

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EFFECTO DE FUENTES Y DOSIS DE FOSFORO EN LA PRODUCCION  
DEL SISTEMA MAIZ Y FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) BAJO DOS  
METODOS DE LABRANZA**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto  
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de  
la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de  
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

*Magister Scientiae*

**JAIME CRISSIEN ESCORCIA**

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Turrialba, Costa Rica

1979

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la  
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,  
como requisito parcial para optar al grado de

*Magister Scientiae*

JURADO:

*Carlos F. Burgos* .Profesor Consejero  
Carlos Burgos Ph. D.

*Miguel Holle* Miembro del Comité  
Miguel Holle, Ph. D.

*Rufo Bazán* Miembro del Comité  
Rufo Bazán, Ph. D.

*Roberto Díaz Romeu* Miembro del Comité  
Roberto Díaz Romeu, M.A.

*ROG'S*  
Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado  
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

*Alma Barrantes*  
Coordinador del Sistema de Estudios de Posgrado  
de la Universidad de Costa Rica

*Jaime A. Crissien Escorcía*  
Jaime A. Crissien Escorcía

DEDICATORIA

A mis queridos padres

A Rosa, mi esposa por su  
estímulo, ayuda y compren  
sión

A mis hijos  
Jaime y Tulia Rosa

A mis hermanos  
A mis abuelos  
A la memoria de la abuela  
Inés  
A mis tíos

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos: Al Dr. Carlos Burgos, Profesor Consejero, por sus consejos y sugerencias, su ayuda y colaboración y por sus intervenciones en favor del graduado.

A los Doctores Miguel Holle y Rufo Bazán miembros de su comité Consejero, por la revisión del trabajo y sus atinadas sugerencias.

Al Dr. Elemer Bornemisza, por sus enseñanzas y la oportunidad que me brindó para llegar a este centro.

Al Ingeniero Roberto Díaz-Romeu, por sus enseñanzas y consejos, por su ayuda y colaboración como miembro del comité.

Al Dr. Jorge León por su oportuna colaboración.

A la señora Sara de Burgos, por la amistad brindada a su familia.

A la señorita Flor María Bastos, por su oportuna colaboración.

A los compañeros de promoción por su amistad.

Al personal de la Biblioteca del CIDIA, por la ayuda prestada en la revisión de la bibliografía.

Al personal del laboratorio de suelos especialmente a Sergio Tencio, Gerardo Cedeño y Eduardo Tencio.

Al personal del centro de computación por la ayuda prestada en el procesamiento de datos.

A los señores Arnoldo Barrantes, José Mata y trabajadores del campo experimental "La Montaña".

A la Universidad Tecnológica del Magdalena, Gobierno de Holanda, Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, que permitieron culminar este esfuerzo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en Barranquilla, Colombia.

Realizó sus estudios de bachillerato en el Colegio "José Eusebio Caro" de Barranquilla, terminándolos en 1969. Ingresó a la Facultad de Agronomía de la Universidad Tecnológica del Magdalena en 1970, graduándose como Ingeniero Agrónomo en 1975.

En 1975 se vinculó a la Universidad Tecnológica del Magdalena como profesor de Suelos.

En agosto de 1977 ingresó al Programa de Graduados Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), de Turrialba, en el programa de Cultivos Anuales, para realizar estudios de Posgrado.

En setiembre de 1979 obtuvo el grado de Magister Scientiae, con énfasis en fertilidad de suelos y sistemas de cultivos.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Fuentes fosfóricas.....	3
2.1.1 Fracciones del fósforo y fuentes fosfatadas.....	3
2.1.2 Influencia en los cultivos.....	5
2.1.3 Fijación del fósforo aplicado.....	6
2.2 Fracciones del fósforo y su relación con el desarrollo de las plantas.....	7
2.3 Efecto de la labranza en las propiedades de los suelos.....	10
2.3.1 Propiedades físicas.....	10
2.3.2 Propiedades químicas.....	11
2.4 Efecto de la labranza sobre la composición química de los tejidos vegetales y variables de respuesta de los cultivos.....	13
2.5 Respuesta a la fertilización fosfatada y absorción de nutrimentos por el maíz y frijol.....	16
2.5.1 Maíz.....	16
2.5.2 Frijol.....	16
2.5.3 Asociación maíz y frijol.....	17
2.6 Evaluación económica de sistemas.....	18
3. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1 Medio ambiente.....	20
3.1.1 Localización.....	20
3.1.2 Suelos.....	20
3.1.3 Clima.....	20
3.2 Aspectos Agronómicos.....	21

