

EFFECTOS DE LA CAL Y EL FOSFORO SOBRE LA PRODUCCION DE MAIZ

EN SUELOS DE LA SERIE CHINCHINA

POR

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
Y ALVARO RODRIGUEZ G.

BOLETIN TECNICO

Vol. 2 -- 1958 -- No. 20

"Se presentan los datos de 5 años de experimentos sobre la respuesta que se obtiene, en cosechas de maíz, a la aplicación de cal y fósforo."

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS

EFFECTO DE LA CAL Y EL FOSFORO SOBRE LA
PRODUCCION DE MAIZ EN SUELOS DE LA SERIE
CHINCHINA (*)

POR
FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
Y
ALVARO RODRIGUEZ G.

(*) Los autores agradecen la colaboración de Javier Aristizabal L. en los trabajos de campo, Gerardo Quiceno H. en el análisis estadístico de los datos, Jaime Parra H. Mario López A. y Osler Maya Z. en la ejecución de los análisis químicos. Agradecen también la colaboración de los agricultores de Montenegro, Génova, Calarcá, Circasia, etc en cuyas fincas se llevaron a cabo los ensayos.

INTRODUCCION

Los suelos colombianos son en general muy pobres en fósforo (12, 21)*. Cabe por lo tanto esperar respuestas, en aumentos de cosechas, a la aplicación de ese elemento, especialmente en plantas anuales. Es importante el comprobar este hecho y el fijar el nivel de fertilización más apropiado para lograr la máxima retribución.

Algo similar puede decirse de la cal. Los suelos de la zona cafetera colombiana, en donde las lluvias sobrepasan los dos mil milímetros anuales, son ácidos y con bajo contenido de calcio. Aunque se acepta como axiomático que la aplicación de cal es benéfica en tales suelos, faltan datos ciertos que permitan fijar el verdadero valor de la práctica y que ayuden a determinar su nivel óptimo de aplicación.

El experimento y los ensayos cuyos datos aquí se presentan, de 6 y 2 cosechas respectivamente, se diseñaron y se están llevando a cabo para responder a los interrogantes que hemos planteado. Se escogió como planta índice el maíz por ser su cultivo el más generalizado en el país, especialmente en la llamada zona cafetera (cinturón altimétrico comprendido entre los 1200 y 2000 metros sobre el nivel del mar).

De los elementos-adicionados en forma de fertilizantes, el fósforo constituye uno de los considerados como esenciales para el desarrollo de las plantas, en cuyos tejidos siempre se encuentra, particularmente en las partes más jóvenes, en las flores y las semillas. Las exigencias sin embargo son diferentes; así, todas aquellas plantas de crecimiento rápido, como son las gramíneas anuales, requieren cantidades más o menos apreciables de este elemento en corto tiempo, en tanto que otros cultivos, especialmente los perennes, tienen, con relación al tiempo, requerimientos menores de fósforo (13).

* Los números entre paréntesis se refieren a la bibliografía que se cita al final.

En lo que respecta a la cal, es bien conocido el hecho de que las plantas difieren marcadamente en su requerimientos de reacción del suelo. Muchos cultivos y plantas crecen bien sólo cuando la reacción del suelo les es favorable. Por eso los ajustes de la acidez del suelo, a un nivel apropiado, son a menudo importantes en un buen manejo de suelos. La tolerancia o capacidad de adaptación de las plantas a la acidez varía mucho; así, algunas como los citrus prefieren los suelos muy ácidos (pH 4.5); otras como los duraznos y peros gustan de los suelos ácidos (pH 5.0); otras como el maíz y el algodón pueden crecer en medios moderadamente ácidos (pH 5.5), pero generalmente responden a la aplicación de cal; otras como la cebolla requieren suelos neutros (pH 7.0), finalmente, algunos toleran suelos con altos contenidos de sales alcalinas, como la alfalfa (23). La amplitud del rango de pH en el cual puede crecer un cultivo es sin embargo más o menos amplio (10), aunque, como es lógico esperar, su desarrollo y rendimiento no serán los mismos en todos los niveles. Este hecho, así como la complejidad de la influencia del pH sobre el suelo y sus procesos y sobre la planta misma, explica en parte, el porqué el agricultor, aunque desde antaño practica el encalamiento de sus tierras con buenos o malos resultados, aún hoy desconoce su verdadero efecto.

