

0009

## CAMBIOS QUIMICOS EN EL SUELO OCASIONADOS POR ADICION DE MATERIA ORGANICA. SU VALOR RESIDUAL Y SU EFECTO SOBRE PLANTULAS DE CAFE HASTA UN AÑO DE EDAD

Mario LOPEZ ARANA\*

### INTRODUCCION

Es práctica común el empleo de la pulpa de café descompuesta en la fertilización de cafetales. En los últimos años se la ha venido utilizando, con muy buenos resultados, mezclada con tierra en proporciones entre 1:1 a 1:4, para llenar bolsas de polietileno de 2 kilogramos de capacidad, con el objeto de cultivar en ellas plántulas de café por 10 meses, edad que se considera adecuada para la siembra en el campo.

Bajo condiciones de invernadero, Parra (6) reporta aumentos de 190 y 254% en crecimiento de plántulas de café, por adiciones de 20 y 40 toneladas por hectárea de pulpa descompuesta a suelo de la serie Chinchiná. López y Calle (4), trabajando también en invernadero, utilizaron este mismo suelo mezclado en partes iguales con pulpa de café descompuesta y obtuvieron aumentos de 390% en crecimiento de maíz cosechadas a los 40 días de sembradas. Igualmente verificaron aumentos notables en nitrificación y bases individuales de cambio a los dos meses de aplicada la pulpa. Machado (5) comprobó su efecto sobre la cosecha de café, también en el mismo suelo, al abonar cafetos en producción con cantidades altas de pulpa

\* Jefe Sección Química de Suelos, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia.

descompuesta (5 galones o sea alrededor de 10kg/árbol)\* y obtener por cuatro años consecutivos, un aumento promedio en cosecha de 39%, sobre el tratamiento testigo.

En el mismo trabajo Machado informa como, al discontinuar estas aplicaciones, el aumento de cosecha sobre el testigo al año siguiente fue, únicamente, de un 3%, índice del bajo efecto residual de estas aplicaciones.

Los anteriores resultados indicaron la necesidad de conocer la velocidad de descomposición y el poder residual de la pulpa descompuesta aplicada directamente en el campo, o sea en condiciones naturales de ambiente. Complementariamente, se quiso conocer el efecto que tales aplicaciones tienen sobre el crecimiento, hasta un año de edad, de plántulas de café sembradas "in situ".

#### MATERIALES Y METODOS

Se utilizó pulpa de café proveniente de un "beneficio húmedo" a escala comercial. Se almacenaron 2m<sup>3</sup> de esta pulpa fresca, por tres meses, con suficiente humedad y aeración hasta que no se notó aumentos de temperatura. Se consideró, entonces, convenientemente descompuesta. Se secó al aire, se molió y tamizó a través de malla de 3 mm.

Estos 2m<sup>3</sup> de pulpa fresca dieron 50.5 kg de pulpa descompuesta seca al aire, y equivalen a una producción de 12.9 arrobos de café pergamino seco de trilla. Según esta proporción, se requiere una producción de 250 arrobos de "café pergamino seco de trilla" para obtener una tonelada de "pulpa descompuesta seca al aire".

**Cuadro No 1.** Composición química de una pulpa de café descompuesta seca al aire, proveniente de un "beneficio húmedo".

SiO <sub>2</sub>	2.2 %	Humedad a 105 °C	9.6 %
R203	1.3	Pérdida calcinación	83.7 %
CaO	1.82	Carbono	37.2 %
MgO	0.51	Nitrógeno	3.76 %
K <sub>2</sub> O	0.63	Relación C/N	10
S	0.17	Materia Orgánica	60.0 %
Cl	0.06	pH	6.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	P soluble 0 ppm (método Cenicafé)	
Mn	75 ppm	Boro 26 ppm	

\* Cinco galones de pulpa descompuesta ocupan 18.93 litros y pesan 9.7 kg., promedio de 5 replicaciones. Su humedad es de 70%, determinada a 105 °C. Seca al aire su humedad rebaja hasta 10%, lo que equivale a perder 67% o sea 2/3 de su peso por evaporación del agua superflua.