	<u>Página</u>
3.2.1 Selección de cultivos y variedades.....	21
3.2.2 Densidad, espaciamento, modalidad de siembra y duración del ensayo.....	21
3.3 Tratamientos.....	22
3.3.1 Niveles y fuentes de fósforo, nitrógeno y potasio.....	22
3.3.2 Epoca y forma de aplicación del ferti- lizante.....	24
3.3.3 Diseño de experimento.....	24
3.3.4 Diseño de tratamientos.....	24
3.4 Protección de Plantas.....	25
3.4.1 Herbicidas.....	25
3.4.2 Insecticidas.....	25
3.5 Variables analizadas.....	26
3.5.1 Análisis de suelo.....	26
3.5.1.1 Análisis físicos.....	26
3.5.1.2 Análisis químicos.....	28
3.5.2 Análisis químico del material vegetal...	28
3.5.3 Variables de respuesta.....	29
3.5.3.1 Rendimiento de maíz en grano...	29
3.5.3.2 Biomasa total de maíz.....	29
3.5.3.3 Rendimiento de frijol en grano.	29
3.5.3.4 Biomasa total de frijol.....	30
3.6 Recolección de datos climáticos.....	30
3.7 Evaluación económica del sistema.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	32
4.1 Condiciones climáticas.....	32
4.2 Aspectos generales del sistema.....	32
4.3 Características físicas y químicas de los suelos.....	34
4.4 Efecto de los niveles de $P_2O_5$ sobre las varia- bles de respuesta.....	35

	<u>Página</u>
4.5 Fracciones del fósforo en el suelo y fertilización fosfatada.....	49
4.6 Efecto de la fuente fosfatada sobre las variables de respuesta.....	45
4.7 Respuesta a la fertilización fosfatada de los cultivos.....	46
4.7.1 Maíz.....	46
4.7.2 Frijol.....	46
4.7.3 Asociación maíz y frijol.....	47
4.8 Influencia de las fracciones de fósforo en el desarrollo de los cultivos.....	47
4.9 Efecto de la labranza en las propiedades de los suelos.....	48
4.9.1 Propiedades físicas.....	48
4.9.2 Propiedades químicas.....	49
4.10 Efecto de la labranza sobre la composición química de los tejidos vegetales y variables de respuesta de los cultivos.....	53
4.10.1 Maíz.....	54
4.10.2 Frijol.....	54
4.11 Absorción de nutrimentos por los cultivos.....	55
4.12 Evaluación económica del sistema.....	56
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
6. RESUMEN.....	63
6a SUMMARY.....	65
7. LITERATURA CITADA.....	67
8. APENDICE.....	75

## LISTA DE CUADROS

PáginaCuadro N<sup>o</sup>

1	Efecto de cinco dosis de $P_2O_5$ , dos fuentes fosfatadas y dos métodos de labranza en: rendimiento de maíz y frijol (Kg/ha); la biomasa del maíz en (Kg/ha); la biomasa del frijol y la biomasa total del maíz y frijol (Kg/ha), cultivadas en un Typic Dystropept de Turrialba, Costa Rica. 1979.....	36
2	Fraciones del fósforo inorgánico, en ppm encontradas a la profundidad de 0-20 cm en un Typic Dystropept en Turrialba, Costa Rica, fertilizando con cinco dosis de $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de laboreo.....	40
3	Beneficios y costos de los tratamientos de fertilizantes con dos fuentes de fósforo y cinco niveles de $P_2O_5$ , bajo laboreo convencional y no laboreo para el sistema maíz en asociación con frijol cultivado en un Typic Dystropept de Turrialba, Costa Rica, 1979.....	57

## APENDICE

1A	Características químicas y físicas del suelo en Cabiria antes de la siembra del sistema maíz asociado con frijol. CATIE. 1978.....	76
2A	Coefficientes de correlación entre fosfatos de aluminio, hierro calcio con biomasa comestible del maíz.....	77
3A	Características químicas del suelo al final de la cosecha del maíz asociado con frijol cultivado en un Typic Dystropept de Turrialba, Costa Rica, sometido a laboreo convencional y no laboreo y fertilizando con cinco dosis de $P_2O_5$ y dos fuentes de fósforo, 1979.....	78