El presente experimento se desarrolló con el ánimo de obtener información sobre la respuesta de las cosechas de maíz a la aplicación de fósforo y cal, solos y combinados, a diferentes niveles.

REVISION DE LA LITERATURA

Corrie (2) anota que aunque el uso de la cal en la agricultura es de muy vieja data sólo a partir de los romanos se tiene la certidumbre de su utilización. Por otra parte, según el mismo autor, sólo hasta 1897 se iniciaron trabajos sobre la cal, tendientes a determinar sus efectos, sobre el suelo y sobre las cosechas. Truog (23), por su parte, informa que los primeros trabajos sobre la cal se remontan a 1852. El mismo autor, al tratar sobre este elemento, sumaria en dos clases sus efectos sobre las plantas: Directos e

indirectos. Lawton y Kurtz (9) presentan en forma resumida, los beneficios de un buen manejo de la cal, los compuestos que el agricultor puede emplear y la forma como debe utilizarlos.

Existen muchos otros trabajos sobre el efecto de la aplicación de cal, los cuales nos abstenemos de citar por referirse ellos siempre a condiciones específicas de suelo, clima o cultivo.

En relación con el fósforo son igualmente numerosos los trabajos que se han realizado. Una de las más recientes revisiones al respecto es la de Pierre y Norman (15). La importancia de este elemento, que alguno llamó "la llave maestra de la agricultura" (14) puede medirse a través de los distintos trabajos que sobre o con él se han realizado. Dentro de las investigaciones sobre la utilización de fósforo y sus efectos, podemos mencionar los de Ensminger (5) quien de un estudio sobre efectos de distintos tipos de fertilizantes fosfatados sobre el rendimiento de cosechas anuales, concluye que las mejores respuestas, en gramíneas y tréboles, las obtuvo con la aplicación de su perfosfato. Los de Salter y Barnes (19) y Ensminger (6) sobre efecto de la cal en la fijación y utilización del fósforo, quienes con muchos otros investigadores han probado que los bajos niveles de pH al facilitar la solubilidad del hierro y el aluminio, favorecen la fijación del ion fósforo por aquéllos. Los de Hinkle (8) sobre eficiencia de distintos fertilizantes fosfatados en suelos calcáreos, quien probó que para el tipo de suelo utilizado no hubo diferencia entre las cuatro fuentes de fósforo empleado, a saber: Superfosfato del 20%, del 44%, triple del 47%, amofós y metafosfato. Los de Rogers et al (16) sobre eficiencia de los distintos fertilizantes fosfatados, quienes después de muchos estudios, concluyen que el superfosfato continúa siendo el más eficaz de los fertilizantes fosfatados, para todas las plantas y para un amplio rango de climas y suelos; otras formas varían en su efectividad según las condiciones que se usan. Los de Doughty (3) sobre el efecto de la materia orgánica en la utilización y fijación del fósforo, quien probó que la materia orgánica tenía poco o ningún papel en la fijación del fósforo soluble cuando este se adicionaba en forma de fertilizante.



Aplicación de cal, al voleo, en las
parcelas experimentales

Nos haríamos interminables si pretendiéramos revisar, así fuera someramente, la extensa literatura sobre el tema. Los trabajos citados pueden servir al menos como guía de la clase de estudios ya verificados.

MATERIAL Y METODOS

a) Experimento. Para adelantar el presente trabajo se escogieron dos niveles de cal: Cero y dos toneladas por hectárea, y tres niveles de fósforo: Cero, cincuenta y cien kilos de P2O5 por hectárea, los cuales se combinaron para dar seis tratamientos que se replican cinco veces cada uno. Como ya se dijo la planta usada es el maíz.

