

EFFECTO DEL ENCALAMIENTO SOBRE LA ABSORCION DEL FOSFORO POR EL  
MAIZ (Zea mays L.) Y PERSISTENCIA DE SU ACCION FERTILIZANTE  
EN UN ANDOSOL DE NARIÑO

Por

YADYRA PERNETT GUERRERO  
CARLOS ELIEGER CHAVES COBO

Tesis de grado presentada como requisito  
parcial para optar al título de  
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis  
RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M.Sc.  
Coopresidente de Tesis  
HERNAN BURBANO ORJUELA I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PASTO - COLOMBIA  
1977

AN  
T  
631.85  
P452  
G.1.

A-00122-77

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 1° del Acuerdo N° 324 de 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

|                             |           |       |   |
|-----------------------------|-----------|-------|---|
| UNIVERSIDAD DE NARIÑO       |           |       |   |
| DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS |           |       |   |
| PASTO - COLOMBIA            |           |       |   |
| No.                         | 15209     | Ej.   | 1 |
| Valor                       | \$1.000 - | Vol.  |   |
| Fecha                       | 24-11     | Don.  | * |
| Fact.                       | Aguirre   | Don.  |   |
| Librería                    | Autar     | Comp. |   |

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A RICARDO GUERRERO R.

A CARLOS

A MIS FAMILIARES

DEDICO :

YADYRA PERNETT GUERRERO

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A MI PADRE

A MIS HERMANOS

A YADYRA

A MIS FAMILIARES

DEDICO :

CARLOS ELIECER CHAVES COBO

# AGRADECIMIENTOS A:

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| RICARDO GUERRERO RIASCOS, I.A., M.Sc.                           | 3  |
| HERNAN BURBANO ORJUELA, I.A., M.Sc.                             | 7  |
| FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA                                | 9  |
| MIGUEL VIVEROS ZARANA, I.A.                                     | 9  |
| ANTONIO ARIAS HERNANDEZ, I.A., M.Sc.                            | 9  |
| EFREN CORAL QUINTERO, I.A., M.Sc.                               | 12 |
| BENJAMIN SALUDO SOTELO, I.A.                                    | 12 |
| Facultad de Ciencias Agrícolas de<br>la Universidad de Maricao. | 13 |

A todos las personas que en una u otra  
forma contribuyeron a la elaboración  
del presente trabajo.

|      | CONTENIDO                                                                                                                              | Pág. |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| I.   | INTRODUCCION .....                                                                                                                     | 1    |
| II.  | REVISION DE LITERATURA .....                                                                                                           | 3    |
|      | 2.1 El encalamiento y la disponibilidad de<br>fósforo para la planta .....                                                             | 3    |
|      | 2.2 El encalamiento y la persistencia de la<br>acción fertilizante del fósforo .....                                                   | 7    |
| III. | MATERIALES Y METODOS .....                                                                                                             | 9    |
|      | 3.1 Suelo experimental .....                                                                                                           | 9    |
|      | 3.2 Ensayo de invernadero .....                                                                                                        | 9    |
|      | 3.3 Determinación de laboratorio .....                                                                                                 | 12   |
|      | 3.3.1 Absorción de fósforo por la planta .....                                                                                         | 12   |
|      | 3.3.2 Fósforo aprovechable .....                                                                                                       | 13   |
|      | 3.4 Análisis estadístico .....                                                                                                         | 13   |
| IV.  | RESULTADOS Y DISCUSION .....                                                                                                           | 14   |
|      | 4.1 Efecto de los niveles de cal y de la fuen<br>te fosfatada sobre la absorción de fósfo<br>ro por la planta en la primera cosecha .. | 14   |
|      | 4.2 Efecto de los niveles de cal y de la fuen<br>te fosfatada sobre la persistencia de la<br>acción fertilizante del fósforo .....     | 18   |
|      | 4.2.1 Absorción de fósforo .....                                                                                                       | 18   |
|      | 4.2.2 Fósforo aprovechable (Bray II) ...                                                                                               | 19   |
| V.   | CONCLUSIONES .....                                                                                                                     | 41   |
| VI.  | RECOMENDACIONES .....                                                                                                                  | 42   |
| VII. | RESUMEN .....                                                                                                                          | 43   |
|      | SUMMARY .....                                                                                                                          | 44   |

|                          | Pág. |
|--------------------------|------|
| VIII. Bibliografía ..... | 45   |
| APENDICE .....           | 49   |
| .....                    | 23   |
| TABLA I. ....            | 24   |
| TABLA II. ....           | 25   |
| TABLA III. ....          | 26   |
| TABLA IV. ....           | 27   |
| TABLA V. ....            | 28   |
| TABLA VI. ....           | 29   |

TABLAS

Pág.

|            |                                                                                                                   |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA I.   | Resultados obtenidos de absorción de P, por las plantas (mg/planta). Primera Cosecha .....                        | 23 |
| TABLA II.  | Resultados del análisis de variancia y tendencia para absorción de P, por las plantas en la Primera Cosecha ..... | 24 |
| TABLA III. | Resultados obtenidos de P, disponible en el suelo (ppm) Bray II. Primera Cosecha .....                            | 25 |
| TABLA IV.  | Resultados del análisis de variancia y tendencia del P, disponible en el suelo, Bray II. Primera Cosecha .....    | 26 |
| TABLA V.   | Resultados obtenidos de absorción de P, por la planta (mg/planta). Segunda Cosecha .....                          | 27 |
| TABLA VI.  | Resultados del análisis de variancia y tendencia para absorción de P, por la planta en la Segunda Cosecha .....   | 28 |
| TABLA VII. | Resultados obtenidos de P, disponible en el suelo (ppm) Bray II. Segunda Cosecha .....                            | 29 |

TABLAS - APENDICE

Pág.

|            |                                                                                                             |   |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| TABLA I.   | Cálculo de la suma de Cuadrados para el análisis de tendencia. Absorción de P. Primera Cosecha .....        | 1 |
| TABLA II.  | Cálculo de la suma de Cuadrados para el análisis de tendencia. Absorción de P. Segunda Cosecha .....        | 2 |
| TABLA III. | Cálculo de la suma de Cuadrados para el análisis de tendencia. Absorción de P. Tercera Cosecha .....        | 3 |
| TABLA IV.  | Cálculo de la suma de cuadrados para el análisis de tendencia P disponible. Bray II. Primera Cosecha .....  | 4 |
| TABLA V.   | Cálculo de la suma de Cuadrados para el análisis de tendencia. P Disponible. Bray II. Segunda Cosecha ..... | 5 |
| TABLA VI.  | Cálculo de la suma de Cuadrados para el análisis de tendencia P disponible -Bray II. Tercera Cosecha .....  | 6 |

|                                                                                                                            | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA VIII. Resultados del análisis de variancia y tendencia para el P, disponible en el suelo. Bray II. Segunda Cosecha . | 30   |
| TABLA IX. Resultados obtenidos de P, disponible en el suelo (ppm) Bray II. Tercera Cosecha .....                           | 31   |
| TABLA X. Resultados del análisis de variancia y tendencia para el P, absorbido por la planta. Tercera Cosecha .....        | 32   |
| TABLA XI. Resultados obtenidos de absorción de P, por la planta (mg/planta). Tercera Cosecha .....                         | 33   |
| TABLA XII. Resultados del análisis de variancia y tendencia para el P, disponible en el suelo. Bray II. Tercera Cosecha .  | 34   |
|                                                                                                                            | 39   |
|                                                                                                                            | 40   |

FIGURAS

Pág.

|           |                                                                                                                                           |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1. | Efecto de los niveles de cal sobre la absorción de P por la planta bajo tres fuentes de fertilización fosfatada.<br>Primera Cosecha ..... | 35 |
| FIGURA 2. | Efecto del encalado sobre la producción de materia seca bajo tres fuentes de fertilización fosfatada. Primera Cosecha .....               | 36 |
| FIGURA 3. | Evolución de la absorción de P por la planta de maíz durante el período experimental .....                                                | 37 |
| FIGURA 4. | Evolución de la producción de materia seca por la planta de maíz durante el período experimental .....                                    | 38 |
| FIGURA 5. | Efecto de los niveles de cal sobre la absorción de P por la planta bajo tres fuentes de fertilización fosfatada. Segunda Cosecha .....    | 39 |
| FIGURA 6. | Evolución del P aprovechable (Bray II) en el suelo durante el período experimental .....                                                  | 40 |

- 2 -

EFECTO DEL ENCALAMIENTO SOBRE LA ABSORCIÓN DEL FOSFORO POR EL  
MAIZ (Zea mays L.) Y PERSISTENCIA DE SU ACCIÓN FERTILIZANTE  
EN UN ANDOSOL DE NARIÑO (")

Por

YADYRA PERNETT GUERRERO  
CARLOS ELIECER CHAVES COBO

I. INTRODUCCION

Uno de los factores más limitantes en la producción de los cultivos en los suelos ándicos, es la deficiencia de fósforo, de un lado, y la enorme fijación de los fosfatos aplicados en la fertilización, de otro.

En nuestro medio, estos problemas han sido reconocidos y analizados en forma amplia. Por el contrario, no se puede decir lo mismo de los trabajos encausados a su solución, sea total o parcialmente.

Una de las recomendaciones surgidas del Tercer Coloquio sobre Suelos (El fósforo en zonas Tropicales), llevado a cabo por la sociedad colombiana de la ciencia del suelo, fue la de investigar la acción del encalamiento sobre la eficiencia y persistencia de la fertilización fosfatada en suelos altamente fijadores de fosfatos.

---

(") Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero R., I.A., M.Sc. y la Coopresidencia de Hernán Burbano O., I.A., M.Sc.

## II. MEJORA DEL CULTIVO

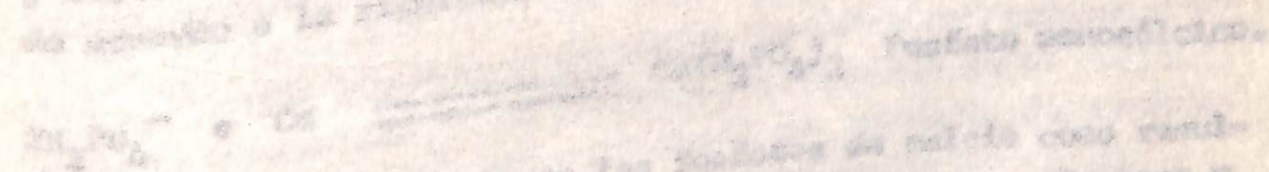
Lo anterior dio pie a desarrollar el presente trabajo, cuyo objetivo fue el de evaluar la acción de la cal sobre la utilización y persistencia del fósforo aplicado, en tres fuentes diferentes y en el cultivo del maíz.

De tiempo atrás se viene considerando, así como un postulado dentro de la fertilidad de suelo, que el encalado de incrementa la disponibilidad de fósforo para la planta. Así, Fackler y Collins (11) sostienen que una de las causas más importantes de la baja disponibilidad de los fosfatos del suelo, es a través de la hidrólisis de los fosfatos de hierro y aluminio y la formación de los fosfatos de calcio.

Según Fackler (4) la hidrólisis del fosfato de aluminio el fosfato de hierro genera a través del incremento de la concentración de iones  $H^+$  generados por el encalado, según las siguientes reacciones:



Los iones fosfato  $(H_2PO_4^-)$  así liberados pueden ser aprovechados inmediatamente por la planta o, en su defecto, son precipitados por el calcio para formar fosfatos como  $CaHPO_4$  y  $Ca_3(PO_4)_2$ , que son de difícil disponibilidad para la planta.



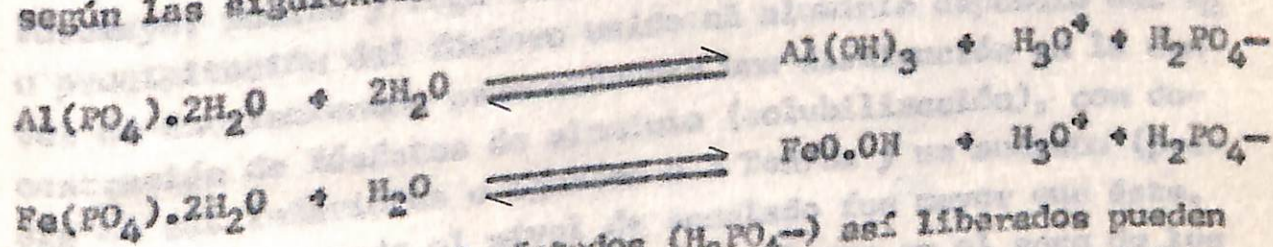
El incremento de los fosfatos de calcio como resultado del encalado de los suelos ha sido observado por Fackler y Collins (11), en suelos aluminosilíceos de los Estados Unidos.

## II. REVISION DE LITERATURA

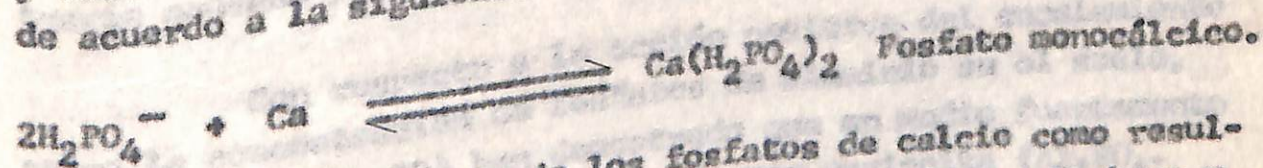
### 2.1 El encalamamiento y la disponibilidad de fósforo para la planta.