Cuadro N<sup>o</sup>

4A	Concentración de nutrimentos en biomasa de maíz producida en un suelo Typic Dystropept preparado de dos maneras (laboreo convencional y no laboreo) y fertilizado con cinco niveles de $P_2O_5$ y dos fuentes de fósforo, en Turrialba, Costa Rica, 1979.....	79
5A	Concentración de nutrimentos en biomasa de frijol producida en un suelo Typic Dystropept, preparado de dos maneras (laboreo convencional y no laboreo) y fertilizado con cinco niveles de $P_2O_5$ y dos fuentes de fósforo, en Turrialba, Costa Rica, 1979.....	80
6A	Análisis de varianza de datos de biomasa del sistema maíz en asocio con frijol sembrado en un Typic Dystropept de Costa Rica, fertilizado con cinco niveles de $P_2O_5$ de fósforo y dos métodos de labranza.....	81
7A	Análisis de varianza de datos del rendimiento de maíz sembrado en un Typic Dystropept de Costa Rica, fertilizado con cinco niveles de $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de labranza.....	82
8A	Análisis de varianza de datos de biomasa comestible del sistema maíz en asocio con frijol sembrado en un Typic Dystropept de Costa Rica, fertilizado con cinco niveles de $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de labranza.....	83
9A	Absorción de nutrimentos por la biomasa total de maíz cosechado de un Typic Dystropept de Costa Rica sometido a fertilización con cinco niveles de $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de labranza.....	84
10A	Absorción de nutrimentos por la biomasa de frijol cosechada en un Typic Dystropept de Costa Rica, fertilizado con cinco niveles de $P_2O_5$ , dos fuentes fosfatadas y dos métodos de labranza.....	85

Cuadro N<sup>o</sup>

11A	Densidad aparente, porosidad total, porosidad capilar y no capilar, antes de la siembra y después de la cosecha.....	86
12A	Costos de insumo fijo por hectárea para cada tratamiento en la asociación maíz y frijol, bajo dos métodos de labranza. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	87
13A	Costos de insumo variables en diferentes tratamientos de fertilización aplicados a la asociación maíz y frijol. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	88

Figura N<sup>o</sup>

1	Arreglo espacial del sistema maíz y frijol en un suelo Typic Dystropept, Turrialba, Costa Rica, 1979.....	23
2	Precipitación y temperatura promedio de cada diez días durante el período experimental y cronológico del sistema maíz y frijol en Turrialba, CATIE, Costa Rica.....	33
3	Curva de sorción de fósforo de un Typic Dystropept en Turrialba, Costa Rica, 1979.....	38
4	Fosfatos de aluminio, hierro y calcio antes de la siembra y al final de la cosecha del sistema maíz y frijol en un Typic Dystropept, sometido a laboreo convencional y no laboreo, en Turrialba, Costa Rica.....	41
5	Fosfatos de aluminio, hierro y calcio obtenidos a diferentes niveles de $P_2O_5$ bajo no laboreo en un Typic Dystropept en Turrialba, Costa Rica.....	42
6	Fosfatos de aluminio, hierro y calcio obtenidos a diferentes niveles de $P_2O_5$ bajo laboreo convencional en un Typic Dystropept en Turrialba, Costa Rica.....	43
7	Diagrama de porosidad del suelo antes de la siembra y después de la cosecha del sistema maíz y frijol, bajo laboreo convencional y no laboreo.....	50

## INTRODUCCION

En América Latina, como en otras partes del trópico, el pequeño agricultor ha conservado por muchos años dentro de sus actividades los cultivos de maíz y frijol, que constituyen parte de su dieta diaria. Desde el punto de vista agrícola, éste sistema es en muchos casos practicado para un nivel de subsistencia. Sin embargo, la problemática mundial de alimentos ha planteado al hombre la necesidad de utilizar recursos tecnológicos que aumenten la productividad de los recursos naturales con los que el agricultor cuenta sin deterioro del ambiente y adecuado a sus posibilidades económicas. Para lograr tal objetivo, hoy podemos considerar los sistemas de producción agrícola intensificados y diversificados como una alternativa para hacer un mejor aprovechamiento de la tierra.

Los sistemas de producción en los cuales interviene más de un cultivo constituyen técnicas que garantizan la mayor productividad por unidad de área, en comparación con la monocultura.

En monocultivos, han sido bastante estudiadas la manera, cantidad y época de aplicación de fertilizantes, junto con otras prácticas agrícolas. Esto no es así en cultivos asociados, de aquí el interés de realizar este trabajo, especialmente en el sistema maíz y frijol asociados, por la importancia que esta asociación tiene en los sistemas de finca de los pequeños agricultores de Centro América. La finalidad de este estudio es obtener información referente al efecto de niveles de fertilización fosfórica, utilizando dos fuentes de fósforo (P), y la influencia de dos métodos de labranza, (no laboreo y laboreo convencional) en la producción de los cultivos antes señalados.

Para cumplir con este propósito, se plantearon los siguientes objetivos:

1. Evaluar la respuesta del sistema maíz asociado con frijol a la fertilización fosfatada bajo dos métodos de labranza.
2. Determinar el nivel y la fuente fosfórica que producen mayor rendimiento económico bajo los manejos en estudio.
3. Medir las distintas fracciones inorgánicas del fósforo en el suelo sembrado con este sistema de producción y su relación con los métodos de laboreo.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Fuentes fosfóricas

Según Uehara y Keng (68), dentro del estudio de manejo de los suelos en el trópico vale la pena considerar que la fertilización fosfórica es una práctica de importancia, y el problema es la fuente disponible para un mejor aprovechamiento en suelos de América Tropical.