El suelo en el cual adelantamos el trabajo pertenece a la serie Chinchiná o serie 10, la más extensamente difundida en la zona cafetera de Caldas, cuyo perfil presenta las siguientes características (7,12, 20):

Un primer horizonte de cerca de 40 cms. de espesor, de color marrón negruzco, textura franco arenosa o franco limosa, estructura granular, alto contenido de nitrógeno y materia orgánica (0.5 y 0.8% de nitrógeno orgánico total y 12 a 16% de materia orgánica), bajo contenido de bases intercambiables, muy bajo contenido de fósforo y acidez entre 4.8 y 5.6 unidades de pH.

El segundo horizonte de unos 30 cms. de espesor, presenta color marrón amarillento claro, textura franco arenosa fina o franco arenosa, contenido de nitrógeno orgánico total entre 0.18 y 0.30, muy bajo contenido de bases intercambiables y fósforo y pH entre 6.0 y 6.5. El material parental es ceniza volcánica.

Cada una de las parcelas del experimento, en número de 36, tiene una área total de 50 metros cuadrados y una área efectiva de 32 metros cuadrados. Las prácticas culturales son las utilizadas en la región, que consisten en: Preparación del terreno, dos desyerbos durante el período vegetativo, espaciados un mes, y aporque del maíz en la última limpia. El encalamien

to se efectuó inmediatamente después de la preparación del terreno y ocho o quince días después se hizo la siembra del maíz y la aplicación del fósforo. La producción de maíz se mide en forma individual por parcela. Una muestra anual de ella se envía al laboratorio para su análisis.

Los tratamientos comparados son los siguientes:

- A (Cao Po) - Testigo
- B (Cal Po) - Dos toneladas de cal apagada por hectárea
- C (Cao P1) - Cincuenta kilos de fósforo (P205) por hectárea
- D (Cal P1) - Dos toneladas de cal apagada y 50 kilos de fósforo (P205) por hectárea
- E (Cao P2) - Cien kilos de fósforo (P205) por hectárea
- F (Cal P2) - Dos toneladas de cal apagada y cien kilos de fósforo (P205) por hectárea.

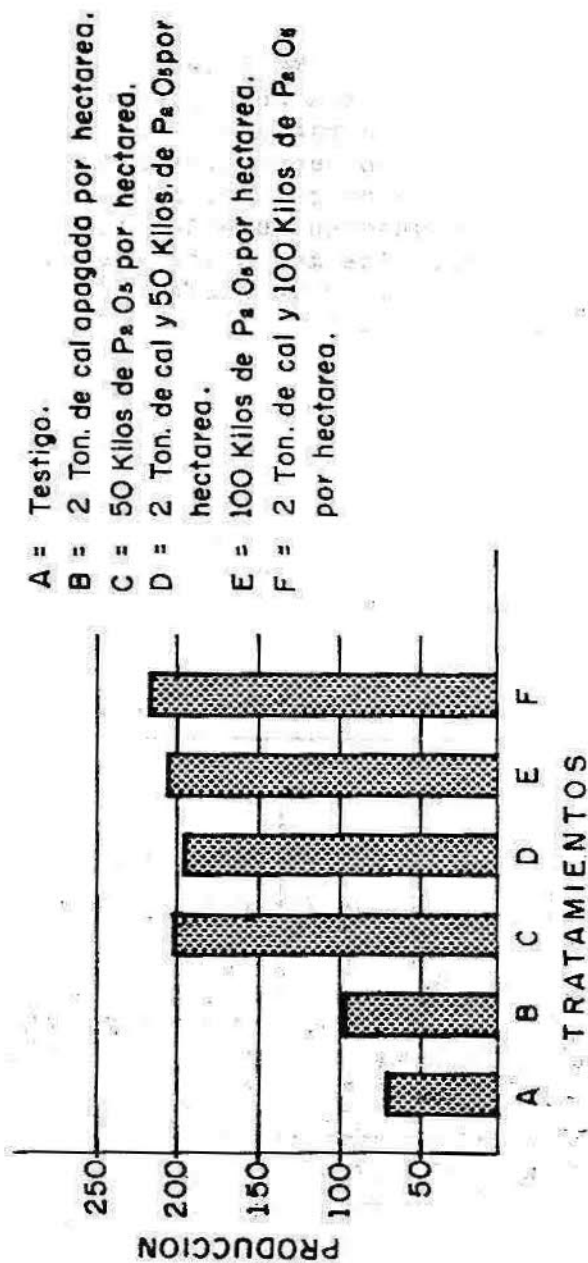
b) Ensayos de campo. En vista de los resultados experimentales obtenidos en cuatro cosechas de maíz se juzgó necesario efectuar una serie de ensayos para determinar la aplicabilidad regional de los datos.