De tiempo atrás se viene aceptando, casi como un postulado dentro de la fertilidad de suelo, que el encalamamiento incrementa la disponibilidad de fósforo para la planta. Así, Fassbender y Molina (12) sostienen que una de las maneras como el encalamamiento influye en la disponibilidad de los fosfatos del suelo, es a través de la hidrólisis de los fosfatos de hierro y aluminio y la formación de los fosfatos de calcio.

Según Bache (4) la hidrólisis del fosfato de aluminio el fosfato de hierro ocurre a causa del incremento en la concentración de iones  $\text{OH}^-$  generados por el encalamamiento, según las siguientes reacciones:



Los iones fosfatados ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) así liberados pueden ser aprovechados inmediatamente por la planta o, en su defecto, son precipitados por el calcio para formar fosfatos mono y dicálcicos, conforme ha sido demostrado por Bell y Black (5), de acuerdo a la siguiente reacción:



El incremento de los fosfatos de calcio como resultado del encalamamiento ha sido también observado por Burbano y Mafla (9), en suelos altamente fijadores de fosfatos (Andoso-

les y Latosoles) de Narillo y Putumayo y, por Guerrero y Ortega (16), en un Andosol del Altiplano de Pasto. Sin embargo, el incremento no solamente se consigue en los fosfatos de calcio soluble (mono y dicálcicos) sino también en los insolubles, o sea en los fosfatos de calcio apatítico (9, 15, 16).

De acuerdo a lo anotado, el encalamiento podría incrementar la disponibilidad de fósforo en el suelo, cuando promueve la formación de fosfatos de calcio soluble, como el mono y di, aunque también podría atenuarla cuando el resultado sea la formación de fosfatos de calcio apatíticos, que por naturaleza son muy poco solubles (16).

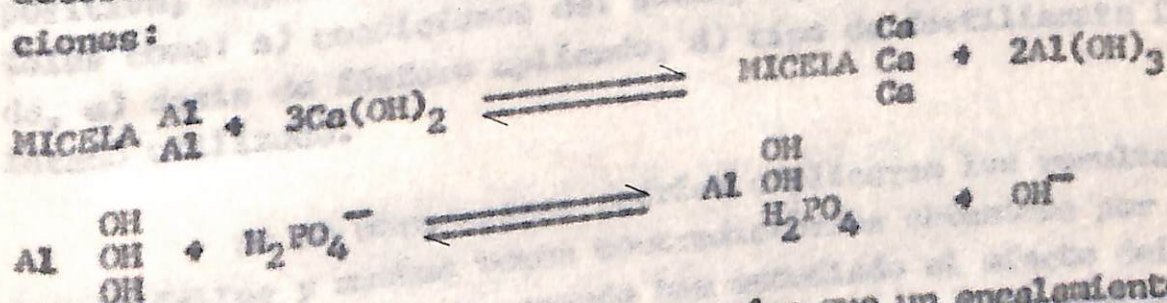
Burbano y Mafla (9) encontraron que el encalamiento disminuyó en un 50% la concentración original de los fosfatos de aluminio en el suelo, lo cual indicaría un aumento en la disponibilidad de fósforo. Sin embargo, en un Latosol del Putumayo, Gudiño y Vega (15) observaron que la solubilización o precipitación del fósforo unido al aluminio dependió del nivel de encalamiento, presentándose una disminución en la concentración de fosfatos de aluminio (solubilización), con dosis de cal inferiores o iguales a 3 Ton/Ha y un aumento (precipitación), cuando el nivel de encalado fue mayor que éste. Estos resultados implican que, al igual que en el caso de los fosfatos de calcio, la acción de la cal puede incrementar la disponibilidad de fósforo cuando se presenta el fenómeno contrario causado por sobreencalamiento.

Con respecto a la acción positiva del encalamiento sobre la concentración de fosfatos de aluminio en el suelo, Hsu y Rennie (19, 20) han demostrado que en medio fuertemente ácido, el fósforo precipita para formar variscita ( $\text{Al}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), en tanto que en medios ligeramente ácidos o neutros,

el fósforo es adsorbido en la superficie de hidróxidos de aluminio amorfos.

Este fenómeno explicaría los resultados experimentales obtenidos por diferentes autoras (9, 16, 21) en suelos del trópico, según los cuales el encalamiento causó un aumento en los fosfatos de aluminio, cuando se aplicaron simultáneamente fertilizantes fosfatados de alta solubilidad.

En efecto, Burbano y Mafla (9) plantean que el encalamiento de un suelo ácido, conduce rápidamente a la neutralización del aluminio e hidrógeno de cambio y al desarrollo de condiciones neutras o ligeramente ácidas. Simultáneamente, la neutralización del aluminio daría lugar a la formación de hidróxidos de aluminio amorfos, los cuales serían responsables de la retención del fósforo aplicado mediante procesos de intercambio aniónico, incrementando así la fracción de fósforo ligada al aluminio. A título ilustrativo, los mismos autores describen el fenómeno mediante las siguientes reacciones:



Estas reacciones implicarían que un encalamiento, cuyo resultado conduzca a la neutralización del aluminio cambiabile, puede ocasionar un efecto negativo sobre la disponibilidad de los fosfatos solubles aplicados al suelo como fertilizantes, ya que se genera un proceso de fijación de fósforo por adsorción a hidróxidos de aluminio amorfos (17).

Hay otros factores que regulan la dinámica del fósforo aplicado como fertilizante, bajo la acción del encalamamiento. Así, Guerrero y Ortega (16) demostraron que el encalamamiento solamente causó un incremento substancial en los fosfatos de calcio no apatíticos cuando se adicionaron dosis altas de fertilización fosfatada (400 y 600 Kg/ha de  $P_2O_5$ ) en forma de Calfos, no ocurriendo lo mismo cuando la fuente utilizada fue Superfosfato triple. De otra parte, el encalamamiento causó una alta retención del fósforo aplicado hacia fosfato de aluminio, cuando la fuente utilizada fue Calfos y, por el contrario, provocó una solubilización de esa misma fracción cuando la fuente utilizada fue el Superfosfato triple.

Consecuente con los resultados experimentales y reseñados, Guerrero (17) concluye, al revisar la información existente sobre el particular, que la acción de la cal sobre la dinámica de los fosfatos del suelo y sobre la disponibilidad del fósforo nativo o aplicado como fertilizante, puede ser positiva, negativa o nula, la cual depende de varios factores tales como: a) condiciones del suelo, b) dosis de cal aplicada, c) dosis de fósforo aplicado, d) tipo de fertilizante fosfatado utilizado.

No de otra manera podrían explicarse los resultados disímiles y muchas veces contradictorios obtenidos por diferentes investigadores, cuando han estudiado el efecto del encalamamiento sobre la utilización de fósforo por diferentes especies cultivadas.

Así, mientras algunos autores han conseguido incrementar substancialmente la absorción de fósforo por la planta mediante la práctica del encalamamiento (1, 3, 13, 16, 24); otros no han detectado un efecto significativo (2, 27).

La anterior contradicción es atribuida por diferentes autores al efecto del sobreencalamiento. Shop et al. (27) encontraron que el encalado, hasta un pH de 4,4 mejoró el rendimiento del trébol ladino, pero por encima de pH 5,2 se presentó una disminución. En dos suelos ácidos de Puerto Rico, Abruña y colaboradores (2) observaron que el rendimiento del pasto elefante se incrementó conforme el pH aumentó de 4 a 5, pero a valores de pH superiores, el rendimiento decayó. Reeve y Sumner (25) constataron, igualmente, que cuando el encalamiento incrementó el pH a valores superiores de 5,5 el rendimiento del sorgo, obtenido en ocho oxisoles, disminuyó acentuadamente, en tanto que el efecto de la cal fue benéfica cuando el incremento del pH fue de 4,5 a 5,5.

## 2.2 El encalamiento y la persistencia de la acción fertilizante del fósforo.

A pesar de que el fenómeno de la residualidad de la fertilización fosfatada es muy conocido, la información existente en lo relacionado a la acción del encalamiento sobre la persistencia del efecto fertilizante del fósforo es sumamente escasa.

El fenómeno del efecto residual de la fertilización fosfatada es tratado ampliamente por Cooke (10), en su obra referente sobre la fertilidad del suelo y su control. Este autor indica que el fenómeno de la residualidad del fósforo aplicado como fertilizante se basa en el hecho de que el fósforo soluble al llegar al suelo es rápidamente transformado hacia formas menos solubles, tales como fosfatos de calcio, fosfatos de aluminio, fosfatos de hierro y otros fosfatos complejos. El fósforo así "fijado" no se pierde completamente, sino que puede ser recuperado lentamente por cultivos sucesivos, hasta el

punto de que suelos con residuos acumulados de fertilizaciones previas, frecuentemente dan mejores rendimientos que suelos que reciben fertilización fosfatada por primera vez. El tratadista lleva a esta conclusión a partir del análisis de un buen número de resultados obtenidos en experimentos de campo realizados en la Estación Experimental de Rothamsted (Inglaterra).

La acción de la cal sobre la residualidad del fósforo aplicado como fertilizante ha sido investigada en suelos de la zona templada. Es así como Fiskell y Spencer (14), Mcconaghy y colaboradores (23) y Spencer (28) concluyeron que la práctica del encalamiento incrementa el efecto residual de las aplicaciones de fósforo.

Para el caso de los suelos del trópico, la información existente sobre el particular es muy precaria. Bouyer (6) en suelos del Senegal, y Brans (7) en suelos del Africa Occidental, encontraron que el efecto residual de la fertilización fosfatada ejerce una considerable influencia positiva sobre la producción de cultivos en rotación. Brans (8) va un poco más allá, cuando en una reciente investigación con suelos del Africa húmeda tropical, concluye que la fijación de los fosfatos bajo estas condiciones no es irreversible, sino que los residuos de fósforo así generados hacen posible mantener una producción vegetal sostenida.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Suelo experimental

Para el trabajo se utilizó un Andept ubicado en el Altiplano de Pasto, carretera Panamericana, Sector Pasto-Ipiiales, Km 15 margen izquierda. Clasificado por Luna y Carlhoun (22) como Dystrandept Típico, de acuerdo al sistema taxonómico americano. Los mismos autores señalan las siguientes características para el horizonte superior (0 - 30 cm).

pH (Agua): 5,20; Al-cambiable (me/100 g): 1,50; H-cambiable (me/100 g): 51,50; K-cambiable (me/100 g): 0,60; Ca-cambiable (me/100 g): 3,90; Mg-cambiable (me/100 g): 1,60; Na-cambiable (me/100 g): 0,40; C-orgánico (%): 8,50; C.I.C. (Me/100 g): 57,00; P-aprovechable (Bray II) (ppm): 2,00; N-Total (%): 0,94; C/N: 9,00; Saturación de bases (%): 11,00; pH (NaF 1M): 11,20; Arenas (%): 34,00; Limos (%): 29,00; Arcillas (%): 37,00; Textura: Franco; Densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ): 0,49.

#### 3.2 Ensayo de invernadero

En 48 materas de 2 Kg de capacidad se distribuyó la muestra del suelo experimental correspondiente al horizonte superficial (0 - 20 cm), la cual previamente se secó al aire y se tamizó.

Una vez colocado el suelo en materas se procedió a eliminar patógenos del mismo mediante un tratamiento con formal al 2%.

Con base en un diseño experimental en parcelas divididas y arreglados en un diseño de tratamiento factorial 3 x 4, se combinaron los siguientes factores:

Factor "A" (Fuente de Fósforo) 2 Ton/Ha cal

1. 10-30-10 (400 Kg/Ha de  $P_2O_5$ ) triple + 2 Ton/Ha cal.
2. Superfosfato triple (46%  $P_2O_5$ ) (400 Kg/Ha  $P_2O_5$ )
3. Calfos (16%  $P_2O_5$ ) (400 Kg/Ha  $P_2O_5$ )
10. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - 10-30-10 + 2 Ton/Ha cal

Factor "B" Dosis de cal

11. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Superfosfato triple + 3 Ton/Ha cal
1. 0 Ton/Ha
2. 1 Ton/Ha
3. 2 Ton/Ha
4. 3 Ton/Ha

De lo anterior resultaron los siguientes tratamientos :

1. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - 10-30-10 + 0 Ton/Ha cal
2. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Superfosfato triple + 0 Ton/Ha cal
3. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Calfos + 0 Ton/Ha cal
4. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - 10-30-10 + 1 Ton/Ha cal
5. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Superfosfato triple + 1 Ton/Ha cal.
6. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Calfos + 1 Ton/Ha cal

7. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - 10-30-10 + 2 Ton/Ha cal
8. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Superfosfato triple + 2 Ton/Ha cal.
9. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Calfos + 2 Ton/Ha cal
10. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - 10-30-10 + 3 Ton/Ha cal
11. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Superfosfato triple + 3 Ton/Ha cal.
12. 400 Kg/Ha  $P_2O_5$  - Calfos + 3 Ton/Ha cal

Es decir, la dosis de fósforo fue constante, variando únicamente la fuente portadora del elemento, cuya diferencia radica en el grado de solubilidad del fósforo, en la siguiente forma:

Superfosfato triple: 100% soluble en agua

Calfos

60% - 90% soluble en citrato de Amonio

10-30-10

50% soluble en agua y 50% soluble en citrato de amonio (1)

El encalamiento se hizo, utilizando cal agrícola comercial procedente de San Francisco, Putumayo, en forma de  $Ca(OH)_2$ .