Con base en que la pulpa descompuesta y seca al aire tenga 1% de K<sub>2</sub>O, cinco galones de pulpa descompuesta en fosas poseen  $(9700/3 \times 0.01) = 32.3$  g de K<sub>2</sub>O. En términos de K<sub>2</sub>O, equivale a 160 g de un fertilizante de fórmula 10-5-20.

La composición química de esta pulpa descompuesta seca al aire, se compendia en el Cuadro N<sup>o</sup> 1. Una tonelada de este material, aplicado a un suelo como fertilizante, equivale a suministrar 37.2 kg de N, 1.2 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 6.3 kg de K<sub>2</sub>O. Suministra, además, 18.2 kg de CaO y 5.1 kg de MgO.

### *Tratamiento con pulpa de café descompuesta.*

Se sembraron chapolas de café, variedad caturra, de dos meses de edad, "in situ", en suelo de la serie Chinchiná cuya condición de fertilidad se discute a través de este trabajo. Las parcelas constaban de dos plántulas, distanciadas 50 cm, con doble borde de descarte el cual no fue abonado.

Se efectuaron dos sistemas de aplicación: a) aplicación superficial de pulpa y b) aplicación incorporada de pulpa a los primeros 10 cm, picando el suelo y revolviéndolo íntimamente con el material orgánico. Se aplicó dicho material dos días antes de sembrar las chapolas de café.

Los tratamientos para cada uno de los dos sistemas, superficial e incorporado, fueron de 0, 2, 4, 8 y 16 ton/Ha de pulpa descompuesta, dispuestos en bloques al azar, en cinco replicaciones.

La totalidad de las parcelas se cubrió con un umbráculo de guadua para obtener un 50% de sombra. A los tres meses de sembradas las chapolas, se "raleó" el sombrío para dejar un 25% de sombra. A los seis meses, se quitó totalmente la sombra.

Transcurrido un año, se tomaron medidas individuales de diámetro del tallo, altura de la planta y número de hojas. Se cosechó la totalidad de la parte aérea y se pesó cada cafeto, tanto en peso verde como en peso seco en estufa a 90°C. Estos datos se sometieron al análisis de varianza.

En terreno inmediato a estas parcelas se trazaron otras de 1 x 2 m, con separación de 1 metro entre ellas, en las cuales se llevaron, con dos replicados por tratamiento, los dos sistemas de aplicación de materia orgánica, aplicación superficial y aplicación incorporada a los primeros 10 cm de suelo. Los tratamientos, para los dos sistemas, fueron de 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 64 ton/Ha de pulpa descompuesta.

Quincenalmente se tomaron muestras de suelo con barreno tubular de los primeros 18 cm (entre 15 y 20 cm de profundidad) de cada una de las parcelas.

Se analizaron de inmediato los nitratos y en las muestras secas al aire se

determinaron materia orgánica, nitrógeno y carbono totales, pH, fósforo asimilable, calcio, magnesio y potasio intercambiables.

Las tomas de muestras y los análisis químicos respectivos se condujeron por 15 meses, para conocer la secuencia de cambios químicos en el suelo provocados por las aplicaciones de materia orgánica, a través de dicho tiempo.

## RESULTADOS

*Efecto de las aplicaciones de materia orgánica sobre el desarrollo de cafetos "in situ" hasta un año de edad.*

Las plantas de café tuvieron un crecimiento vigoroso y no hubo diferencia aparente entre tratamientos, ni entre éstos y los bordes de descarte. El Cuadro No 2 compendia, en cuatro subcuadros, los resultados obtenidos en crecimiento, número de hojas, grosor del tallo a 10 cm del suelo y peso seco de la parte aérea. En la parte baja de éstos, se resumen los resultados de los análisis de varianza, los cuales no indicaron tendencia alguna a aumentos en vigor de las plantas con la aplicación de materia orgánica.

La única explicación posible a esta falta de respuesta es la de que el suelo de la serie Chinchiná es autosuficiente para propiciar un crecimiento vigoroso de la planta de café hasta un año de edad, y de que la pulpa de café no aporta a este suelo elementos químicos esenciales para aumentar el crecimiento de los cafetos pequeños, ni mejora en forma sustancial las condiciones físicas del suelo, de suyo buenas.