#### 2.1.1 Fracciones del fósforo y fuentes fosfatadas

Las reacciones y los productos de reacción entre el fósforo como fertilizante y el suelo han sido estudiados extensivamente.

Thomas y Peaslee (84) indican que a través del tiempo la reacción del fosfato monocálcico en suelos ácidos y neutros conduce a la formación de un fosfato de hierro como producto final. En suelos calcáreos la reacción del fosfato monocálcico conduce a la formación de apatita hidroxidada.

Ortega y Guerrero (62), en un Latosol de Nariño (Colombia), obtuvieron aumentos significativos en los fosfatos de aluminio (P - A1) cuando aplicaron superfosfato triple y escorias Thomas, al nivel de 600 Kg/ha de  $P_2O_5$ . La transformación hacia los fosfatos de calcio apatíticos y no apatíticos fue más intensa cuando se aplicó escorias Thomas que cuando se aplicó superfosfato triple. Contenido en el superfosfato aplicado fue transformado en fosfato de aluminio (P - A1) y fosfato de hierro (P - Fe). Según Bedrna (5), en suelos neutros y calcáreos solamente el 50% del fósforo fue transformado en esas fracciones.

Un estudio realizado por Shelton y Coleman (77), en un Ultisol en Carolina del Norte, mostró que seis meses después de la adición de superfosfato se formaron cantidades iguales de compuestos de fósforo asociados con hierro y con aluminio. Sin embargo, con el tiempo se presentó una disminución del segundo y un incremento del primero. La disminución en los fosfatos de aluminio (P - Al) se debió probablemente a la utilización de esta forma por las plantas y a la conversión en (P - Fe) más insolubles. Otros investigadores (31,45,69,77), han concluido que la mayor parte del fósforo aplicado como fertilizante se convierte o es recuperado como fosfato de aluminio y hierro.

Chang y Chu (17) en suelos de Taiwan, Kurtz y Quirk (42) en suelos de Australia, Khan y Chawdhury (41) en suelos de Pakistan y Fassbender (23) en suelos de Costa Rica, encontraron que la mayor parte de la transformación del fósforo aplicado como fertilizante se efectúa hacia los fosfatos de aluminio y hierro, mientras que la correspondiente a los fosfatos de calcio es relativamente pequeña.

Por su parte Guerrero (32) señala que la interacción entre nivel de aplicación por fuente fue más acentuada para los fosfatos de hierro y aluminio que para el fosfato de calcio.

A la luz de éstos resultados, la conclusión es que el efecto sobre la dinámica de las fracciones del fósforo del suelo depende, de varios factores, tales como: condición del suelo, nivel de aplicación de fósforo y fuente de fertilizante fosfatado.

### 2.1.2 Influencia en los cultivos

El efecto de la roca fosfórica y el superfosfato en la producción de arroz, trigo, frijol y papa fueron evaluados por Motsara y Datta (58). La producción de dichos cultivos no fue afectada significativamente por la roca fosfórica con la aplicación de 80, 160 y 240 Kg/ha de  $P_2O_5$ . Sin embargo, el cultivo de papa se benefició más por la aplicación de superfosfato que por la roca fosfórica.

En Colombia, el CIAT (16) encontró que el frijol tuvo una respuesta positiva a aplicaciones de 400 Kg/ha de  $P_2O_5$ . En dicho estudio las fuentes utilizadas fueron: 1) roca fosfórica de gafsa; 2) roca fosfórica de pesca; 3) roca fosfórica de Carolina del Norte y 4) superfosfato triple.

Por su parte Bornemisza y Fassbender (8) estudiaron la absorción de fosfato por el maíz, frijol y camote en tres Latosoles, tres Andosoles y tres suelos aluviales de Costa Rica. El experimento fue llevado a cabo en invernadero utilizando como fuente el fosfato monocalcico marcado con  $P_{32}$ . Se observó que las plantas absorbieron solo una baja proporción del abono aplicado.

En Costa Rica, Fassbender y Molina (25) mostraron que algunos materiales fosforados menos solubles dan excelentes resultados, en comparación con el superfosfato concentrado, cuando se aplicaron sobre un Dystrandept típico isotérmico. La causa de éste hecho puede haber sido, parcialmente, el silicio contenido en los materiales de baja solubilidad, pues los iones silicatos compiten con los iones fosfatos por los sitios de intercambio aniónico generados en materiales con carga

variable o dependiente del pH.

Ensayos realizados en Nigeria por el IITA (38) indican que el efecto del superfosfato triple en comparación con fuentes fosfatadas nitrogenadas fue menor en la producción de maíz. Los autores (38), no encontraron diferencias significativas entre fuentes en la producción de maíz.