Los fertilizantes fosfatados se aplicaron localizadamente a unos 5 cm de profundidad.

Además, se aplicó una fertilización básica 100 Kg/ Ha N; 50 Kg/ Ha  $K_2O$ ; 100 Kg/ Ha Mg; 1 ppm de Zn y 1 ppm de Mo.

Al cabo de cuatro semanas de añadir la cal y después de una semana de aplicados los fertilizantes se realizó la siembra de tres semillas de maíz (Zea mays L.) variedad ICA-554. Posteriormente se dejó una planta por mata. Las plantas se tuvieron a la intemperie y se regaron; además, se efectuó el control regular de plagas y enfermedades.

A los dos meses de la siembra se procedió a realizar la primera cosecha. Para ello se cortó a ras de suelo en forma individual cada una de las plantas, las cuales fueron colocadas en bolsas plásticas.

Se dejó descansar el suelo durante un mes y se realizó una segunda siembra, luego se efectuó cosecha al cabo de dos meses adicionales. Tras un segundo receso de un mes se realizó la tercera siembra y la tercera cosecha, en forma similar a las anteriores.

Después de cada corte se tomaron muestras de suelo de cada una de las unidades experimentales.

### 3.3 Determinación de laboratorio

#### 3.3.1 Absorción de fósforo por la planta

Las plantas de maíz obtenidas en cada corte fueron secadas en estufa a  $76^{\circ}C$  durante 48 horas. Una vez secas, se obtuvo el peso de cada una de las plantas y se procedió a moler el tejido vegetal.

La totalidad de la materia seca se llevó a digestión en una mezcla ternaria nítrico-sulfúrico-perclórico, en proporción 10-1-4. En el extracto resultante se determinó el fósforo absorbido por la planta, mediante la intensidad del color en un espectrofotómetro Coleman, a una longitud de onda de  $660\text{ m}\mu$  (11).

El fósforo absorbido por la planta se expresó en términos de mg de fósforo/planta, en función de la concentración de fósforo en el tejido vegetal y el peso de materia seca producido.

### 3.3.2 Fósforo aprovechable

Las muestras de suelo tomadas de cada materia después de cada uno de los tres cortes se secaron al aire. Posteriormente se procedió a determinar en ellas fósforo aprovechable por el método Bray II (26).

El fósforo aprovechable se expresó en términos de ppm, tomando en consideración el contenido de humedad en cada muestra, el cual fue previamente determinado.

### 3.4 Análisis estadístico

La evaluación de los resultados del experimento se realizó mediante el análisis de variancia y tendencia aplicado a cada una de las siguientes variables de respuesta:

- a) Absorción de fósforo por la planta
- b) Fósforo aprovechable en el suelo (Bray II).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados generales obtenidos para la absorción de fósforo por la planta y para fósforo aprovechable en el suelo junto con los correspondientes análisis de variancia y de tendencia se presentan en las Tablas I a XII y Figuras 1 a 6, así como en el apéndice.

##### 4.1 Efecto de los niveles de cal y de la fuente fosfatada sobre la absorción de fósforo por la planta en la primera cosecha.

Puesto que los efectos de la fuente fertilizante y de los niveles de encalamiento sobre la utilización del fósforo por la planta solamente fueron detectables claramente en la primera cosecha, se decidió discutirlos antes de pasar a analizar los resultados para la persistencia del efecto fertilizante del fósforo.

De acuerdo al análisis de variancia (Tabla II), el efecto de la cal sobre la utilización del fósforo por la planta dependió de la fuente de fósforo utilizada. Así, el encalamiento causó un efecto cuadrático sobre la absorción de fósforo cuando se utilizó 10-30-10 ( $P < 0,01$ ) (Figura 1). La absorción de fósforo se incrementó acentuadamente por encima de 0 hasta 1,5 Ton/Ha de cal, decayendo luego a niveles superiores de encalado. Para el Calfos el efecto fue similar al anterior ( $P = 0,01$ ), alcanzándose, así mismo, un máximo de absorción de fósforo con una aplicación de 1,5 Ton/Ha de cal; no obstante la máxima absorción conseguida fue muy inferior a la obtenida cuando se utilizó 10-30-10. Para el caso del Superfosfato triple, el efecto detectado fue de tendencia cúbica ( $P = 0,01$ ), determinándose el máximo de absorción de fósforo con una aplicación de 1 Ton/Ha de cal.

En general, se observó que cuando no se aplicó cal, la absorción de fósforo fue mínima cualquiera que fuese la fuente de fósforo aplicado (Figura 1). La primera tonelada de cal causó para las tres fuentes un acentuado incremento en la absorción de fósforo, particularmente cuando se utilizó 10-30-10. Las dosis de cal consiguieron también aumentar la absorción de fósforo, pero los incrementos fueron de menor magnitud.

La fuente fosfatada causó un efecto diferencial sobre la absorción de fósforo, a un nivel estadístico de confiabilidad del 95%. Sin embargo, este efecto dependió del nivel de encalamiento (interacción fuente x cal fue significativa) (Tabla II), así al no aplicar cal la absorción de fósforo fue mínima y prácticamente igual para las tres fuentes fertilizantes; cuando se aplicó cal con dosis de 1, 2 o 3 Ton/Ha, la mayor utilización de fósforo se alcanzó con la adición de 10-30-10. Las mayores diferencias se expresaron al nivel de 1 Ton/Ha de cal, cuando el 10-30-10 duplicó la absorción de fósforo con seguida con Superfosfato y cuadruplicó la obtenida con Calfos (Tabla I - Figura 3). Excepto al nivel de 2 Ton/Ha de cal, el Calfos produjo los menores valores de absorción de fósforo por el maíz.

La evaluación estadística del efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca no se la realizó, por cuanto es claro que esta variable está involucrada como un factor del parámetro de absorción de fósforo por la planta, el cual se obtuvo multiplicando la concentración de fósforo en el tejido vegetal por los gramos de materia seca producidos.

Por consiguiente, es de esperar que los efectos de los tratamientos sobre la materia seca se manifiesten en igual

forma y con similar nivel de significación estadística que para la absorción de fósforo. A título informativo se incluye la Figura 2 que corrobora lo afirmado. En efecto, existe similitud entre las Figuras 1 y 2. Como se ve, el encalado, a un nivel de 1 Ton/Ha, triplicó la producción de materia seca cuando la fuente usada fue 10-30-10 o Superfosfato, y la duplicó cuando el fósforo se aplicó como Calfos. En general, el 10-30-10 llevó, a cualquier nivel de encalado, a una mayor producción de materia seca, aunque el nivel de 1 Ton/Ha de cal la diferencia de esta fuente con el Superfosfato, fue mínima.

Los resultados anteriores significan que la mayor absorción de fósforo y, en consecuencia, el mayor desarrollo de la planta se alcanzó cuando se aplicó un encalamiento moderado equivalente a 1 Ton/Ha de cal o, al máximo, 1,5 Ton/Ha. Niveles de encalado superiores a éste, tendieron a un sobreencalamiento, particularmente en el caso del Calfos y del Superfosfato triple, efecto explicable bien sea por un desbalanceamiento nutricional, o por una retención de fósforo ejercida por los hidróxidos de aluminio amorfos, resultantes de la neutralización del aluminio cambiante, conforme lo explican Hsu y Rennie (19, 20).

Por otra parte, la fuente más eficiente para suplir fósforo a la planta fue el 10-30-10, excepto en ausencia de encalado, cuando la acción de las tres fuentes fue igual. La mayor efectividad del 10-30-10 para suministrar fósforo al cultivo se explica, al menos en parte, por el hecho de que solamente la mitad de su fósforo es rápidamente soluble (soluble en agua), o sea de disponibilidad inmediata para la planta, en tanto que la otra mitad es de lenta solubilidad (soluble en citrato) o sea de más lenta aprovechabilidad para la planta (1).

El hecho anterior puede tener interés para el caso del suelo experimental que, siendo un Andept, posee una muy alta capacidad fijadora de fosfatos. En efecto, el fósforo de lenta solubilidad supone una mayor persistencia y un proceso de fijación más lento, lo cual le da a la planta mayor posibilidad de compartir con los procesos de fijación y utilizar mejor el fósforo aplicado. Por el contrario, cuando la totalidad del fósforo es de alta solubilidad, como en el caso del Superfosfato triple, el fósforo es rápidamente liberado en el suelo y convertido a formas menos solubles, no dándole oportunidad a la planta de disponer de fósforo durante el mayor tiempo en su ciclo vegetativo, sino únicamente en los primeros estados de desarrollo.

La baja eficiencia mostrada por el Calfos para suministrar el fósforo al maíz ha sido ya informada en trabajos previos realizados con un suelo similar al utilizado en la presente investigación (16). La explicación radica seguramente en la baja solubilidad del fósforo, constituido mayormente por silicatos de calcio y apatitas (10). Sin embargo, es posible que la eficiencia del Calfos mejore si se aplica bien mezclado con el suelo, dando así oportunidad a que su solubilidad aumente, al fomentar una mayor interacción del fertilizante con las partículas del suelo.

La mayor efectividad de la fertilización fosfatada promovida por el encalamiento, podría explicarse por el hecho de que la cal atenúa la intensidad de fijación de fosfatos, conforme ha sido la teoría tradicional. Sin embargo, ésta no parece ser la explicación válida para el caso que nos ocupa, pues los resultados obtenidos para el fósforo aprovechable, que se discuten más adelante, indican una situación diferente.

#### 4.2 Efecto de los niveles de cal y de la fuente fosfatada sobre la persistencia de la acción fertilizante del fósforo.

La persistencia del efecto fertilizante se evaluó con base a la forma como se comportó la absorción de fósforo por la planta y el fósforo aprovechable en el suelo a lo largo del tiempo, ocho meses en tres cosechas sucesivas.

##### 4.2.1 Absorción de fósforo

La situación al respecto se puede observar claramente en la Figura 3. Para todas las fuentes y para cualquier nivel de aplicación de cal, en la segunda cosecha, o sea de tres a cinco meses después de aplicados los fertilizantes, la absorción de fósforo por el maíz disminuyó a niveles muy bajos; durante el tercer cultivo, después de practicada la fertilización, la absorción fue mínima. Como resultado de lo anterior, la producción de materia seca también decayó acentuadamente en la segunda y tercera cosecha (Figura 4).

De acuerdo con los resultados anteriores, ni en la segunda cosecha (Tabla VI) ni en la tercera (Tabla X), los tratamientos arrojaron efectos estadísticamente confiables sobre la absorción de fósforo por la planta, excepto para aquel que incluyó 10-30-10 en la segunda, fuente bajo la cual el encalamiento causó una disminución lineal estadísticamente confiable ( $P < 0.01$ ) en la utilización del fósforo por la planta (Tabla VI). Este efecto se presenta en la Figura 5, en donde así mismo se observa que para las dos fuentes restantes (Calfos y Superfosfato triple) el encalado tendió a producir un efecto similar pero no detectable estadísticamente.

El significado práctico de los resultados anteriores que bajo condiciones experimentales, caracterizado por un suelo altamente fijador de fosfatos y un cultivo ávido de fósforo, determina que al cabo de tres meses de realizada la fertilización fosfatada, y cualquiera que sea la fuente utilizada, el efecto fertilizante se hace mínimo o desaparece. De otra parte, el encalamiento a cualquier nivel de los utilizados en el trabajo, no mejora esta situación y, por el contrario, tiende a causar un efecto negativo y, por tanto, contrario al esperado.

Lo anterior supone que un cultivo ávido de fósforo, tal como la papa, al ser establecido en un Dystrandept típico, únicamente dispondría de suficiente fósforo durante los dos primeros meses de vida, suponiendo que la germinación tarde un mes y la fertilización se realice al momento de la siembra. Se haría, necesario o indispensable por lo tanto, en este caso, realizar un reabonamiento con fósforo tres meses después de la siembra, aunque habría que tomar en consideración la variedad de papa a utilizarse.

Además, resulta sorprendente que ni siquiera en el caso del Calfos, que es una fuente poco soluble de fósforo, se evidenciara una mayor persistencia. Ya que la permanencia del efecto fertilizante es inversamente proporcional a la solubilidad del compuesto. Es posible que en la primera cosecha, el Calfos liberó la porción de fósforo más soluble y que para conseguir que se solubilice la porción menos soluble se requiera un tiempo mucho mayor a ocho meses, mostrando así un efecto residual a largo plazo.

#### 4.2.2 Fósforo aprovechable (Bray II)

De conformidad con los resultados obtenidos en el análisis de variancia (Tabla IV) en la primera cosecha,

los niveles de cal causaron una disminución lineal significativa ( $P < 0,01$ ) en el fósforo aprovechable (Bray II), cuando la fuente aplicada fue 10-30-10 o Calfos. Este efecto se hace evidente en la Figura 6.