En efecto el suelo Chinchiná es un franco arenoso de estructura granular. Un experimento anterior para mejorar aún más su estructura a base de Krilium no dió resultados por la razón de que el suelo tiene excelentes condiciones físicas

La aplicación de materia orgánica aporta nutrientes como N, Ca y Mg a un suelo que tiene en sus primeros 18 cm de capa vegetal 0.7% de N, 1.0 me/100 g de Ca y 0.6 me/100 de Mg, suficientes para abastecer las exigencias de plántulas pequeñas de café. Y que tiene 0.2 me/100 g de K, que aunque se debe considerar insuficiente para abastecer la planta de café en producción, muy exigente en potasio, es suficiente para alimentar la plántula de café en su primera etapa de desarrollo.

Y la pulpa de café suministra cantidades bajas de fósforo, único elemento realmente necesario para motivar mayores crecimientos de cafetos pequeños sembrados "in situ", en esta clase de suelo (3)

**Cuadro No 2.** Efecto de la aplicación de pulpa descompuesta sobre cafetos hasta de un año de edad. (Los datos corresponden a la suma de dos plantas por cada parcela).

Tratamiento Ton/Ha de M. O.	Sistema de aplicación			Sistema de aplicación		
	Sup.	Inc.	Promedios	Sup.	Inc.	Promedios
	2a. Número de Hojas			2b. Altura en Centímetros		
0	441.4	398.6	420.0	144.2	133.4	138.8
2	419.6	441.5	430.6	130.6	141.2	135.9
4	414.0	411.0	412.5	139.6	135.2	137.4
8	439.8	437.4	438.9	140.6	137.4	139.0
16	420.8	482.0	451.4	142.0	149.0	145.5
	427.1	434.1		139.4	139.2	
	72.27					15.94
	45.71	D.M.S.	(Entre tratamientos)			10.05
	102.18	p:0.01	( „ sistemas )			22.53
			( „ sist. o trat. )			
	2c. Diámetro en Milímetros			2d. Peso Seco en Gramos		
0	36.1	34.1	35.1	341.2	291.0	316.1
2	33.6	36.1	34.9	310.0	362.6	336.3
4	34.5	32.2	33.4	327.4	294.6	311.0
8	34.6	35.3	35.0	341.4	337.8	339.6
16	34.1	35.8	35.0	334.0	368.6	351.3
	34.6	34.7		330.8	330.9	
	3.70					90.38
	2.34	D.M.S.	(Entre tratamientos)			56.06
	5.23	p:0.01	( „ sistemas )			127.83
			( „ sist. o trat. )			

*Efectos de las aplicaciones de materia orgánica, sobre las condiciones químicas del suelo.*

Los efectos de las aplicaciones de materia orgánica sobre las condiciones químicas naturales del suelo se estimaron por análisis químicos que se verificaron sobre muestras tomadas cada quince días, con un barreno tubular hasta 18 cm de profundidad, en cada parcela individual.

Los muestreos se llevaron por un lapso de 15 meses, tiempo que se consideró suficiente al efectuar un estimado de los datos que se iban allegando.

Inicialmente hubo un efecto acumulativo en los distintos niveles de pulpa empleados (0, 2, 4, 8, 16, 32 y 64, ton/Ha). El efecto más notorio se consiguió con la mayor aplicación, y, en forma escalonada, con las aplicaciones inmediatamente inferiores. Para efecto de mayor claridad en la discusión de resultados se toman únicamente los análisis correspondientes a la aplicación de 64 ton/Ha.

**Cuadro No 3.** Carbono, nitrógeno y materia orgánica totales, nitratos, fósforo asimilable, pH y calcio, magnesio y potasio intercambiables, en la pulpa descompuesta, en el suelo testigo y en el suelo adicionado con 64 ton/Ha de pulpa; muestras tomadas en el transcurso del experimento.