En resumen, la solubilidad y la composición de las fuentes<sup>4t</sup> al igual que la mineralogía y la reacción del suelo juegan un papel importante en el efecto de la fuente sobre la producción de los cultivos.

### 2.1.3 Fijación del fósforo aplicado

Cuando se aplican fertilizantes fosfatados solubles a un suelo estos reaccionan inmediatamente con los componentes del suelo para formar compuestos muy insolubles. La disponibilidad de este fósforo para la planta depende de varios factores (14). Estos factores han sido señalados por Fassbender (24) quien, en algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de América Central, encontró una correlación positiva y altamente significativa entre la fijación de fósforo y propiedades como: porcentaje de arcilla, carbono orgánico y porcentaje de aluminio y hierro. El mismo autor concluyó que a mayor contenido de dichos materiales en los suelos, mayor será la fijación de fosfatos y menor el efecto de los fertilizantes fosfatados.

Así mismo, Bornemisza y Fassbender (8) encontraron una correlación de ( $r = - 0.69$ ) significativa entre el incremento en la producción de la planta debido a la aplicación del fósforo y el porcentaje

de fósforo fijado en los suelos.

La mineralogía es un factor determinante en la capacidad de fijación de los suelos. Sánchez (74) informa que la intensidad de fijación tiene la siguiente secuencia: óxidos amorfos óxidos cristalinos arcillas del tipo 1: 1 arcillas del tipo 2:1. Estos criterios parecen confirmar lo encontrado por Fassbender (27) para Costa Rica, donde Andosoles retienen más fósforo que los Latosoles y suelos aluviales. Así mismo, Bornemisza e Igue (9) señalan que la capacidad de fijación de los suelos de Turrialba está influenciada por los contenidos de óxidos libres de hierro y aluminio para suelos de las series: Instituto, Jurya, Reventazón y La Margot.

## 2.2 Fracciones del fósforo y su relación con el desarrollo de las plantas

El propósito de estimar la absorción del fósforo del suelo por las plantas reviste importancia agronómica ya que permite considerar la porción del fósforo en el suelo que más contribuye en la nutrición del cultivo.

Para suelos de América Central, Fassbender y colaboradores (26) encontraron que el orden de participación de las fracciones en el suministro de fósforo a la planta fue: fosfato de calcio, fosfato fácilmente soluble en  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , fosfatado de aluminio y fósforo orgánico. Los fosfatos de hierro no tuvieron participación en el proceso. Resultados algo similares encontraron Bornemisza y Fassbender (8) quienes observaron una correlación de ( $r= 0.74$ ) significativa entre el aumento

en la producción causada por la aplicación de fósforo y la fracción adsorbida por el suelo en la forma fácilmente soluble en  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Estos autores no encontraron correlación significativa de la producción con las fracciones fosfato de aluminio y hierro.

Al-Abbas y Barber (2), en la India, utilizando el fraccionamiento de fósforo encontraron que los fosfatos de hierro tomaron parte en la nutrición de la planta además de los fosfatos solubles en  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Pinto (67), en Venezuela encontró que en todos los suelos estudiados la fracción de fósforo soluble en  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , fue la única que participó como fuente de fósforo para la planta. Además, cuando el coeficiente de correlación para cada fracción de fósforo es mayor y positivo la participación de esa fracción en la nutrición de la planta es mayor.

Payne y Hanna (63), en condiciones de suelos ácidos en zona templada, encontraron una importante participación de los fosfatos de aluminio en la nutrición de las plantas; sin embargo, estos autores no determinaron la fracción soluble en  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Susuki, Lawton y Doll (82) encontraron que el fosfato de calcio y, secundariamente, los fosfatos de aluminio fueron importantes en suplir fósforo a plantas en diez y siete suelos de Michigan con un pH dentro del rango 4.8 a 7.8. Según Singh y colaboradores (80), plantas que crecieron sobre un suelo Davidson en Virginia previamente tratados con superfosfato concentrado utilizaron fosfato de aluminio, hierro y calcio durante el primer año de crecimiento y fosfatos de hierro durante el segundo y tercer año de crecimiento.

Halstead (33) encontró en su estudio con algunos suelos canadienses, una relación positiva entre los fosfatos de aluminio y el rendimiento relativo de avena (rendimiento sin P x 100/ rendimiento con P). Resultados algo similares hallados por Ortega y Guerrero (63), indican que en un suelo Latosolico de Nariño (Colombia) bajo fertilización fosfatada la contribución de las fracciones inorgánicas del fósforo a la planta tuvo la siguiente secuencia: fosfato de aluminio ( $r= 0.70$ ), fosfatos de hierro ( $r= 0.59$ ), fosfato de calcio no apatítico ( $r= 0.50$ ) y fosfato de calcio apatítico ( $r= 0.19$ ).