Igualmente, en la primera cosecha, la fuente fosfatada causó un efecto diferencial detectable con el 95% de confiabilidad sobre el fósforo aprovechable. Los mayores valores se obtuvieron para el Calfos y los menores para el 10-30-10, excepto para el nivel 0 Ton/Ha de cal en el cual el menor valor se obtuvo con la aplicación de Superfosfato triple (Figura 6).

Tanto el efecto del encalamiento, como el efecto de la fuente se pueden explicar por el hecho de que los mayores valores de absorción de fósforo coincidieron con los menores valores de fósforo aprovechable y viceversa. Esto significa que entre más fósforo absorbido la planta menos fósforo aprovechable quedó en el suelo. Sobre el particular hay que recordar que la determinación de fósforo aprovechable se realizó después de cada cosecha. Resulta, por lo dicho, evidente que el encalamiento, al incrementar la absorción de fósforo por la planta, disminuya la concentración de fósforo aprovechable del suelo.

Sin embargo, la argumentación anterior, no explica el hecho contradictorio de que el Calfos promovió altos valores de fósforo aprovechable que la planta no utilizó ni en la primera ni en la segunda cosecha. Al respecto, Cuervero y Ortega (16) encontraron la misma situación, la cual explican sosteniendo que el método Bray II extrae fósforo apatítico (mineral éste presente en alta cantidad en el Calfos) que la planta de maíz no puede extraer.

Otra evidencia experimental interesante radica en el hecho de que los más altos valores de fósforo aprovechable que se alcanzaron, para las tres fuentes utilizadas, en la primera cosecha, cuando no se aplicó cal (Figura 6), correspondieron con los más bajos niveles de absorción de fósforo (Figura 3). Esto supone que los altos niveles de fósforo aprovechables generados por la fertilización fosfatada, no fueron utilizados por la planta hasta tanto no se aplicó encalamiento.

Del raciocinio anterior resulta que el menor aprovechamiento del fósforo, causado por el encalado, no es el resultado de un incremento en el fósforo aprovechable o una disminución en la fijación de fosfatos, sino de la aplicación de calcio a un suelo con deficiencia en este elemento. En efecto, el suelo experimental presentó un 7% de saturación de calcio, lo que indudablemente conlleva una acentuada deficiencia en este elemento (18). El encalado, al eliminar este factor limitante, provocó un funcionamiento metabólico normal en la planta y permitió que ésta utilizara el fósforo aplicado en forma adecuada.

La evolución del fósforo aprovechable a lo largo de tres cosechas sucesivas se muestra en la Figura 6. La tendencia fue similar a la observada en la Absorción de fósforo por la planta (Figura 3) y en la producción de materia seca (Figura 4). Es decir, a lo largo del tiempo, el nivel de fósforo aprovechable en el suelo decayó acentuadamente. Este hecho determinó que en la segunda cosecha la acción de los tratamientos sobre el fósforo aprovechable fuera de menor magnitud (Tabla VIII) y en la tercera cosecha desaparecieran (Tabla XII).

La congruencia entre la caída en la absorción de fósforo por la planta y la caída en el nivel de fósforo

foro aprovechable a lo largo de las tres cosechas, implica que el método Bray II trabajó en forma relativamente eficiente. Al respecto, hay que señalar que la determinación de fósforo aprovechable se realizó después de cada cosecha, lo cual no permitió establecer una evaluación confiable del método de extracción, por cuanto para ello, la determinación debería haberse realizado antes de cada siembra.

No obstante, pese a la caída en la disponibilidad de fósforo en el suelo, en la segunda cosecha se observa que aún quedan residuos de fósforo aprovechable. Por ejemplo, para el caso del 10-30-10 quedaron entre 10 y 20 ppm. No se descarta que especies con mayor capacidad de extracción de fósforo, tales como la cebada (10), puedan utilizar esos residuos. Es por tanto, importante que algún esfuerzo investigativo se realice sobre este aspecto.

TABLA I

RESULTADOS OBTENIDOS DE ABSORCION DE P, POR LAS PLANTAS (mg/planta)

Primera Cosecha

| Fuente                            | Dosis de Cal (Ton/Ha) |        |        | Total  |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                                   | 0                     | 1      | 2      | 3      |
| 10-30-10                          | 0.374                 | 20.744 | 4.983  | 3.687  |
|                                   | 2.915                 | 11.533 | 14.194 | 8.635  |
|                                   | 1.414                 | 31.781 | 12.863 | 5.820  |
|                                   | 0.194                 | 17.966 | 8.093  | 14.312 |
| X                                 | 1.224                 | 20.506 | 10.033 | 8.113  |
| Calfos                            | 3.403                 | 7.292  | 1.203  | 3.333  |
|                                   | 2.485                 | 2.259  | 10.894 | 3.921  |
|                                   | 0.132                 | 9.160  | 4.838  | 1.370  |
|                                   | 0.872                 | 3.768  | 6.981  | 3.888  |
| X                                 | 1.723                 | 5.620  | 5.979  | 3.128  |
| Super Fosfato Triple              | 3.919                 | 2.784  | 1.593  | 4.536  |
|                                   | 2.556                 | 12.722 | 4.187  | 4.343  |
|                                   | 1.079                 | 15.518 | 2.558  | 1.528  |
|                                   | 2.545                 | 10.905 | 3.674  | 15.707 |
| X                                 | 2.525                 | 10.482 | 6.529  | 3.003  |
| X <sub>E</sub>                    | 1.824                 | 12.202 | 6.338  | 5.923  |
| X <sub>E</sub> - Promedio General |                       |        |        | 6.571  |

X<sub>E</sub> - Promedio General

TABLA II

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA Y TENDENCIA PARA ABSORCION DE  
P, POR LA PALNTA EN LA PRIMERA COSECHA

| Fuente de Variación          | G.L.          | S.C.                          | C.M.                         | Fc                                                                    | 1%                   | 5%                   |
|------------------------------|---------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Fuente Error (a) Cal         | 2<br>9<br>3   | 212,581<br>200,727<br>636,685 | 106,291<br>22,303<br>218,895 | 4,765 <sup>+</sup><br><br>342,023 <sup>++</sup>                       | 8,02<br>4,60         | 4,26<br>2,96         |
| 10-30-10                     | L<br>C<br>Cu  | 20,785<br>449,530<br>293,499  | 20,785<br>449,530<br>203,499 | 32,477 <sup>++</sup><br>702,390 <sup>++</sup><br>458,593 <sup>+</sup> | 7,68<br>7,68<br>7,68 | 4,21<br>4,21<br>4,21 |
| Callos                       | L<br>C<br>Cu  | 4,183<br>45,529<br>0,021      | 4,183<br>45,529<br>0,021     | 6,536 <sup>+</sup><br>71,139 <sup>NS</sup><br>0,033 <sup>NS</sup>     | 7,68<br>7,68<br>7,68 | 4,21<br>4,21<br>4,21 |
| Super Fosfato Triple         | L<br>C<br>Cu  | 4,079<br>29,505<br>139,829    | 4,079<br>29,505<br>139,829   | 6,373 <sup>+</sup><br>46,102 <sup>++</sup><br>218,483 <sup>++</sup>   | 7,68<br>7,68<br>7,68 | 4,21<br>4,21<br>4,21 |
| Fuente x Cal Error (b) Total | 6<br>27<br>47 | 828,534<br>17,332<br>1915,842 | 138,089<br>0,641             | 215,764 <sup>++</sup>                                                 | 3,56                 | 2,46                 |

L = Lineal

C = Cúbica

Cu= Cuadrática

++ = Significativo al 1%

+ = Significativo al 5%

NS = No significativo

TABLA III

RESULTADOS OBTENIDOS DE P, DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm) BRAY II.

Primera Cosecha

| Fuente                     | Dosis de Cal (Ton/Ha) |        |        | Total   |
|----------------------------|-----------------------|--------|--------|---------|
|                            | 0                     | 1      | 2      |         |
| 10-10-10                   | 87,383                | 16,292 | 10,242 | 124,163 |
|                            | 45,589                | 11,057 | 9,777  | 85,518  |
|                            | 17,616                | 9,040  | 10,592 | 50,286  |
|                            | 14,084                | 18,896 | 15,753 | 63,828  |
| X                          | 42,168                | 13,822 | 11,591 | 20,237  |
| Califon                    | 59,135                | 73,725 | 53,159 | 199,058 |
|                            | 106,319               | 51,219 | 16,296 | 221,562 |
|                            | 35,814                | 30,460 | 43,847 | 134,489 |
|                            | 35,814                | 37,892 | 25,143 | 123,274 |
| X                          | 59,270                | 48,309 | 34,611 | 42,399  |
| Super<br>Fosfato<br>Triple | 73,725                | 31,196 | 27,976 | 168,596 |
|                            | 20,216                | 21,340 | 23,824 | 72,442  |
|                            | 20,759                | 17,461 | 27,976 | 91,262  |
|                            | 30,382                | 20,216 | 24,443 | 88,042  |
| X                          | 36,270                | 22,553 | 26,055 | 26,271  |
| X <sub>2</sub>             | 45,903                | 28,228 | 24,086 | 29,635  |

TABLA IV

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA Y TENDENCIA DEL P, DISPONIBLE  
EN EL SUELO, MAY II. Primera Cosecha

| Fuente de<br>Variación | G.L. | S.C.      | C.M.     | Fc                  | 1%   | 5%   |
|------------------------|------|-----------|----------|---------------------|------|------|
| Puente                 | 2    | 4200,753  | 2100,376 | 4,831 <sup>†</sup>  | 8,02 | 4,26 |
| Error (a)              | 9    | 3912,332  | 434,703  |                     |      |      |
| Cal                    | 3    | 4609,063  | 1536,354 | 5,111 <sup>†</sup>  | 4,60 | 2,96 |
| 10-30-10               | L    | 1576,071  | 1576,071 | 5,243 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                        | C    | 907,258   | 907,258  | 3,018 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                        | Cu   | 97,747    | 97,747   | 0,325 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
| Califos                | L    | 2391,385  | 2391,385 | 7,956 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                        | C    | 14,043    | 14,043   | 0,046 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                        | Cu   | 17,019    | 17,019   | 0,056 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
| Super<br>Fosfato       | L    | 399,465   | 399,465  | 1,329 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                        | C    | 61,904    | 61,904   | 0,206 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                        | Cu   | 141,193   | 141,193  | 0,469 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
| Puente x Cal           | 6    | 990,098   | 165,016  | 0,549 <sup>NS</sup> | 3,56 | 2,46 |
| Error (b)              | 27   | 8115,411  | 300,570  |                     |      |      |
| Total                  | 47   | 21827,657 |          |                     |      |      |

TABLA V

RESULTADOS OBTENIDOS DE ABSORCION DE P, POR LA PLANTA (mg/planta)

Segunda Cosecha

| Fuente               | Dosis de Cal Ton/ha |       |       | Total |
|----------------------|---------------------|-------|-------|-------|
|                      | 0                   | 1     | 2     |       |
| 10-30-10             | 2,320               | 2,176 | 0,611 | 0,580 |
|                      | 0,969               | 0,534 | 1,100 | 0,840 |
|                      | 0,356               | 1,060 | 0,609 | 1,055 |
|                      | 1,936               | 0,433 | 0,802 | 0,400 |
| X                    | 1,396               | 1,051 | 0,780 | 0,794 |
|                      |                     |       |       | 1,005 |
|                      | 2,137               | 2,296 | 0,909 | 0,724 |
|                      | 0,747               | 0,140 | 0,295 | 1,019 |
| Calfos               | 2,833               | 0,527 | 0,399 | 0,340 |
|                      | 2,692               | 0,640 | 0,715 | 1,017 |
|                      |                     |       |       | 5,065 |
|                      | 2,102               | 0,901 | 0,554 | 0,775 |
| X                    |                     |       |       | 1,083 |
|                      | 1,295               | 3,939 | 2,076 | 1,100 |
|                      | 1,396               | 1,370 | 1,024 | 0,891 |
|                      | 1,256               | 0,360 | 1,502 | 1,195 |
| Super Fosfato Triple | 3,970               | 0,796 | 1,390 | 1,435 |
|                      |                     |       |       | 1,562 |
|                      | 1,979               | 1,616 | 1,498 | 1,155 |
|                      |                     |       |       | 1,216 |
| X <sub>8</sub>       | 1,826               | 1,189 | 0,944 | 0,908 |
|                      |                     |       |       | 1,216 |