Suelo más	% C	% N	% C/N	% M.O.	-ppm- N03 P	pH	- me/100g - Ca Mg K			
64 ton/Ha de pulpa	37.3	3.76	9.9	60.0	— 0	6.5	19.0	13.0	10.0	<i>pulpa</i>
	8.5	0.73	11.6	14.8	13 9	5.3	0.6	0.5	0.12	<i>suelo</i>
$\frac{1}{2}$ mes	9.3	0.88	11.7	16.6	8 10	6.0	2.5	1.5	0.89	
3 meses	9.2	0.80	11.5	16.0	12 9	5.5	2.5	1.4	0.43	
6	8.7	0.76	11.4	15.3	10 8	5.3	—	—	—	
9	8.8	—	—	15.0	5 10	5.3	—	—	—	
12	8.1	0.71	11.4	14.9	58 11	—	1.2	0.7	0.12	
15	8.3	0.74	11.3	15.0	4 9	5.1	0.8	0.5	0.14	

En el Cuadro No 3 se compendian únicamente los resultados trimestrales, para facilitar una discusión preliminar de algunos de los fenómenos menos importantes. Se observa en dicho cuadro, en términos generales, lo siguiente:

a) La relación C/N, que tanto para la pulpa descompuesta como para el suelo está entre 10 y 12, se conserva en la mezcla suelo-pulpa, y en todo el proceso de degradación sub-siguiente de la pulpa aplicada. Es decir que este factor no indica un estado de equilibrio para la mezcla materia orgánica original vs. pulpa. La degradación de la pulpa al adicionarse al suelo se inicia de manera inmediata y rápida como lo indican los análisis periódicos de carbono y de nitrógeno, principalmente.

b) La nitrificación no mostró aumentos apreciables donde se aplicó pulpa. Es decir que, por una parte, el suelo tiene una nitrificación aceptable y por otra la acumulación de nitratos mensurables es dependiente del tiempo, muy en especial de la precipitación pluvial, ya que ellos se pierden fácilmente por lixiviación en épocas lluviosas. La temperatura superficial del suelo fluctúa entre 20°C a 30°C con una temperatura muy constante a través del perfil, de los 25 cm a los 2 metros de profundidad, de 23°C para todo el año(1). Esta alta temperatura, complementada de una aceptable humedad (la precipitación promedia es de 2500 mm uniformemente repartidos durante todos los meses del año) y de una buena aeración (el suelo es un franco arenoso, granular) proporcionan un medio ideal para la actividad bacteriana sobre la pulpa descompuesta, producto de fácil degradación.

c) El fósforo asimilable no aumenta con la aplicación de pulpa, pues ella es un bajo portador de este elemento.

d) El pH, que para el suelo es de 5.3 y para la pulpa de 6.5, denota un aumento notable en la etapa inicial en la mezcla suelo-pulpa. Con la degradación de la pulpa aplicada, el valor del pH vuelve a su tenor original, rápidamente.

e) La secuencia de valores de calcio, magnesio y potasio, lo mismo que la del nitrógeno por considerarse de especial importancia se discute, enseguida, más a espacio.

*Valoración de los cambios ocurridos sobre los elementos nitrógeno, calcio, magnesio y potasio, a través del tiempo.*

El suelo posee un tenor de fertilidad anotado en la parte baja del Cuadro N° 4. Al efectuar la aplicación de 64 ton/Ha de pulpa descompuesta se enriqueció en nitrógeno, calcio, magnesio y potasio, en la proporción que indica ese mismo Cuadro N° 4 como 100%, y, con el tiempo, esa cantidad adicionada fue decreciendo a distinta proporción para cada elemento.

Considerando que una pérdida de 75% de un elemento adicionado en una fertilización es ya motivo para una nueva aplicación, es decir que un remanente de 25% da la base para considerar el tiempo efectivo de una fertilización, se elaboró el Cuadro N° 5, con los resultados de los análisis quincenales, tanto para aplicación superficial como para aplicación incorporada, para el tratamiento mayor de 64 ton/Ha de pulpa descompuesta.

**Cuadro No 4.** Cantidades adicionadas, a los primeros 18 cm de suelo, de N, Ca, Mg y K, al aplicar 64 ton/Ha de pulpa de café descompuesta.