En suelos volcánicos de la zona Andina de Nariño los resultados encontrados por López y Salas citados por Guerrero (32) son contrarios a los anteriores, pues la secuencia de intensidad con que los distintos fosfatos del suelo aportaron fósforo a la planta fue la siguiente: fosfato de calcio no apatítico ( $r= 0.53$ ) fosfato de calcio apatítico mientras los fosfatos de aluminio y hierro no participaron en la nutrición fosfatada de las plantas. Estos resultados al parecer demuestran la importancia de la modificación de Sen Gupta y Cornfield (76).

Las modificaciones que ha sufrido el método de fraccionamiento de fósforo de Chang y Jackson (18) señalan la importancia de otras fracciones como lo son los fosfatos no apatíticos. En resumen se observa que de las fracciones inorgánicas del fósforo en el suelo los fosfatos de aluminio, hierro, calcio y los extraídos con  $\text{NH}_4\text{Cl}$  son los más importantes en la nutrición de las plantas. La importancia de cada uno de ellos varía con las condiciones de suelo. Así, bajo condiciones de oxidación-reducción los fosfatos de hierro adquieren una importancia en

la contribución del fósforo disponible para la planta, tal es el caso de suelos arroceros.

## 2.3 Efecto de la labranza en las propiedades de los suelos

### 2.3.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los suelos son influenciadas por el método que se utilice en el cultivo del suelo. Burity (12), en Turrialba, encontró que la densidad aparente al inicio y al final del ensayo fue poco afectada por el método de labranza. Hubo una tendencia de esta propiedad a disminuir en todos los manejos. La porosidad total fue mayor en los manejos de laboreo convencional. Bajo no laboreo se incrementó el porcentaje de espacios porosos, mientras que, el espacio no capilar aumentó con el laboreo del suelo. La humedad del suelo se conservó mejor bajo no laboreo que en laboreo convencional. En relación con la humedad en el suelo, Romeo (71) halló lo mismo trabajando con maíz.

Burgos y Meneses (13) informan que la densidad aparente mostró cambios muy pequeños, debidos a tratamientos de manejo del laboreo del suelo. Por ejemplo, el laboreo consistente de tres pasadas de ras-tras dió el menor valor y el más alto ocurrió en laboreo mínimo.

Según Beaumer y Bakermans (6), el no laboreo resultó en un mayor contenido de agua en la capa superficial del suelo, aereación reducida, fuerte resistencia a la penetración de raíces y cambios muy pequeños en la temperatura del suelo.

Nagy y colaboradores (61) informan que la humedad del suelo, la porosidad total y la aereación fueron mayores en el método de laboreo profundo en comparación con el no laboreo y el laboreo superficial.

El no laboreo, según Lal (43), contribuye a mantener una mayor humedad del suelo, además de regular la temperatura del mismo por acción del mantillo superficial.

Según Blevins et al (7) la disminución en la evaporación y la mayor capacidad para almacenar humedad bajo no laboreo producen una mayor reserva de agua para la planta. Esto puede a menudo conducir al cultivo a través de períodos cortos de sequía y evitar el desarrollo de estres de humedad, detrimentales para el desarrollo de las plantas.

Triplett y colaboradores (87) mostraron que la protección de la cubierta orgánica era necesaria para mantener altos rendimientos de maíz, sin labrar el terreno, en un migajón limoso de Wooster. Este resultado fue atribuido al aumento de la humedad del suelo con rastrojo.

Otros autores (64) señalan los mismo con relación a la humedad.

Galiaher (30) informa que obtuvo rendimientos de maíz y soya superiores (45.6 y 30%, respectivamente) cuando se cultivaron en presencia de mantillo que en suelos preparados sin residuo. Según Soza et al (81) esta presencia de mantillo, favorece la humedad y permite un mejor aprovechamiento de los nutrimentos bajo no laboreo.

### 2.3.2 Propiedades químicas

Burgos y Meneses (13) informan que en parcelas sometidas a mínimo laboreo los contenidos del fósforo, potasio, azufre y

zinc en la parte superficial del suelo fueron mayores que en el suelo labrado, sin embargo, hacen notar que el contenido de calcio fue mayor en los primeros centímetros del perfil del suelo bajo laboreo convencional. La tendencia del magnesio fue constante a través del perfil del suelo; sin embargo, señalan que hay una mayor cantidad en el suelo menos alterado.

Lal (44) en Nigeria, y Burity (12) en Costa Rica informan que en parcelas sometidas a no laboreo el contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo fue mayor en comparación con parcelas bajo laboreo convencional. Agrega Lal (44), que los contenidos de calcio, magnesio y potasio también fueron superiores bajo no laboreo.