TABLA VI

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA Y TENDENCIA PARA ABSORCION DE P,  
POR LA PLANTA EN LA SEGUNDA COSECHA

| Fuente de Variación     | G.L                | S.C                         | C.M                         | Pc                                                                    | 1%                   | Fc                   | 5% |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----|
| Fuente Error (a)<br>Cal | 2<br>9<br>3        | 2,911<br>6,540<br>6,491     | 1,455<br>0,726<br>2,163     | 2,003 <sup>NS</sup><br><br>1,868 <sup>NS</sup>                        | 8,02<br><br>4,60     | 4,26<br><br>2,96     |    |
| 1 10-30-10              | L 1<br>C 1<br>Cu 1 | 26,598<br>82,818<br>163,460 | 26,598<br>82,818<br>163,460 | 22,961 <sup>++</sup><br>71,493 <sup>++</sup><br>141,108 <sup>++</sup> | 7,68<br>7,68<br>7,68 | 4,21<br>4,21<br>4,21 |    |
| 4 Calfos                | L 1<br>C 1<br>Cu 1 | 3,745<br>2,071<br>0,016     | 3,745<br>2,071<br>0,016     | 3,233 <sup>NS</sup><br>1,787 <sup>NS</sup><br>0,014 <sup>NS</sup>     | 7,68<br>7,68<br>7,68 | 4,21<br>4,21<br>4,21 |    |
| 5 Super Fosfato Triple  | L 1<br>C 1<br>Cu 1 | 1,341<br>0,000<br>0,044     | 1,341<br>0,000<br>0,044     | 1,157 <sup>NS</sup><br>0,000 <sup>NS</sup><br>0,038 <sup>NS</sup>     | 7,68<br>7,68<br>7,68 | 4,21<br>4,21<br>4,21 |    |
| Fuente x Cal            | 6                  | 1,675                       | 0,269                       | 0,232 <sup>NS</sup>                                                   | 3,56                 | 2,46                 |    |
| Error (b)               | 27                 | 31,275                      | 1,158                       |                                                                       |                      |                      |    |
| Total                   | 47                 | 48,894                      |                             |                                                                       |                      |                      |    |

TABLA VII

RESULTADOS OBTENIDOS DE P, DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm) BRAY II

Segunda Cosecha

| Fuente         | Dosis de Cal Ton/Ha |        |        | Total  |
|----------------|---------------------|--------|--------|--------|
|                | 0                   | 1      | 2      | 3      |
| 10-30-10       | 29,276              | 29,374 | 26,926 | 5,384  |
|                | 12,238              | 13,022 | 23,224 | 9,790  |
|                | 27,710              | 17,329 | 12,630 | 7,636  |
|                | 24,870              | 19,680 | 5,600  | 11,161 |
| X              | 23,523              | 19,851 | 17,095 | 8,493  |
| Callos         | 6,657               | 16,547 | 7,440  | 13,707 |
|                | 10,476              | 10,574 | 4,894  | 9,790  |
|                | 10,769              | 10,576 | 8,909  | 12,219 |
|                | 17,526              | 12,825 | 15,959 | 18,897 |
| X              | 11,357              | 12,605 | 9,301  | 13,653 |
| Super          | 8,616               | 13,217 | 10,966 | 16,742 |
|                | 9,105               | 10,378 | 11,455 | 7,049  |
|                | 18,016              | 22,617 | 10,769 | 10,084 |
|                | 13,022              | 24,870 | 10,084 | 7,049  |
| X              | 12,190              | 17,771 | 10,818 | 10,231 |
| X <sub>B</sub> | 15,690              | 16,742 | 12,405 | 10,792 |
|                |                     |        |        | 13,907 |

TABLA VIII

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA Y TENDENCIA PARA EL P,  
DISPONIBLE EN EL SUELO. BRAY II. SEGUNDA COSECHA

| Fuente de<br>Variación-    | G.L | S.C      | C.M     | Pc        | 1%   | 5%   |
|----------------------------|-----|----------|---------|-----------|------|------|
| Fuente                     | 2   | 275,033  | 137,516 | 3,097 NS  | 8,02 | 4,26 |
| Error (a)                  | 9   | 399,614  | 44,401  |           |      |      |
| Cal                        | 3   | 314,122  | 104,707 | 29,206**  | 4,60 | 2,96 |
| 10-30-10                   | L   | 457,878  | 457,878 | 127,717** | 7,68 | 4,21 |
|                            | C   | 24,309   | 24,309  | 6,780 NS  | 7,68 | 4,21 |
|                            | Cu  | 9,143    | 9,143   | 2,550     | 7,68 | 4,21 |
| Calfos                     | L   | 2,569    | 2,569   | 2,716 NS  | 7,68 | 4,21 |
|                            | C   | 9,634    | 9,634   | 2,687**   | 7,68 | 4,21 |
|                            | Cu  | 29,819   | 29,819  | 8,317**   | 7,68 | 4,21 |
| Super<br>Fosfato<br>Triple | L   | 32,915   | 32,915  | 9,181**   | 7,68 | 4,21 |
|                            | C   | 38,049   | 38,049  | 10,613**  | 7,68 | 4,21 |
|                            | Cu  | 71,428   | 71,428  | 19,923**  | 7,68 | 4,21 |
| Fuente x Cal               | 6   | 911,690  | 151,948 | 42,383**  | 3,56 | 2,46 |
| Error (b)                  | 27  | 96,796   | 3,585   |           |      |      |
| Total                      | 47  | 1997,257 |         |           |      |      |

TABLA IX

RESULTADOS OBTENIDOS DE P. DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm) BRAY II.

Tercera Cosecha

| Fuente               | Dosis de Cal Ton/ha |        |        |       | Total  |
|----------------------|---------------------|--------|--------|-------|--------|
|                      | 0                   | 1      | 2      | 3     |        |
| 10-30-10             | 9,219               | 5,867  | 9,459  | 4,789 | 29,334 |
|                      | 7,543               | 11,973 | 11,853 | 6,944 | 38,313 |
|                      | 6,346               | 11,135 | 4,909  | 6,601 | 28,496 |
|                      | 7,304               | 8,860  | 10,536 | 6,944 | 33,644 |
|                      |                     |        |        |       |        |
| X                    | 7,604               | 9,459  | 9,189  | 6,196 | 32,447 |
| Calfos               | 3,951               | 5,867  | 4,430  | 8,501 | 22,749 |
|                      | 4,789               | 6,944  | 4,909  | 4,430 | 21,072 |
|                      | 6,944               | 7,663  | 5,508  | 6,944 | 27,059 |
|                      | 12,332              | 5,508  | 4,789  | 5,268 | 27,897 |
|                      |                     |        |        |       |        |
| X                    | 7,004               | 6,496  | 4,909  | 6,286 | 24,694 |
| Super Fosfate Triple | 8,022               | 5,148  | 7,184  | 4,669 | 25,023 |
|                      | 11,374              | 6,585  | 6,465  | 4,789 | 29,213 |
|                      | 4,909               | 5,508  | 6,944  | 4,430 | 21,791 |
|                      | 5,268               | 12,811 | 5,627  | 8,022 | 31,728 |
|                      |                     |        |        |       |        |
| X                    | 7,393               | 7,513  | 6,555  | 5,478 | 26,939 |
| X <sub>8</sub>       | 7,333               | 7,822  | 6,884  | 5,986 | 28,026 |

TABLA X

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA Y TENDENCIA PARA EL P. ABSORBIDO  
POR LA PLANTA. TERCERA COSECHA

| Fuente de Variancia  | G.L. | S.C    | C.M   | Pc       | 1%   | 5%   |
|----------------------|------|--------|-------|----------|------|------|
| Fuente               | 2    | 0,395  | 0,198 | 0,459 NS | 8,02 | 4,26 |
| Error (a)            | 9    | 3,963  | 0,440 |          |      |      |
| Cal                  | 3    | 0,603  | 0,201 | 1,069 NS | 4,60 | 2,96 |
| 10-30-10             | L    | 0,005  | 0,005 | 0,027 NS | 7,68 | 4,21 |
|                      | C    | 0,062  | 0,062 | 0,330 NS | 7,68 | 4,21 |
|                      | Cu   | 0,000  | 0,000 | 0,000    | 7,68 | 4,21 |
| Calfos               | L    | 0,211  | 0,211 | 1,122 NS | 7,68 | 4,21 |
|                      | C    | 0,193  | 0,193 | 1,027 NS | 7,68 | 4,21 |
|                      | Cu   | 0,089  | 0,089 | 0,473    | 7,68 | 4,21 |
| Super Fosfato Triple | L    | 0,389  | 0,389 | 2,069 NS | 7,68 | 4,21 |
|                      | C    | 0,049  | 0,049 | 0,261 NS | 7,68 | 4,21 |
|                      | Cu   | 0,044  | 0,044 | 0,234    | 7,68 | 4,21 |
| Fuente x Cal         | 6    | 0,438  | 0,073 | 0,388 NS | 3,56 | 2,46 |
| Error (b)            | 27   | 5,075  | 0,188 |          |      |      |
| Total                | 47   | 10,474 |       |          |      |      |

RESULTADOS OBTENIDOS DE ABSORCIÓN DE P, POR LA PLANTA (mg/planta).

- 33 -

- 33 -

2002

For Sale

Triple



TABLA XII

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA Y TENDENCIA PARA EL P. DISPONIBLE  
EN EL SUELO. BRAY II. TERCERA COSECHA

| Fuente de<br>Variación     | G.L. | S.C     | C.M    | Fc                  | 1%   | 5%   |
|----------------------------|------|---------|--------|---------------------|------|------|
| Fuente                     | 2    | 31,826  | 15,913 | 3,765 <sup>NS</sup> | 8,02 | 4,26 |
| Error (a)                  | 9    | 38,044  | 4,227  |                     |      |      |
| Cal                        | 3    | 21,939  | 7,313  | 1,311 <sup>NS</sup> | 4,60 | 2,96 |
| 10-30-10                   | L    | 4,034   | 4,034  | 0,723 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                            | C    | 23,515  | 23,515 | 4,216 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                            | Cu   | 0,072   | 0,072  | 0,013               | 7,68 | 4,21 |
| Calfos                     | L    | 2,799   | 2,799  | 0,502 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                            | C    | 3,554   | 3,554  | 0,637 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                            | Cu   | 3,266   | 3,266  | 0,586               | 7,68 | 4,21 |
| Super<br>Fosfato<br>Triple | L    | 8,992   | 8,992  | 1,612 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                            | C    | 1,433   | 1,433  | 0,257 <sup>NS</sup> | 7,68 | 4,21 |
|                            | Cu   | 0,184   | 0,184  | 0,033               | 7,68 | 4,21 |
| Fuente x Cal               | 6    | 25,911  | 4,319  | 0,774 <sup>NS</sup> | 3,56 | 2,46 |
| Error (b)                  | 27   | 150,606 | 5,578  |                     |      |      |
| Total                      | 47   | 268,326 |        |                     |      |      |

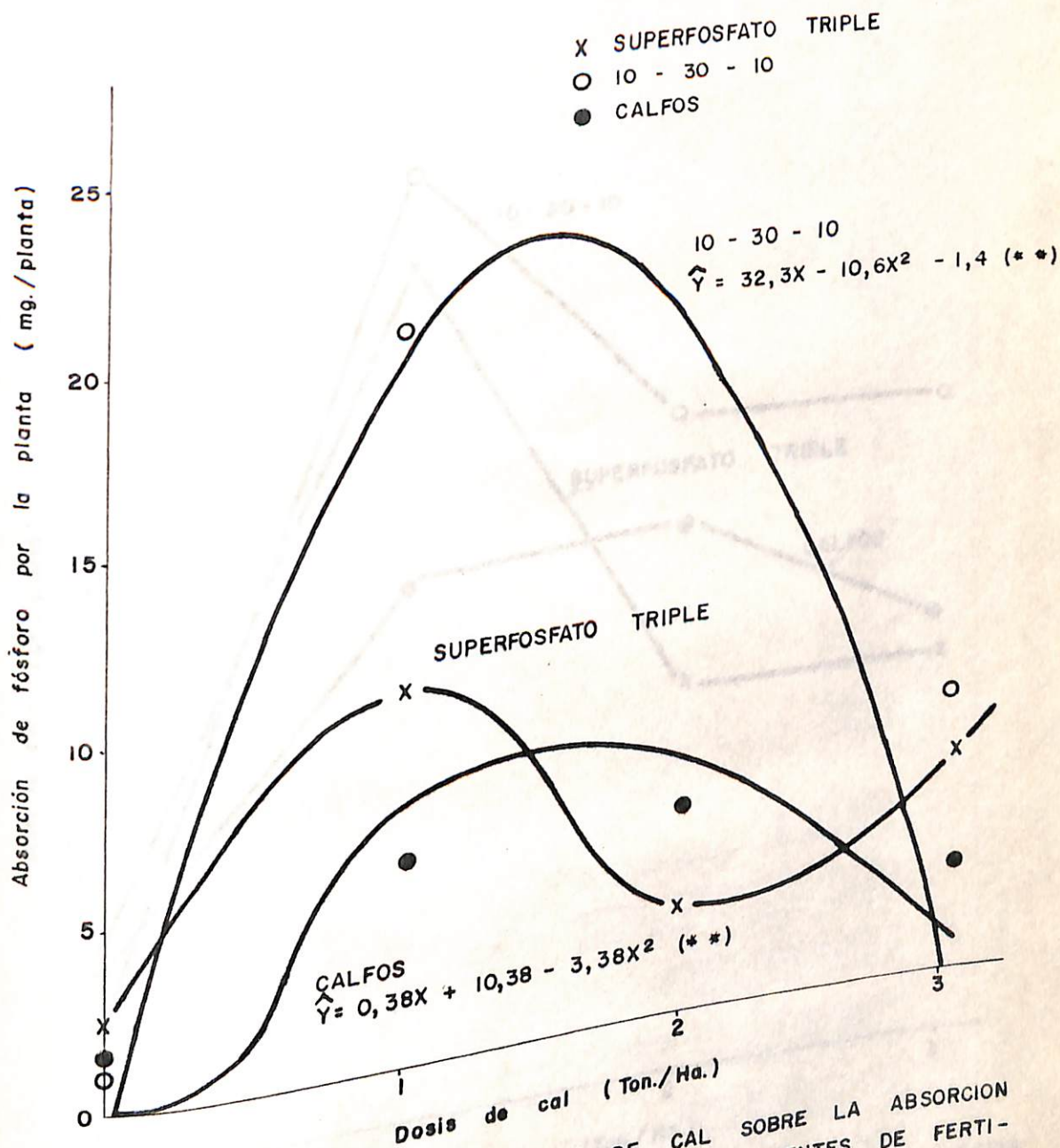


Fig. 1 EFECTO DE LOS NIVELES DE CAL SOBRE LA ABSORCION DE P POR LA PLANTA BAJO TRES FUENTES DE FERTILIZACION FOSFATADA. PRIMERA COSECHA.