Para ello se marcaron, en lotes comerciales, parcelas de 200 m² en las cuales se aplicó, una semana después de la siembra, superfosfato a razón de 50 kilos de P205 por hectárea. Las parcelas se sometieron a los mismos tratamientos culturales del resto del lote respectivo y se pesó la cosecha comparándola con la de una área igual en la zona no fertilizada.

Durante dos años sucesivos se establecieron 30 de estos ensayos en las regiones del Quindío y Chinchiná, principales zonas cafeteras del país, de las cuales se pudieron utilizar 13 en el primer año y 19 en el segundo.

- Figura 1 -

PRODUCCION DE MAIZ CON DIFERENTES TRATAMIENTOS (DATOS DE 6 COSECHAS)



RESULTADOS OBTENIDOS

En el cuadro N° 1 se presentan las producciones por tratamientos obtenidos en el experimento en las seis cosechas registradas. El análisis de "variancia" indica que no hubo diferencia entre el testigo (A) y dos toneladas de cal por hectárea (B), los demás tratamientos produjeron aumentos significativos en producción siendo los más altos los logrados con la aplicación de 100 kilos de fósforo (P205) por hectárea con y sin cal (cuadro N° 2)

CUADRO N° 1

PRODUCCION DE MAIZ POR TRATAMIENTO, EN SEIS COSECHAS

TRATAMIENTO	C O S E C H A N°						TOTAL PESO 6 COSECHAS
	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	
A Cao Po	8.8	16.7	14.2	10.5	11.1	10.9	72.2
B Cal Po	8.3	20.0	17.0	19.4	17.6	14.2	96.5
C Gao P1	29.8	41.4	40.4	36.2	26.5	29.1	203.4
D Cal P1	25.7	36.0	40.3	31.7	27.8	30.9	192.4
E Gao P2	33.9	51.5	44.7	34.8	22.6	23.2	210.7
F Cal P2	36.7	42.2	50.7	42.0	30.5	35.6	237.7
TOTALES/AÑO	143.2	207.8	207.3	174.6	136.1	143.9	1012.9

Análisis de significación

Diferencia máxima significativa para totales:

al nivel del 5 % = 31.3

al nivel del 1 % = 42.4

CUADRO N° 2

Cuadro de diferencias significativas
(Totales de tratamiento)

TRATAMIENTOS	A	B	C	D	E	F
A Cao Po		=	++	++	++	++
B Cal Po			++	++	++	++
C Cao P1				=	=	+
D Cal Po					=	+
E Cao P2						+
F Cal P2						

= No hay diferencia significativa

+ Hay diferencia significativa (al nivel del 5%)

++ Hay diferencia altamente significativa (al nivel del 1%)

El cuadro N° 3 presenta la composición química de las plántulas de maíz después de la cuarta aplicación de fósforo y cal. De este cuadro vale la pena destacar lo siguiente:

- La aplicación de cal se reflejó en un mayor contenido de calcio en los tejidos vegetales, independientemente de que se hubiera aplicado o no fósforo.
- Las plántulas de los dos tratamientos en los cuales se aplicaron 100 kilos de fósforo, presentan un contenido ligeramente menor de potasio.
- El contenido de fósforo en los tejidos vegetales aumentó proporcionalmente a las cantidades aplicadas de este elemento, sin guardar relación con la aplicación de cal.

