the same degree with the applications of sulphate and ammonium nitrate and increased with the applications of urea plus basic slags and complete fertilizer. The decrease in the bases and the increment of interchangeable aluminum, as a consequence of nitrate and ammonium nitrate applications, was harmful for the development of the plants.

Coffee trees grown on soils fertilized with acid nitrogen carriers showed iron and magnesium deficiencies.

Total nitrogen, organic matter, and manganese remained sensibly equal in all treatments. Zinc content increased with applications of a complete fertilizer.

Iron and zinc content in the plant did not show major variations with the fertilizer treatments. Foliar Mn and Al were higher in the plants grown on soils rich in manganese and those of pH acid as in the case of aluminum.

Soil phosphorus significantly increased with applications of urea plus basic slags and 12-12-17-2 fertilizer.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BAEYENS, J. Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliquée aux plantes agricoles. Paris, Editions E. Nauwelaerts, 1967. 678 p.
- 2.- CARRILLO P., I. F. y GOMEZ A., A. Métodos de Yuan y espectrofotometría de absorción atómica para aluminio intercambiable en suelos cafeteros colombianos. Chinchiná, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1975. 11 p. (mecanografiado).
- 3.- CATANI, R. A. et al. A concentracao e a quantidade de micronutrientes e de aluminio no cafeiro, *Coffea arabica* L., variedade Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Anais 24:97-106. 1967.
- 4.- CERVANTES, O., LEON S., A. y MARIN M., G. Relaciones entre pH, aluminio y materia orgánica en algunos suelos de Colombia. Revista ICA (Colombia) 5(1):43-64. 1970.
- 5.- COLLINGS, G. H. Commercial fertilizers. 5th. ed. New York, McGraw, 1955. 617 p.
- 6.- CROWDER, L. V., MICHELIN P., A. y BASTIDAS R., A. Respuesta del pasto pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) a diferentes cantidades y frecuencias de aplicación de nitrógeno en Colombia. Agricultura Tropical (Colombia) 20(8):453-462. 1964.
- 7.- CHICA, J. y LOTERO C., J. Influencia de fuentes y dosis de nitrógeno en el pH de un suelo aluvial. Revista ICA (Colombia) 4(2):31-49. 1969.
- 8.- ESPINOSA, F. M. y TENORIO L., H. Efecto de la aplicación de un fertilizante acidificante y de cal, en el pH del suelo y en la producción del cafeto. El Café de El Salvador 32(366-367):181-193. 1962.
- 9.- ——— Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en la composición foliar y producción de cafetos jóvenes en un suelo latosol arcillorajizo. Revista Cafetalera (Guatemala) N° 95:13-17, 19-24. 1969.
- 10.- IYENGAR B., R. V. Manganese toxicity of coffee in India. Indian Coffee 35(8):316-318. 1971.
- 11.- KAMPRATH, E. J. Soil acidity and response to liming. North Carolina Agricultural Experiment Station Technical Bulletin N° 4. 1967. 18 p.
- 12.- LEON S., A. Teorías modernas sobre la naturaleza de la acidez del suelo. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 3(1):13. 1971.
- 13.- LOPEZ A., M. Cambios químicos provocados en el suelo Chinchiná franco-arenoso con la aplicación de distintas fuentes y dosis de fertilizantes. Cenicafé (Colombia) 16:55-76. 1965.
- 14.- LOTERO C., J. y MONSALVE, S. A. Efecto de fuentes y dosis de aplicación de nitrógeno en las propiedades químicas de un suelo. Revista ICA (Colombia) 5(3):199-220. 1970.
- 15.- MESTRE M., A. Estudios de correlación entre los niveles de fertilidad y la producción de café al sol en 6 localidades diferentes de la zona cafetera. Informe. Chinchiná, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1975. v. p.
- 16.- MORAES, F. R. P. de. Efeito de alguns fertilizantes nitrogenados sobre o pH de solo e a concentracao de alumínio e manganés nas folhas de cafeiros. In Congreso Brasileiro

sobre Pesquisas Cafeeiras, 2^o, Pocos de Caldas 10-14 de setembro de 1974. Resumos dos trabalhos apresentados. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1974. pp. 279-280.

- 17.- ——— et al. Fontes e doses de nitrogenio na adubacao mineral do cafeeiro. Latossolo roxo transicao para latossolo vermelho amarelo orto. In Congreso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras, 2^o, Pocos de Caldas 10-14 de setembro de 1974. Resumos dos trabalhos apresentados. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1974. p. 265.
- 18.- NUÑEZ E., R. y LAIRD J., R. Fertilidad de suelos. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1966. 211 p. (mimeografiado).
- 19.- PARKER, J. H. How fertilizer moves and reacts in the soil. *Crops and Soils* 25(2):7-11. 1972.
- 20.- PEARSON, R. W., ABRUÑA, F. and VICENTE-CHANDLER, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movement of calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. *Soil Science* 93(2):77-94. 1962.
- 21.- PERALTA, M. E. Análisis de algunos minerales en hojas de café con y sin afección de café "Macho". Tesis sin publicar. San José, Universidad Nacional de Costa Rica, 1952. 66 p.
- 22.- RAMIREZ P., A. y LOTERO C., J. Efecto de la dosis y frecuencia de aplicación de nitrógeno en la fertilidad y propiedades químicas del suelo. *Revista ICA (Colombia)* 4(4):227-254. 1969.
- 23.- VALENCIA A., G. El nitrógeno en la zona cafetera. *Suelos Ecuatoriales (Colombia)* 4(1): 267-276. 1972.
- 24.- WELCH, L. F. and SCOTT, A. D. Nitrification of fixed ammonium in clay minerals as affected by added potassium. *Soil Science* 90(2):79-85. 1960.