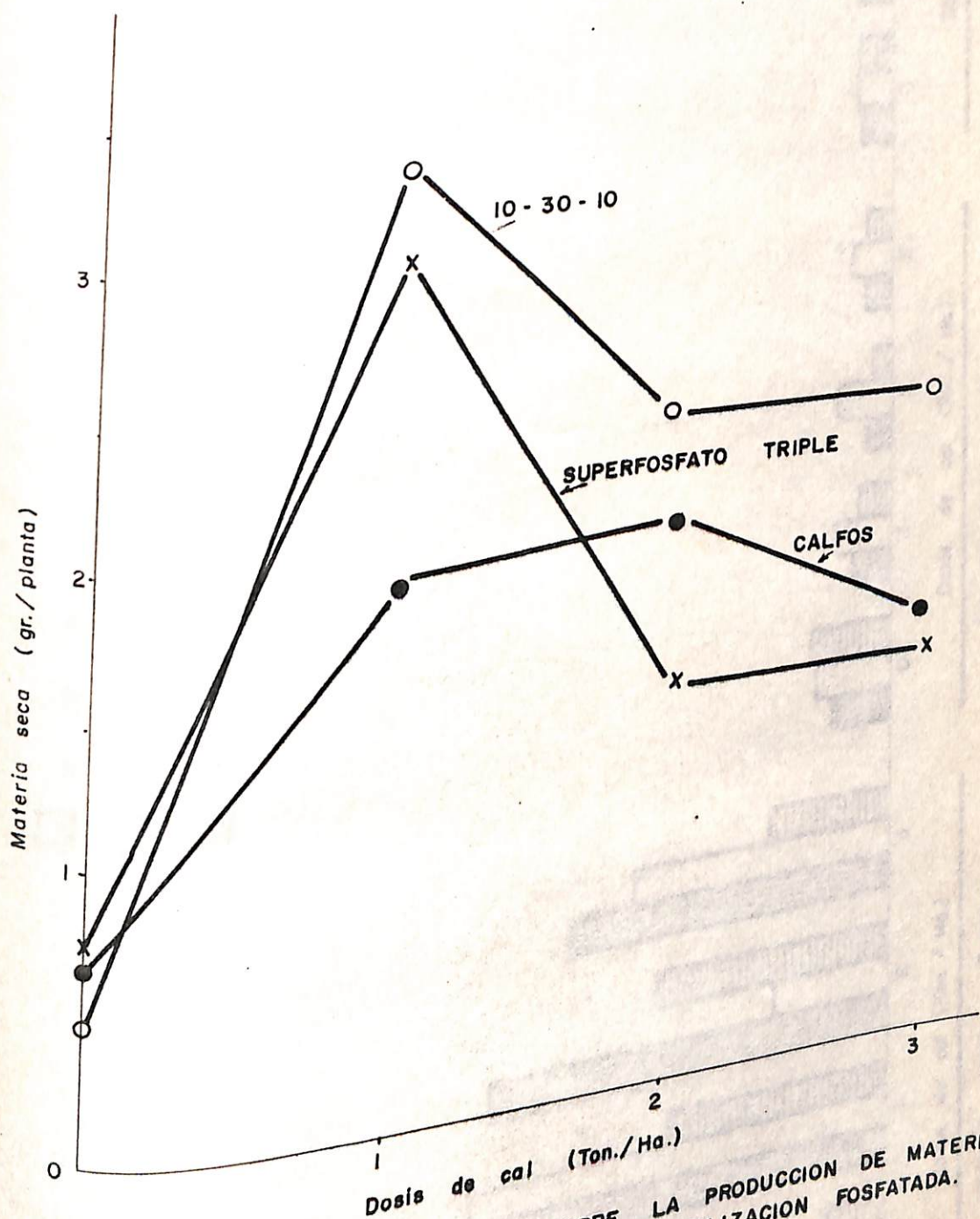


Fig. 2 EFECTO DEL ENCALADO SOBRE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA BAJO TRES FUENTES DE FERTILIZACION FOSFATADA. PRIMERA COSECHA.



Fig. 3 EVOLUCION DE LA ABSORCION DE P. POR LA PLANTA DE MAIZ DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL.

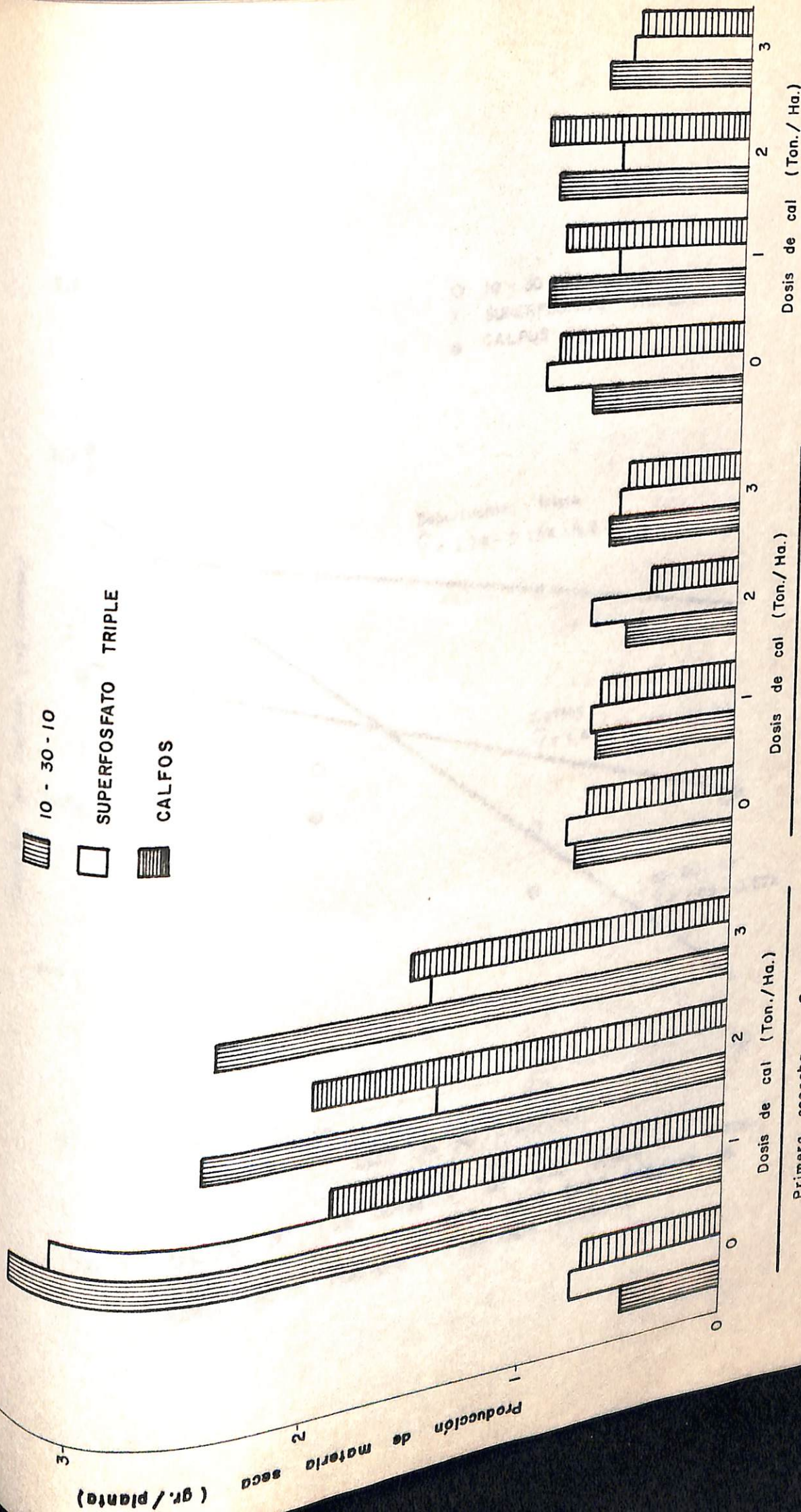


Fig. 4 EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA POR LA PLANTA DE MAIZ DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL

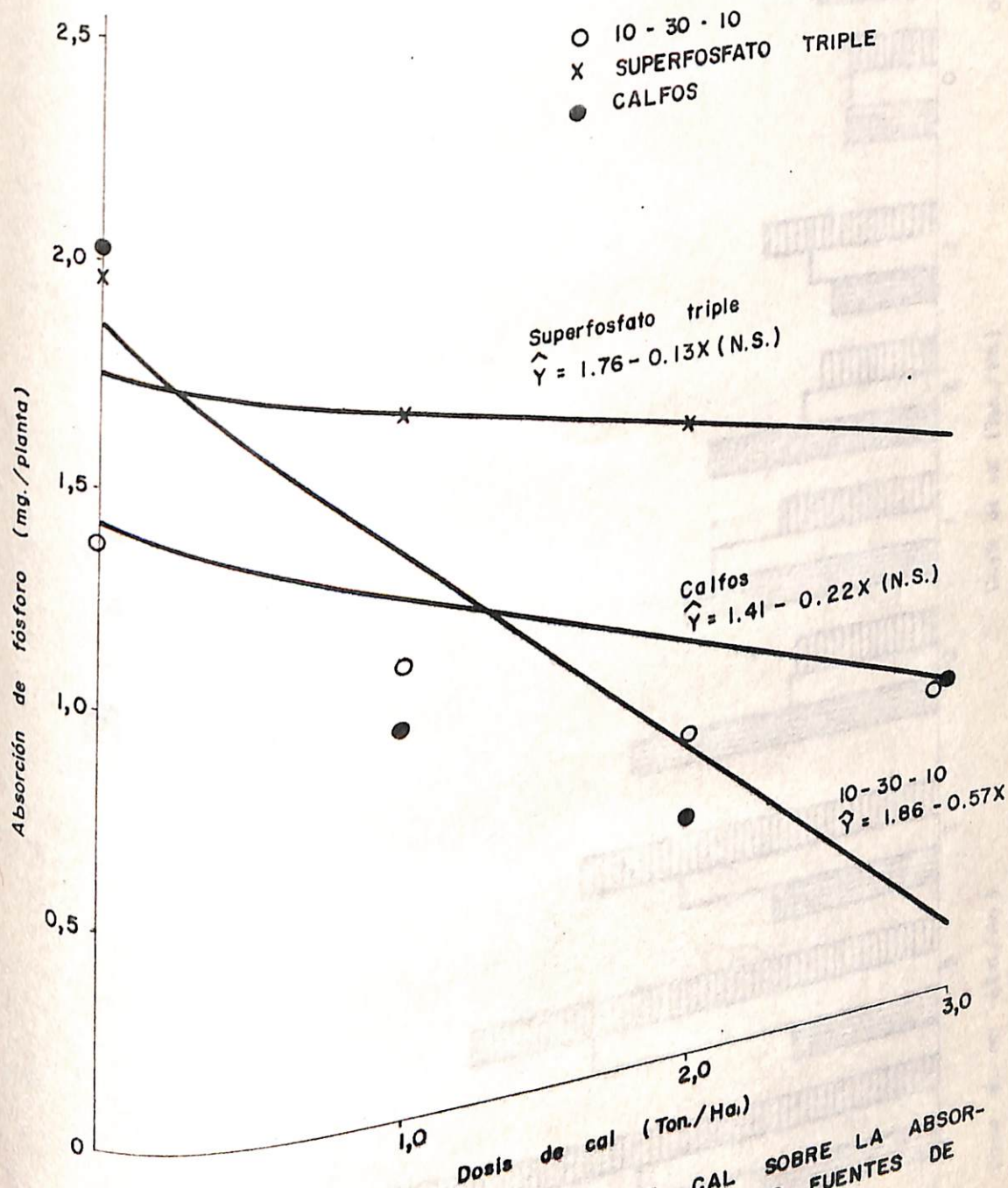


Fig. 5 EFECTO DE LOS NIVELES DE CAL SOBRE LA ABSORCIÓN DE P. POR LA PLANTA BAJO TRES FUENTES DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA. SEGUNDA COSECHA.