CUADRO N° 3

ANÁLISIS MINERAL DE LAS PLANTULAS DE MAÍZ
(Cuarta cosecha)

TRATAMIENTO	Ceniza %	Calcio %	Potasio %	Magnesio %	Manganeso %	Fósforo %	Nit. total %
A Cao Po	14.5	0.24	3.04	0.39	0.007	0.22	2.62
B Cal Po	14.2	0.35	3.28	0.39	0.004	0.22	2.63
C Cao P1	13.8	0.24	3.00	0.33	0.005	0.28	2.64
D Cal P1	13.2	0.38	3.04	0.39	0.002	0.28	2.76
E Cao P2	13.3	0.28	2.20	0.32	0.005	0.36	2.63
F Cal P2	13.6	0.36	2.95	0.39	0.003	0.31	2.83

En el cuadro N° 4 se dan los resultados de los dos años de ensayos de campo. Puede observarse que, en estas condiciones, la aplicación de 50 kilos de fósforo (P₂O₅) por hectárea, aumentó la producción de maíz en un 31.4% en el primer año y en un 31.2% en el segundo.

Debe también llamarse la atención en los ensayos sobre la gran variabilidad que existe en las producciones de las diferentes fincas, las cuales corresponden a diferencias en manejo, especialmente. En muchos casos las plagas sin control dañaron gravemente las cosechas. Se conserva, sin embargo, una diferencia constante a favor de la aplicación de fósforo.

CUADRO N° 4

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS
DE APLICACION DE FOSFORO EN MAIZ

(50 kilos de P205 por hectárea)

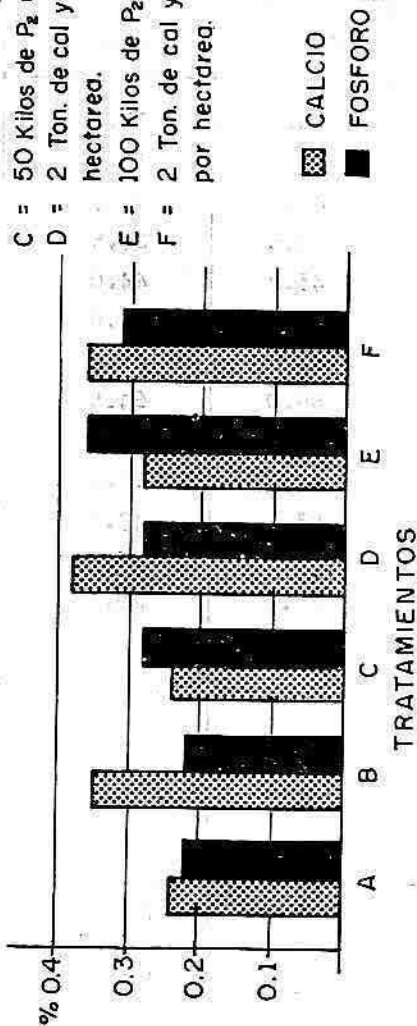
Años de 1956 y 1957

FINCA N°	AÑO 1956		AÑO 1957	
	PRODUCCION EN KILOS		PRODUCCION EN KILOS	
	Fósforo	Testigo	Fósforo	Testigo
1	20.9	17.0	30.5	24.0
2	28.0	16.5	36.5	27.0
3	40.5	25.5	23.0	11.0
4	13.5	24.5	82.0	90.0
5	43.2	44.0	10.0	2.0
6	58.0	35.0	12.5	8.5
7	31.0	22.0	74.5	31.5
8	89.0	64.5	58.0	56.0
9	96.5	75.0	65.0	47.0
10	96.5	65.0	94.0	86.5
11	53.1	47.5	87.0	47.5
12	26.5	19.0	77.5	72.5
13	29.0	20.0	59.5	46.5
14			106.0	81.0
15			29.5	28.0
16			64.5	34.0
17			67.0	49.5
18			52.0	45.0
19			42.0	30.0
TOTALES	625.7	475.5	1071.0	817.5
PROMEDIO	48.1	36.6	56.4	43.0
%	131.4 %	100.0 %	131.2 %	100.0 %

Figura 2.