En relación con el contenido de nutrimentos en el suelo, Moschler y colaboradores (56), Shear y Moschler (78), Triplett y Van Doren (86) señalan que los contenidos de fósforo y potasio disponible fueron mayores en la parte superficial de suelos bajo no laboreo que en laboreo convencional. Con el magnesio ocurrió lo contrario, siendo menor su contenido en la superficie del suelo (0 - 5 cm). Igual comportamiento ocurre con el calcio. Esta situación concuerda con lo informado por Buhtz y colaboradores, citados por Beaumer y Bakermans (6) en el sentido que esto se refleja en un pH generalmente más bajo en la parte superficial de suelos sin labranza.

Según Fink y Wesley (28) y Triplett y Van Doren (86) el fósforo y el potasio, cuando se aplicaron superficialmente, se movieron lentamente del perfil del suelo sobre áreas sin labranza. Sin embargo, el potasio se movió más rápidamente que el fósforo.

Singh y colaboradores (80) encontraron que el fósforo y potasio aplicados superficialmente sobre el suelo cubierto de mantillo son disponibles a la planta en igual o tal vez mayor proporción que las mismas cantidades incorporadas al suelo.

Generalmente, en los suelos no labrados el fertilizante se aplica en la superficie y, debido a la mayor infiltración de agua en el suelo, hay una mejor distribución de nutrimentos. De esta manera se acondiciona un ambiente a la raíz que resulta en un aprovechamiento más eficiente de los fertilizantes en comparación a suelos labrados, Moschler y Martens (57).

Midgley citado por Lutz y colaboradores (48) encontró que cuando se aplicó superficialmente el superfosfato sobre un suelo franco limoso de Miami el movimiento hacia abajo fue muy lento. La mayor parte del fosfato se encontró a pocos centímetros de profundidad después de un intervalo de 6 meses.

2.4 Efecto de la labranza sobre la composición química de los tejidos vegetales y variables de respuesta de los cultivos

Bajo no laboreo, Estes (22) informa que en hojas de maíz la **concentración** de: calcio, magnesio, zinc, molibdeno, boro y aluminio se redujo en forma significativa; y la de potasio se incrementó significativamente. En plantas jóvenes de maíz, Triplett y Van Doren (85) determinaron que la concentración de fósforo y potasio fue mayor en el tratamiento de no laboreo.

Phillips y Young (64) compararon la concentración de fósforo en hojas de cultivos de maíz. Durante cuatro años de evaluación las hojas de estos cultivos bajo no laboreo mostraron un mayor contenido de fósforo que hojas de cultivos bajo laboreo convencional.

El contenido de fósforo, potasio, calcio magnesio a varios estados de crecimiento del maíz, han sido reportados por Shear y Moschler (78). En la mayoría de los casos, el contenido de fósforo y potasio de las plantas que crecieron sobre suelos sin labranza o suelo con mantillo fue mayor o igual al contenido observado en plantas cultivadas bajo laboreo convencional.

Los rendimientos de cultivos evaluados por varios componentes ha sido estudiado por varios autores. Así, Burity (12), con frijol y yuca asociados, encontró que el rendimiento de frijol fue mayor bajo no laboreo que en laboreo convencional. Igualmente, Burgos y Meneses (13) trabajando con maíz encontraron que los rendimientos fueron equivalentes bajo todos los manejos de suelos investigados. Sin embargo, en relación con el frijol y maíz asociados, Maldonado (50) encontró que la producción fue mayor bajo laboreo convencional que en no laboreo.

Burity (12) encontró que la producción de biomasa total fue equivalente en los manejos de no laboreo y laboreo convencional más control químico de malezas. En los tratamientos de laboreo convencional sin control y laboreo convencional más control manual la biomasa total fue menor.

Moschler et al (55) informaron altos rendimientos de maíz bajo no laboreo en comparación con el laboreo convencional cuando fueron fertilizados con  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , superfosfato concentrado y muriato de potasio (KCl). Resultados similares han sido reportados en maíz bajo no laboreo y laboreo convencional por Triplett y Van Doren (86).

El IITA (37) en Nigeria obtuvo rendimiento de soya significativamente más bajos en suelos sin laboreo que en suelos bajo laboreo tradicional.

Rockwood y Lal (<sup>70</sup>89) discuten el método de cero labranza y mantillo en suelos tropicales cultivables. Los rendimientos de maíz, caupí y gandul fueron similares para el cero laboreo y los tratamientos con arado; sin embargo, durante períodos de fuerte estrés los rendimientos de maíz y caupí fueron 50 y 25% más altos con no laboreo que con laboreo convencional.