% de Adición	N%	Ca me/100 g		Mgme/100 g		K me/100 g		
100	0.12 ± 0.04	2.0	± 0.3	1.0	± 0.3	0.78	± 0.20	
75		1.5	0.2			0.58	0.15	
60						0.47	0.12	
50	0.06	0.02	1.0	0.2	0.5	0.2	0.39	0.10
30							0.23	0.06
25	0.03	0.01	0.5	0.2			0.20	0.05
20					0.2	0.1	0.16	0.04
Cantidades naturales en el suelo	0.73		0.6		0.5		0.12	

(Testigo: promedio de 14 determinaciones mensuales)

En el Cuadro No 5 se observa lo siguiente: En primer lugar no existe diferencia apreciable entre los valores obtenidos con las dos distintas aplicaciones de pulpa, superficial e incorporada. Es decir, que en la práctica, no se debe recomendar la incorporación de la pulpa al suelo por ser ésta una labor extra, que demanda un gasto, y sin beneficio adicional aparente.

En cuanto a los elementos, vemos cómo éstos se degradan a distinto tenor. El elemento NITROGENO tiene un tiempo efectivo de 6 meses. Ello indica que el nitrógeno aplicado en forma de materia orgánica tiene un valor efectivo muy superior a las formas minerales nítricas o amoniaca-les de fácil degradación por lixiviación, en estos suelos. Y por otra parte indica que, en estas condiciones de clima (humedad y temperatura adecuadas para propiciar intensa actividad bacteriana), el concepto obsoleto de que las aplicaciones de materia orgánica deben hacerse espaciadas varios años debido a su largo efecto residual, debe modificarse. Desde el punto de vista del elemento NITROGENO, la fertilización con materia orgánica solo tiene un valor efectivo de 6 meses.

Respecto al poder residual de los elementos CALCIO, MAGNESIO y POTASIO, la secuencia en su velocidad de degradación es similar a la ocurrida en las fertilizaciones de estos tres elementos con sales minerales (2). En efecto en trabajo anterior (2) se comprobó que el poder residual de las sales de calcio y magnesio era muy semejante, y más pronunciado que el poder residual de las sales de potasio.



**Cuadro No 5.** Análisis quincenales del suelo, después de la aplicación de 64 ton/Ha de pulpa descompuesta, en aplicación superficial e incorporada.

Cantidad natural más 100% aplicación	N %		Ca me/100 g		Mg me/100 g		K me/100 g	
	0.73 0.12	0.85	0.6 3.0	2.6	0.5 1.0	1.5	0.12 0.78	0.90
Meses	Sup.	Inc.	Sup.	Inc.	Sup.	Inc.	Sup.	Inc.
1 $\frac{1}{2}$	0.89	0.87	2.6	2.4	1.7	1.4	0.90	0.88
1	0.88	0.88	3.0	2.7	1.5	1.5	0.68	0.74
1 y $\frac{1}{2}$	0.85	0.86	2.6	3.1	1.4	1.6	0.53	0.65
2	0.87	0.82	2.6	2.8	1.2	1.2	0.38	0.58
2 y $\frac{1}{2}$	0.82	0.78	2.2	3.0	1.2	1.7	0.32	0.50
3	0.79	0.80	2.5	2.6	1.4	1.4	0.38	0.48
3 y $\frac{1}{2}$	0.82	0.78	2.1	3.0	1.4	1.6	0.31	0.40
4	0.80	0.76	—	—	—	—	0.28	0.30
4 y $\frac{1}{2}$	0.78	0.75	1.8	2.2	1.1	1.3	0.21	0.25
5	0.77	0.79	1.8	2.6	1.3	1.6	0.22	0.30
5 y $\frac{1}{2}$	0.78	0.77	1.9	2.0	1.3	1.3	0.23	0.24
6	0.76	0.75	—	—	—	—	—	—
6 y $\frac{1}{2}$	0.74	0.75	2.1	1.6	0.9	0.7	0.18	0.17
7	0.76	0.74	1.8	2.0	1.0	1.0	0.15	0.18
7 y $\frac{1}{2}$	0.74	0.76	1.5	2.1	0.7	0.7	0.17	0.16
8	0.70	0.74	1.4	1.5	0.9	1.1	0.15	0.18
8 y $\frac{1}{2}$	0.73	0.75	1.3	2.0	0.8	1.3	0.14	0.18
9	—	—	—	—	—	—	—	—
9 y $\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.77	0.74	2.0	1.4	1.0	0.8	0.21	0.17
10 y $\frac{1}{2}$	0.77	0.76	1.4	1.3	0.7	1.0	—	—
11	0.75	0.70	1.8	1.5	1.0	0.9	0.17	0.14
11 y $\frac{1}{2}$	0.75	0.73	1.8	1.7	0.9	0.9	0.15	0.14
12	0.70	0.71	1.1	1.3	0.7	0.7	0.12	0.12
12 y $\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	—	—	—
13	0.74	0.73	0.8	1.0	0.5	0.5	0.11	0.14
13 y $\frac{1}{2}$	0.74	0.74	1.0	0.8	0.5	0.5	0.12	0.08
14	0.76	0.72	0.8	1.0	0.5	0.4	0.14	0.14
14 y $\frac{1}{2}$	0.75	0.76	1.0	0.9	0.5	0.5	0.11	0.13
15	0.74	0.75	0.7	0.9	0.4	0.6	0.11	0.17
Cantidad natural más 25 % aplicación	0.73 0.03	0.76	0.6 0.4	1.0	0.5 0.2	0.7	0.12 0.19	0.31