CALCIO Y FOSFORO EN PLANTULAS DE MAIZ CON DIFERENTES TRATAMIENTOS

- A = Testigo.
- B = 2 Ton. de cal apagada por hectarea.
- C = 50 Kilos de $P_2 O_5$ por hectarea.
- D = 2 Ton. de cal y 50 Kilos de $P_2 O_5$ por hectarea.
- E = 100 Kilos de $P_2 O_5$ por hectarea.
- F = 2 Ton. de cal y 100 Kilos de $P_2 O_5$ por hectarea.



DISCUSION Y CONCLUSIONES

La facilidad con que opera el mecanismo a través del cual los elementos nutritivos para las plantas, asimilables y disponibles, se hacen aprovechables y la proporción en que lo hacen, determina el grado de fertilidad de un terreno y, en cierto modo, fija sus necesidades de fertilizantes a fin de que puedan suplir las exigencias de los cultivos.

Estos dos aspectos de la fertilidad ofrecen un variado campo de investigación, pues debe tenerse en cuenta que cada elemento se comporta en forma más o menos distinta. A lo anterior debe agregarse el hecho de que no basta mantener un nivel alto del o de los elementos en cuestión, lo cual en algunos casos puede resultar contraindicado o por lo menos antieconómico, si no que es necesario buscar un equilibrio dentro de ellos, a fin de que cada uno pueda cumplir en forma eficiente su papel (4).

De los elementos nutritivos que se estudian, el fósforo es uno de los más complejos en su manejo, pues a su bajo contenido natural en los suelos, se suma otra serie de factores que influyen sobre su aprovechabilidad, como son: Clase de cultivo, naturaleza y características de la fuente de fósforo.

El bajo contenido de fósforo en los suelos de Colombia, ha sido comprobado plenamente no sólo por medio del análisis químico (12) sino a través de ensayos biológicos (12, 17) y experiencias de campo.

El nivel de pH y las características del coloide, son importantes por cuanto fijan el camino a seguirse en relación con el manejo del fósforo en el suelo. Se acepta que tanto los niveles muy bajos de pH como los muy altos son contraindicados para una fácil absorción y utilización del fósforo, pues en estos extremos ocurren diversas reacciones que fijan el fósforo en forma más o menos insolubles e inaprovechables. Esta condición se agrava en aquellos suelos en que predomina el coloide de tipo inorgánico.

El hecho de que el principal coloide en los sue



Aspecto del maíz en las parcelas experimentales,
con fósforo (izquierda) y sin fósforo (derecha)

los de la serie Chinchiná sea de origen orgánico y que los suelos tengan un alto contenido de materia orgánica, favorece una rápida y máxima respuesta a cualquier adición de fósforo que se haga, ya que según muchos investigadores (3, 6) la materia orgánica, no sólo no fija el fósforo sino que se utiliza como medio para liberar el fósforo que haya sido fijado.

Los resultados obtenidos en el experimento para todas las cosechas (cuadro N° 1) demuestra que la respuesta a la aplicación de fósforo, en términos de rendimiento en cosecha, fue inmediata. El testigo produjo tan sólo el 35% del maíz recogido en el tratamiento de fósforo solo a nivel de 50 kilos de P2O5 por hectárea, y sólo un 30% de la producción en el tratamiento de fósforo al nivel de 100 kilos de P2O5 por hectárea (72.2, 203.4 y 210.7 kilos respectivamente). En los ensayos de campo los aumentos en producción debidos a la aplicación de fósforo fueron menores pero siempre de consideración.