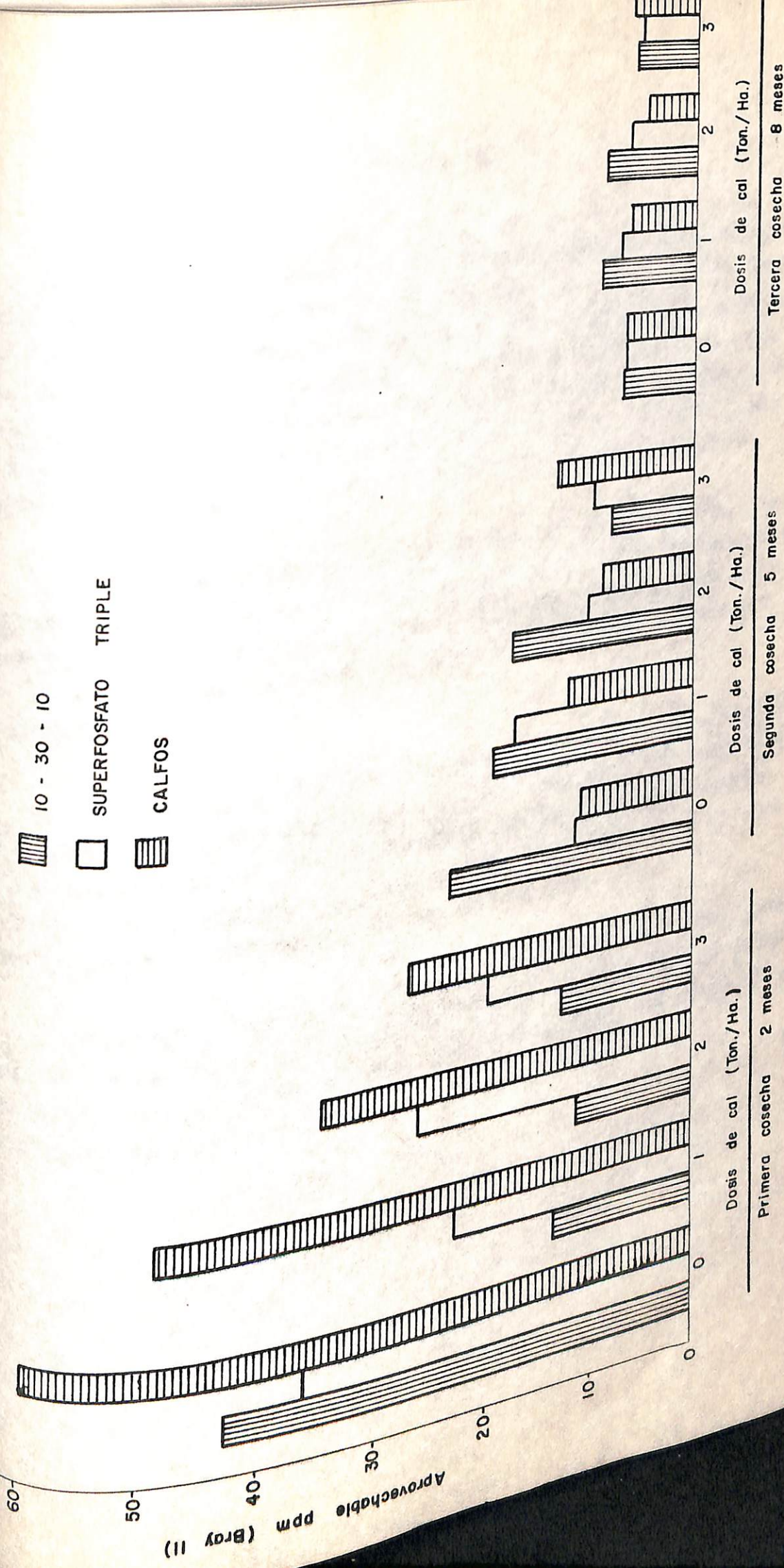


Fig. 6 EVOLUCION DEL P. APROVECHABLE ( Bray II ) EN EL SUELO DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL.

## V. CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones del suelo experimental, en ausencia de cal el aprovechamiento del fósforo aplicado en forma 10-30-10, Superfosfato triple o Calfos, fue mínimo. Las mayores diferencias se expresaron al nivel de 1 Ton/Ha de cal, cuando el 10-30-10 duplicó la absorción de fósforo conseguida con Superfosfato y cuadruplicó la obtenida con Calfos. Dosis superiores de encalado causaron efectos de menor magnitud.
2. Con encalamiento equivalente a 1, 2 ó 3 Ton/Ha, en la primera cosecha la fuente más eficaz para suplir fósforo a la planta fue aquella en la cual el fósforo rápidamente soluble y el fósforo de lenta solubilidad se combinan en un 50% (10-30-10).
3. Es poco probable que el efecto benéfico del encalamiento sobre la utilización del fósforo por la planta se deba a un incremento en la disponibilidad de fósforo en el suelo (más bien podría atribuirse a la acción del calcio en un medio suelo-planta deficiente en ese elemento).
4. Después de tres meses de realizada la fertilización fosfatada, cualquiera que fuese la fuente utilizada, su efecto se hizo mínimo o desapareció. El encalamiento no mejoró la persistencia del efecto fertilizante del fósforo.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Para suelos similares al experimental (Typic Dystrandept), la fertilización fosfatada se debe acompañar de un encalamiento moderado (1 - 1,5 Ton/ha), especialmente cuando la saturación de calcio es menor del 10%. Es recomendable, así mismo, que la fuente fertilizante contenga tanto fósforo rápidamente aprovechable, como fósforo lentamente asimilable.

2. Se recomienda, el montaje de experimentos que permitan establecer la conveniencia y la mejor época de un abonamiento con fósforo, particularmente para el caso del cultivo de la papa, en suelos similares al utilizado en este estudio.

3. Otro tópico que merece ser investigado es la capacidad de diferentes especies cultivadas para recuperar los residuos de la fertilización fosfatada.

## VII. RESUMEN

En un suelo Dystrandept típico localizado en el Altiplano de Pasto, se llevó a cabo un ensayo en materas tendientes a estudiar la acción del encalamiento (0, 1, 2 y 3 Ton/Ha) sobre la utilización del fósforo aplicado (400 Kg/Ha de  $P_2O_5$ ) en tres fuentes (10-30-10, Superfósforo triple, Calfos) usando al maíz (*Zea mays* L.) ICA-554, como planta indicadora. El diseño experimental utilizado fue un factorial 3 x 4 arreglado en parcelas divididas con cuatro repeticiones.

Bajo las condiciones del suelo experimental, en ausencia de cal el aprovechamiento de fósforo por la planta fue mínimo, sea cual fuere la fuente de fósforo utilizada. Cuando se adicionó 10-30-10 y se aplicó 1 Ton/Ha de cal, se triplicó la absorción de fósforo en la primera cosecha y con las dos fuentes restantes se duplicó. Dosis superiores de encalado causaron efectos de menor magnitud. La fuente más eficaz para suplir fósforo fue el 10-30-10.

La acción benéfica de la cal sobre la utilización del fósforo por la planta, es atribuible al suministro de calcio a un medio suelo-planta deficiente en ese elemento y, no propiamente a que el encalado haya incrementado la aprovechabilidad del fósforo en el suelo.

Después de tres meses de realizada la fertilización fogatada su efecto se hizo mínimo o desapareció. Este resultado fue similar para las tres fuentes de fósforo utilizadas. El encalamiento no mejoró la persistencia del efecto fertilizante del fósforo.

## SUMMARY

In order to study the effect of liming (0, 1, 2 and 3 Ton/Ha) on the use of applied phosphorus (400 Kg/Ha) in three sources (10-30-10, Triple superphosphate, Calfos), a study was carried out, on a typic Dystrandept soil of Pesto Highland. ICA-554 variety of corn (Zea mays L.) was used in small pots. A factorial 3 x 4 design arranged as split-plot with four replications were used.

Under experimental conditions, phosphorus availability by plant was increased and 1 Ton/Ha of lime, phosphorus absorption by plant was three times and with the other source two times only, that when first harvest occurred. Higher lime doses produced lesser effects. Best source for phosphorus supplies was 10-30-10.

Beneficial action of liming on the utilization of phosphorus by plants may be attributed to a calcium supply to a deficient soilplant medium and not to an increasing of phosphorus availability of soil caused by liming.

After three months of fertilization with phosphorus, its effect was minimum or disappeared. This result was the same for the three phosphorus sources. Liming did not increase persistency of phosphorus fertilizing effect.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ABONOS COLOMBIANOS, S.A. Urea y compuestos. Procesos de producción y especificaciones. Cartagena, Gerencia de operaciones, 1974. 56p. (Mecanografiado).
2. ABRUÑA, F. et al. Effects of lining on yields and composition of heavily fertilized grasses and on soil properties under humid tropical conditions. Soil science Society of America Proceedings 28:657-661. 1964.
3. AMARASIRI, S.L. y OLSEN, S.R. Lining as relate to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. Soil Science Society of America Proceedings 37(5):716-721. 1973.
4. RACHE, B.W. Aluminum and iron phosphate studies relation to soils. I. solution and hydrolisis of variacite and strengite. Journal of Soil Science (14(1):113-123. 1963.
5. BELL, L.C. y BLACK, C.A. Crystalline phosphates proceedings by interaction of orthophosphate fertilizers with slightly acid and alkaline soils. Soil Science Society of America Proceedings 34(5):735-740. 1970.
6. BOUYER, S. Correlation between results of field experiments and the P-content of tropical ferruginous soil of Senegal. Transactions International Society of Soil Science II, IV Comm 2:244-249. 1958.

7. BRAMS, E. Continuous Cultivation of west African soils: Organic matter diminution and effects of applied lime and phosphorus. *Plant and Soil* 35:401-414. 1971.
8. \_\_\_\_\_. Residual soil phosphorus under sustained cropping in the humid tropics. *Soil Science Society of America Proceedings* 37(4):579-583. 1973.
9. BURBANO, E. y MAFLA, L.A. Efecto de la adición de sílice y cal sobre la fijación de fósforo y sus formas en suelos de Nariño y Putumayo. *Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1973. 74p. (Mimeografiado).*
10. COOKE, G.W. The control of soil fertility. London. Crosby Lockwood, 1967. 526p.
11. CORTES, F. y VIVEROS, M.A. Análisis bromatológico. Departamento de Fitotecnia. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 1976. 25p.
12. FASSBENDER, H.W. y MOLINA, R. Influencia de enmiendas calcáreas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas de Costa Rica. *In* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA-FAO. 1969. pp.C."1-C.2.12.
13. FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en la mejor utilización de fertilizantes fosfatados en un Andosol de Costa Rica. *Fitotecnia Latinoamericana* 6(1):115-126. 1969.

14. PISKELL, J.G. y SPENCER, W.F. Forms of phosphate in Lakeland fine sand after six years of heavy phosphate and lime applications. *Soil Science* 97:320;327. 1964.
15. GUDINO, R. y VEGA, A. Respuesta de algunas propiedades químicas a la aplicación de cal en dos suelos Latosólicos de Nariño y Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1973. 92p.
16. GUERRERO, R.R. y ORTEGA, E.J. Efecto del encalamiento sobre la absorción de P por el maíz (*Zea mays* L.) en un Andosol de Nariño, Colombia. In *Sociedad Colombiana de la Ciencias del Suelo. Medellín, Memorias V Congreso Latinoamericano de la Ciencias del Suelo*, 1975. (En prensa).
17. GUERRERO, R.R. Formas de fósforo y sus relaciones con la fertilidad de los suelos. In Medina, H. ed. *El fósforo en zonas tropicales. Tercer coloquio sobre suelos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 1974. pp. 349-375.
18. ——. Criterios para el diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. 1976. 23p. (Mimeografiado).
19. HSU, P.H. y RENNIE, D.A. Reactions of phosphate in aluminum systems. I. Adsorption of phosphate by X-ray amorphous "Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>". *Canadian Journal of Soil Science* 42:197-209. 1962.

20. HSU, P.H. y RENNIE, D.A. Reactions of phosphate in aluminum systems. II, Precipitation of phosphate by exchangeable aluminum on a cation exchangeable Science. Canadian Journal of Soil Science 42:210-221. 1962.
21. LUCAS, L.N. y BLUE, G.W. Effects of lime and phosphorus on selected alluvial entisols from eastern Costa Rica. I. Phosphorus retention and soil phosphorus fractions. Tropical Agriculture 49(4):287-295. 1972.
22. LUNA, Z.C. y CARLHOUN, F.C. Suelos derivados de cenizas volcánicas del Departamento de Maricao. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1973. 157p.
23. MCCONAGHY, S., NICALISTER, J.S. y DICKSON, A. Residual value of phosphates in relation to soil conditions. Technical Bulletin. Ministry of Agric. Fisheries and Food. 20:80-88 (Res. in soils and fertilizers 35(2):1483. 1972.
24. MARTINI, J.A., et al. Response of soybeans to liming as related to soil acidity, Al and Mn toxicities, and P in some oxisols of Brasil. Soil Science Society of America proceedings 38(4):616-620. 1974.
25. REEVE, N.G. y SUMNER, M.E. Effects of aluminum toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. Soil Science Society of America proceedings 34-262.267. 1970.