NOTA: El sub-rayado indica, para cada elemento, el tiempo en el cual existe solo un remanente de un 25% del elemento adicionado, según el cálculo anotado en el renglón inferior del cuadro.

De modo que si se valora la pulpa como portadora de calcio y magnesio, su poder residual es de un año. Y si, en cambio, se la valora como portadora del elemento POTASIO, tan necesario en el cultivo de cafetales a plena exposición solar y alta cosecha en estos suelos, el poder residual de la aplicación de pulpa descompuesta es de 4 meses.

El Cuadro N<sup>o</sup> 6 compendia estos resultados para facilitar el estudio de este distinto comportamiento de los elementos químicos adicionados al suelo en forma de pulpa de café descompuesta.

**Cuadro N<sup>o</sup> 6.** Efectividad de los elementos nitrógeno, calcio, magnesio, y potasio, aplicados al suelo en forma de pulpa descompuesta, con base en un valor residual de 25% de la cantidad inicial.

NITROGENO:	6 meses	CALCIO :	un año
POTASIO :	4 meses	MAGNESIO:	un año

#### RESUMEN

La aplicación hasta 16 ton/Ha de pulpa de café descompuesta a suelo serie Chinchiná franco-arenoso en donde crecieron cafetos "in situ" durante doce meses, no provocó variaciones en altura, grosor del tallo, número de hojas y peso seco de la parte aérea.

Los sistemas de aplicación de la materia orgánica, aplicación superficial y aplicación incorporada a los primeros 10 cm de suelo, tuvieron similar comportamiento.

Calculando, sobre una aplicación de 64 ton/Ha de este material, el tiempo de sustentación de los elementos individuales N, Ca, Mg y K, con base en un valor residual de 25% de elemento originalmente aplicado, éste fue de seis meses para el NITROGENO, de un año para el CALCIO y MAGNESIO y de cuatro meses para el POTASIO.

Los elementos Ca, Mg y K tienen similar tiempo de sustentación aplicados bien en forma de materia orgánica o en forma de sales minerales simples, no así el nitrógeno, cuyo tiempo de sustentación es mayor aplicado como material orgánico.

La degradación de la pulpa de café aplicada al suelo, causada por descomposición bacteriana con temperatura y humedad del suelo adecuadas para tal actividad, puede fijarse en seis meses, o sea el tiempo de sustentación del elemento nitrógeno.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- COLOMBIA. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. Anuarios meteorológicos de los años 1950 a 1964. Chinchiná, Centro Nacional de Investigaciones de Café, (vol. 1. Observatorio de Chinchiná.)
- 2.- 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.
- 3.- ——— Informe anual del proyecto QS-7. Chinchiná, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1966. (inédito)
- 4.- ——— & CALLE V., H. Valor comparativo de la pulpa de café descompuesta como abono. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 7(81): 285-297. 1956.
- 5.- MACHADO S., A. Cultivo del cafeto en fajas sin sombrío. Proyecto A-130. En Informe anual de labores experimentales, 1957. Chinchiná, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1958. pp. 9-10. Cuadro no. 8.
- 6.- PARRA H., J. El valor fertilizante de la pulpa de café. Cenicafé (Colombia) 10(10):441-460. 1959.