El cuadro N° 3 nos muestra la composición química de plántulas de maíz en la cuarta cosecha. El contenido de fósforo corresponde más o menos a los tratamientos aplicados, es decir, que fue siempre mayor en los tratamientos que recibieron fósforo, que en aquellos que no recibieron, independientemente de los tratamientos de cal.

Los resultados obtenidos con la adición de fósforo a los cultivos de maíz, en suelos de la serie Chinchiná, indican una rápida y manifiesta respuesta en cosecha. La magnitud de la respuesta es tal que permite su recomendación en forma abierta, especialmente del nivel de 50 kilos de P2O5 por hectárea.

Con respecto a la cal, son muchos y muy variados los trabajos que se han realizado. Truog (23) al comentar el efecto de este elemento sobre la planta lo divide en dos: Directos, a través de: a) la toxicidad o efecto destructor que sobre los tejidos de las plantas tiene el ion H^+ (suelos ácidos) y el OH^- (suelos alcalinos); b) un balance desfavorable entre constituyentes ácidos y básicos aprovechables para la absorción por la planta; e indirectos, a través de: a) condiciones físicas del suelo; b) aprovechabilidad de e-

lementos esenciales; c) actividad de los microorganismos del suelo; d) solubilidad de agentes tóxicos; e) prevalencia de enfermedades, y f) competencia de diferentes especies de plantas.

Según los datos del experimento, la aplicación de dos toneladas de cal por hectárea no tuvo ningún efecto sobre la producción de maíz. Vale la pena resaltar el hecho de que al igual que para el fósforo la adición de cal se pone de manifiesto en el contenido de este elemento en las plántulas analizadas. En efecto, se observa que todos los tratamientos con cal tienen niveles superiores de este elemento, en forma independiente de la adición de fósforo. Las variaciones de los otros elementos no son muy constantes.

De todo lo anterior puede concluirse que la adición de cal como correctivo a los suelos de la serie Chinchiná y para cultivos de maíz, resulta poco práctica, pues ella no se traduce en mayores o mejores cosechas. Conclusiones muy similares se han obtenido en aplicaciones de cal a plantaciones jóvenes de café (21), para suelos de la serie Chinchiná.

RESUMEN

- 1) Se presentan los resultados de seis cosechas continuas de maíz en un experimento con distintos niveles y combinaciones de fósforo y cal y de dos cosechas en ensayos de campo con fósforo a un nivel.
- 2) En el experimento, las producciones de maíz en los tratamientos con fósforo, son significativamente superiores, en los niveles de 1% y 5%, independientemente de la aplicación de cal.
- 3) Las aplicaciones de dos toneladas de cal apagada por hectárea no produjeron aumentos significativos en la producción de maíz.
- 4) La aplicación de 50 kilos de fósforo (P₂O₅) por hectárea y por cosecha muestra una respuesta inmediata que se traduce en un gran aumento en la cosecha de maíz. En el caso de los ensayos de campo el aumento fue del 31%.

- 5) La composición química de las plántulas varía de acuerdo con el tratamiento recibido. En forma general, los valores de fósforo en los tejidos vegetales es mayor para las plántulas de los tratamientos que recibieron este elemento; igual cosa puede decirse de la cal.

SUMMARY

- 1) The results are presented from six successive crops of corn in an experiment with different levels and combinations of phosphorus and calcium and from two crops in field trials with phosphorus at one level.
- 2) In the experiment, the production of corn, in the treatments with phosphorus, is significantly better in the levels of 1 and 5%, independent of the application of calcium.
- 3) The application of two tons of slaked lime per hectare gives no significant increase in the yield of corn.
- 4) The application of 50 kilos of phosphorus (P₂O₅) per hectare and per crop shows an immediate response with a great increase in the crop of corn. In the case of the field tests the increase was 31 %.
- 5) The chemical composition of the seedlings varies according to the treatment received. In general, the content of phosphorus in the vegetative tissues is greater for the seedlings of the treatments that received this element; the same may be said of the calcium.