26. SAIZ DEL RIO, J.F. y E. BORNEMISZA. Análisis químico de Suelos. Métodos de Laboratorio para diagnóstico de fertilidad. IICA. Turrialba, Costa Rica. 107p. 1961.
27. SHOOP, G.J., et al. Differential responses of grasses and legumes to liming and phosphorus fertilization. Agronomy Journal 53:111-115. 1961.
28. SPENCER, W.P. Distribution and availability of phosphate added to a lakeland fine sand. Soil Science Society of America proceedings 21:141-144. 1957.

Financial Statement

|               | A      | P      | E      | N      | D      | I      | C       | E  |       |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----|-------|
| Total         | 6,004  | 21,430 | 23,517 | 11,513 | 93     | 13,204 | 314,631 | 50 | 4,183 |
| Capital       | 3      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1       | 1  | 1     |
| Contributions | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1       | 1  | 1     |
| Grants        | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1       | 1  | 1     |
| Total         | 10,101 | 23,432 | 23,517 | 11,513 | 12,014 | 13,204 | 314,631 | 50 | 4,079 |
| Liabilities   | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1       | 1  | 1     |
| Contributions | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1       | 1  | 1     |
| Grants        | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1       | 1  | 1     |
| Total         | 10,101 | 23,432 | 23,517 | 11,513 | 12,014 | 13,204 | 314,631 | 50 | 4,079 |

TABLA I  
CALCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS PARA EL ANALISIS DE TENDENCIA  
ABSORCION DE P

Primera Cosecha

| Fuente de Fósforo    | T-Ten-<br>dencia | Nivel de encalamiento Ton/Ha |        |        | Q      | Q <sup>2</sup> | D         | S.C |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------|--------|--------|----------------|-----------|-----|
|                      |                  | 0                            | 1      | 2      |        |                |           |     |
| 10-30-10             | Total            | 4,893                        | 82,027 | 40,135 | 32,455 |                |           |     |
|                      | Lineal           | -3                           | -1     | +1     | +3     | + 40,778       | 1662,877  | 80  |
|                      | Cuadrática       | +1                           | -1     | -1     | +1     | - 84,803       | 7192,481  | 16  |
|                      | Cúbica           | -1                           | +3     | -3     | +1     | +153,231       | 23479,984 | 80  |
| Calfos               | Total            | 6,894                        | 22,480 | 23,917 | 12,513 |                |           |     |
|                      | Lineal           | -3                           | -1     | +1     | +3     | + 18,294       | 334,681   | 80  |
|                      | Cuadrática       | +1                           | -1     | -1     | +1     | - 26,990       | 728,455   | 16  |
|                      | Cúbica           | -1                           | +3     | -3     | +1     | + 1,306        | 1,705     | 80  |
| Super Fosfato Triple | Total            | 10,101                       | 41,931 | 12,014 | 26,116 |                |           |     |
|                      | Lineal           | -3                           | -1     | +1     | +3     | + 18,065       | 326,347   | 80  |
|                      | Cuadrática       | +1                           | -1     | -1     | +1     | - 21,727       | 427,092   | 16  |
|                      | Cúbica           | -1                           | +3     | -3     | +1     | +105,765       | 11186,38  | 80  |

4,079  
29,505  
139,829

4,183  
45,529  
0,021

Segunda Cosecha

| Fuente de Fósforo    | Tendencia  | Nivel de encalamiento Ton/Ha |        |       | Q     | Q <sup>2</sup> | D         | S.C     |
|----------------------|------------|------------------------------|--------|-------|-------|----------------|-----------|---------|
|                      |            | 0                            | 1      | 2     | 3     |                |           |         |
| 10-30-10             | Total      | 5,584                        | 42,044 | 3,123 | 3,177 |                |           |         |
|                      | Lineal     | -3                           | -1     | +1    | +3    | - 46,128       | 2127,866  | 26,598  |
|                      | Cuadrática | +1                           | -1     | -1    | +1    | - 36,401       | 1325,098  | 82,818  |
|                      | Cúbica     | -1                           | +3     | -3    | +1    | +114,353       | 13076,814 | 163,460 |
| Calfos               | Total      | 8,409                        | 3,605  | 2,219 | 3,101 |                |           |         |
|                      | Lineal     | -3                           | -1     | +1    | +3    | - 17,309       | 299,632   | 3,745   |
|                      | Cuadrática | +                            | -1     | -1    | +1    | + 5,756        | 33,139    | 2,071   |
|                      | Cúbica     | -1                           | +3     | -3    | +1    | - 1,150        | 1,323     | 0,016   |
| Super Fosfato Triple | Total      | 7,918                        | 6,466  | 5,994 | 4,623 |                |           |         |
|                      | Lineal     | -3                           | -1     | +1    | +3    | - 10,357       | 107,284   | 1,341   |
|                      | Cuadrática | +1                           | -1     | -1    | +1    | + 0,081        | 0,006     | 0,000   |
|                      | Cúbica     | -1                           | +3     | -3    | +1    | - 1,878        | 3,529     | 0,044   |

ABSORCION DE P

### Tercera cosecha

| Fuente de Fósforo | T-Ten-<br>dencia | Nivel de enclavamiento | Ton/ha | 1     | 2     | 3 | Q       | Q <sup>2</sup> | D  | S.C   |
|-------------------|------------------|------------------------|--------|-------|-------|---|---------|----------------|----|-------|
| 10-30-10          | Total            | 3,495                  | 3,932  | 3,865 | 3,303 |   |         |                |    |       |
|                   | Lineal           | -3                     | -1     | +1    | +3    |   | - 0,643 | 0,413          | 80 | 0,005 |
|                   | Cuadrática       | +1                     | -1     | -1    | +1    |   | - 0,999 | 0,998          | 16 | 0,062 |
|                   | Cúbica           | -1                     | +3     | -1    | +1    |   | + 0,009 | 0,0001         | 80 | 0,000 |
| Calcos            | Total            | 3,746                  | 3,680  | 4,069 | 2,248 |   |         |                |    |       |
|                   | Lineal           | -3                     | -1     | +1    | +3    |   | - 4,105 | 16,851         | 80 | 0,211 |
|                   | Cuadrática       | +1                     | -1     | -1    | +1    |   | - 1,755 | 3,080          | 16 | 0,193 |
|                   | Cúbica           | -1                     | +3     | -3    | +1    |   | - 2,665 | 7,102          | 80 | 0,089 |
| Super             | Total            | 3,946                  | 2,571  | 2,571 | 2,085 |   |         |                |    |       |
| Fosfato           | Lineal           | -3                     | -1     | +1    | +3    |   | - 5,575 | 31,081         | 80 | 0,389 |
| Triple            | Cuadrática       | +1                     | -1     | -1    | +1    |   | + 0,981 | 0,776          | 16 | 0,049 |
|                   | Cúbica           | -1                     | +3     | -3    | +1    |   | - 1,885 | 3,553          | 80 | 0,044 |

CALCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS PARA EL ANALISIS DE TENDENCIA  
P DISPONIBLE. BRAY II  
Primera Cosecha

| Fuente de<br>Fósforo | T-Ten-<br>dencia | Nivel de enclamiento Ton/Ha |         |         | Q       | Q <sup>2</sup> | D           | S.C |
|----------------------|------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------------|-------------|-----|
|                      |                  | 0                           | 1       | 2       |         |                |             |     |
| 10-30-10             | Total            | 168,673                     | 55,291  | 46,366  | 53,467  |                |             |     |
|                      | Lineal           | -3                          | -1      | +1      | +3      | -355,955       | 126085,712  | 80  |
|                      | Cuadrática       | +1                          | -1      | -1      | -1      | +120,482       | 14516,129   | 16  |
|                      | Cúbica           | -1                          | +3      | -3      | +1      | - 88,429       | 7819,776    | 80  |
| Calfos               | Total            | 237,083                     | 193,236 | 138,447 | 109,616 |                |             |     |
|                      | Lineal           | -3                          | -1      | +1      | +3      | -437,390       | 191310,7994 | 80  |
|                      | Cuadrática       | +1                          | -1      | -1      | +1      | + 15,016       | 225,489     | 16  |
|                      | Cúbica           | -1                          | +3      | -3      | +1      | + 36,899       | 1361,587    | 80  |
| Super                | Total            | 145,083                     | 90,214  | 104,222 | 80,825  |                |             |     |
|                      | Lineal           | -3                          | -1      | +1      | +3      | -178,765       | 31957,247   | 80  |
|                      | Cuadrática       | +1                          | -1      | -1      | +1      | + 31,471       | 990,467     | 16  |
|                      | Cúbica           | -1                          | +3      | -3      | +1      | -106,280       | 11295,502   | 80  |
| Fosfato<br>Triple    | Total            | 145,083                     | 90,214  | 104,222 | 80,825  |                |             |     |
|                      | Lineal           | -3                          | -1      | +1      | +3      | -178,765       | 31957,247   | 80  |
|                      | Cuadrática       | +1                          | -1      | -1      | +1      | + 31,471       | 990,467     | 16  |
|                      | Cúbica           | -1                          | +3      | -3      | +1      | -106,280       | 11295,502   | 80  |

CALCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS PARA EL ANALISIS DE TENDENCIA  
P DISPONIBLE. BRAY II  
Segunda Cosecha

| Fuente de Fósforo    | T-ien-dencia | Nivel de enclavamiento | 0      | 1      | 2      | 3 | Q        | Q <sup>2</sup> | D  | S.C.    |
|----------------------|--------------|------------------------|--------|--------|--------|---|----------|----------------|----|---------|
| 10-30-10             | Total        | 94,094                 | 79,407 | 68,381 | 33,973 |   |          |                |    |         |
|                      | Lineal       | -3                     | -1     | +1     | +3     |   | -191,390 | 36630,246      | 80 | 457,878 |
|                      | Cuadrática   | +1                     | -1     | -1     | +1     |   | -19,721  | 388,953        | 16 | 24,309  |
|                      | Cúbica       | -1                     | +3     | -3     | +1     |   | -27,046  | 731,491        | 80 | 9,143   |
| Calfos               | Total        | 45,429                 | 50,423 | 37,204 | 54,615 |   |          |                |    |         |
|                      | Lineal       | -3                     | -1     | +1     | +3     |   | +14,338  | 205,584        | 80 | 2,569   |
|                      | Cuadrática   | +1                     | -1     | -1     | +1     |   | +12,416  | 154,157        | 16 | 9,634   |
|                      | Cúbica       | -1                     | +3     | -3     | +1     |   | +48,842  | 2385,580       | 80 | 29,819  |
| Super Fosfato Triple | Total        | 48,760                 | 71,084 | 43,274 | 40,925 |   |          |                |    |         |
|                      | Lineal       | -3                     | -1     | +1     | +3     |   | -51,315  | 2632,229       | 80 | 32,915  |
|                      | Cuadrática   | +1                     | -1     | -1     | +1     |   | -24,673  | 608,796        | 16 | 38,049  |
|                      | Cúbica       | -1                     | +3     | -3     | +1     |   | +75,593  | 5714,301       | 80 | 71,428  |

TABLA VI

CALCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS PARA EL ANALISIS DE TENDENCIA

P DISPONIBLE. BRAY II

Tercera Cosecha

| Fuente de T-Ten-<br>Fósforo | 0          | 1      | 2      | 3      | Q      | Q <sup>2</sup> | D  | S.C    |
|-----------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------------|----|--------|
| 10-30-10                    | Total      | 30,412 | 37,835 | 36,757 | 24,783 |                |    |        |
|                             | Lineal     | -3     | -1     | +1     | +3     | - 17,965       | 80 | 4,034  |
|                             | Cuadrática | +1     | -1     | -1     | +1     | - 19,397       | 16 | 23,515 |
|                             | Cúbica     | -1     | +3     | -3     | +1     | - 2,395        | 80 | 0,072  |
| Calfos                      | Total      | 28,016 | 25,982 | 19,636 | 25,143 |                |    |        |
|                             | Lineal     | -3     | -1     | +1     | +3     | - 14,965       | 80 | 2,799  |
|                             | Cuadrática | +1     | -1     | -1     | +1     | + 7,541        | 16 | 3,554  |
|                             | Cúbica     | -1     | +3     | -3     | +1     | + 16,165       | 80 | 3,266  |
| Super<br>Fosfato<br>Triple  | Total      | 29,573 | 30,052 | 26,220 | 21,910 |                |    |        |
|                             | Lineal     | -3     | -1     | +1     | +3     | - 26,821       | 80 | 8,992  |
|                             | Cuadrática | +1     | -1     | -1     | +1     | - 4,789        | 16 | 1,433  |
|                             | Cúbica     | -1     | +3     | -3     | +1     | + 3,833        | 80 | 0,184  |

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
CENTRO DE BIBLIOTECAS

AN

T

15209

631.85

P452

Pernett Guerrero, Tadira

Ej.1.

Efecto del encaleamiento sobre la  
absorción del fósforo por el maíz

NOMBRE

Diego Campo

No. del Carnet

81 31 121

NOMBRE

Norberto Zambrano

No. del Carnet

NOMBRE

Edmundo B. Ateaga

No. del Carnet

NOMBRE

Harold Velásquez F

No. del Carnet

NOMBRE

Gabriela Sánchez

439

No. del Carnet

NOMBRE

Horacio J. J.

AN

T

631.85

P452

Ej.1.

15209