BIBLIOGRAFIA

- 1- BEAR, F. E. Soils and fertilizers. 3d. ed. New York, John Wiley and Sons, 1942. 374p.
- 2- CORRIE, F. E. Lime in agriculture. London, Chapman and Hall, 1926. 100p.
- 3- DOUGHTY, J. L. Phosphate fixation in soils, particularly as influenced by organic matter. Soil Sci. 40:191-202. 1935.
- 4- DROSDOFF, M. Química de suelos; fertilidad, análisis químico y uso eficiente de los fertilizantes. Bogotá, Ministerio de Agricultura, 1953 48p. (Publicación N° 2). (Mimeografiado).
- 5- ENSMINGER, L. E. Response of crops to various phosphate fertilizers. Alabama Agr. Exp. Sta., 1950 29p. (Bull. 270).
- 6- ENSMINGER, L. E. and LARSON, H. W. E. Carbonic acid soluble phosphorus and lime content of Idaho soils in relation to crop response to phosphate fertilization. Soil Sci. 58:253-258. 1944.
- 7- GRISALES, A. Informe sobre los trabajos de suelos que actualmente adelantan en Caldas. Chinchiná, Campaña de Defensa y Restauración de Suelos, archivo, 1954. (Inédito).
- 8- HINKLE, D. A. Efficiency of various phosphate fertilizers on calcareous soil for alfalfa and sweet clover. Jour. Amer. Soc. Agr. 34:913-918 1942.

- 9- LAWTON, K. and KURTZ, L. T. Soil reaction and liming. U. S. Department Agriculture. Year book agriculture 1957: 184-193.
- 10- LYON, T. L. and BUCKMAN, H. O. The nature and properties of soils. New York, MacMillan, 1949 499p.
- 11- MORRISON, F. B. Feeds and feeding. New York, The Morrison Publishing Co., 1945. 1050p.
- 12- PARRA H., J. Fertilidad de los suelos de la zona cafetera de Caldas. Boletín Informativo, Centro Nal. de Investigaciones de Café (Chinchiná, Colombia) 5(56):22-31. 1954.
- 13- PETERSON, H. R. A review of phosphate fertilizer investigations in 15 western states through 1949. Washington, U. S. D. A., 1953. 2p. (Circular 927).
- 14- PIERRE, W. H. Phosphorus deficiency and soil fertility. U. S. Department Agriculture. Year book agriculture 1938: 377-396.
- 15- _____ and NORMAN, A. G. (eds.). Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition New York, Academic Press. Inc., 1953. 492p.
- 16- ROGER, H. T., PEARSON, R. W. and ENSMINGER, L. E. Comparative efficiency of various phosphate fertilizer. Agronomy (New York, Academic Press) IV: 189-242. 1953.
- 17- ROJAS C., L. A. Fósforo asimilable en suelos de Colombia, Sur América. Revista Colombiana de Química 4(1):7-17. 1951.

- 18- RUSSEL, E. J. Soil conditions and plant growth. 8th. ed. New York, Longmans, Green and Co., 1953. 635p.
- 19- SALTER, R. M. and BARNES, E. E. The efficiency of soil and fertilizer phosphorus as affected by soil reaction. Ohio Agr. Exp. Sta., 1935. 49p
- 20- SUAREZ DE CASTRO, F. Las quemas como práctica agrícola y sus efectos. (Chinchiná), Centro Nal. de Investigaciones de Café, 1957. 21p. (Boletín Técnico N° 18).
- 21- _____ y RODRIGUEZ G., A. Aplicación de cal en cafetos jóvenes. Revista Cafetera de Colombia 12(129):4294-4301. 1956.
- 22- THOMPSON, L. M. Soil and soil fertility. New York, McGraw-Hill Co., 1952. 339p.
- 23- TRUOG, E. Soil acidity and liming. U. S. Department Agriculture. Year book of agriculture 1938 563-580.
- 24- WORTHEN, E. L. Farm soils. New York, John Wiley and Sons, 1948. 510p.