Tafur (<sup>4</sup>87) estudió el efecto de sistemas de producción en la resistencia mecánica de los suelos. Al evaluar el efecto de varios métodos de preparación del suelo, llegó a concluir que la no preparación del suelo disminuyó la emergencia de plantulas de maíz y la producción de mazorca por planta. Los rendimientos obtenidos con este método (no laboreo) fueron equivalentes a las producciones obtenidas en el suelo subsolado y los preparados con tractores de oruga y de llantas en la época seca.

Lutz (<sup>8</sup>47) encontró que, bajo no laboreo, 57 y 229 Kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicados como superfosfato concentrado incrementaron la producción de granos de maíz en un 39 y 54%, respectivamente.

2.5 Respuesta a la fertilización fosfatada y absorción de nutrientes por el maíz y frijol

### 2.5.1 Maíz

En relación a la respuesta del maíz al fósforo, Peregrina y Moreno (65) en México encontraron que cuando existen bajos niveles de fósforo disponible en el suelo, las plantas jóvenes se desarrollan en forma lenta y raquítica.

Romero (70), Salas y Bonilla (72) en Centro América observaron que la aplicación de fósforo resultó en rendimientos significativamente mayores.

Quintana, Palencia y Treminio (68) en Nicaragua informaron que en pruebas de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, el mayor rendimiento de maíz variedad Salco, se obtuvo con la combinación de 90 - 90 Kg/ha de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente. La fuente de fósforo utilizada fue superfosfato triple.

### 2.5.2 Frijol

Mazariegos (52) empleó nitrógeno, fósforo y potasio en frijol y encontró que la respuesta a nitrógeno y fósforo; y a nitrógeno, fósforo y potasio se debió más que todo al elemento fósforo.

En Costa Rica, Iglesias, Quirce y Soto citados por Mazariegos (51) encontraron respuestas de frijol al nivel de 320 Kg/ha de  $P_2O_5$ . En El Salvador, Alfaro citado por Campos (15) no encontró diferencias significativas entre tratamientos con niveles de 0.40, 60 y 80 Kg/ha de nitrógeno y 0.90, 183 y 275 Kg/ha de  $P_2O_5$  aplicados como superfosfato

simple en frijol. La mayor producción la obtuvo con el nivel de 80 Kg/ha de nitrógeno y 275 Kg/ha de  $P_2O_5$ . En frijol Campos (15) no encontró diferencias significativas del factor fósforo y de la interacción fósforo con nitrógeno. El mayor rendimiento se logró con 120 Kg/ha de nitrógeno y 275 Kg/ha de  $P_2O_5$ . Por la alta fijación que poseen estos suelos, el anterior autor (15), dedujo que los niveles de fósforo aplicados, no influyeron en el rendimiento. Por tanto indicó que era necesario aumentar la dosis de fósforo para lograr superar el punto de fijación del suelo.

### 2.5.3 Asociación maíz y frijol

Espino (2) estudió la asociación de maíz y frijol de Costa con tres niveles de fertilización que fueron: 0 - 0; 50 - 100; 100 - 100 - 50 Kg/ha de N -  $P_2O_5$  -  $K_2O$ , respectivamente. En la asociación el rendimiento de maíz aumentó conforme se incrementó el nivel de fertilizante; sin embargo con el rendimiento del frijol de Costa sucedió lo contrario. La mayor eficiencia agronómica la tuvo la asociación, especialmente al nivel más alto de fertilización 100, 100 y 50 Kg/ha de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente. El sistema asociado consumió la mayor cantidad de nutrimentos, el potasio resultó el elemento de mayor consumo por el maíz, y el nitrógeno lo fue para el frijol.

Hart (34) estudió diferentes sistemas de cultivos y encontró que cuando se aplicó fertilizante al policultivo el rendimiento de maíz aumentó, y el de frijol disminuyó.

Según Jiménez (39), el frijol asociado con maíz abonado con 33 Kg/ha de N, 160 Kg/ha de  $P_2O_5$ , 33 Kg/ha de  $K_2O$  y 100 Kg/ha de  $SO_4$ , a la siembra y una segunda aplicación de 146 Kg/ha de N, 73 Kg/ha de  $P_2O_5$ , 77 Kg/ha de  $K_2O$  y 166 Kg/ha de  $SO_4$ , rindió entre 0.45 y 0.86 TM/ha. El maíz alcanzó la mayor producción de biomasa bajo alta tecnología (13161 Kg/ha). La producción de biomasa fluctuó entre 4030 y 13161 Kg/ha para maíz.

Según Sanabria (73) la absorción de nutrimentos por la asociación maíz y frijol cultivados en solución nutritiva no mostró diferencias significativas en relación a lo observado en monocultivo.

Mojica (53) encontró que el maíz en asociación tiende a absorber más nutrimentos en presencia del frijol y arroz que cuando se cultiva solo.

Jiménez (39) informa que el frijol tiende a disminuir su extracción de nutrimentos al estar asociado con el maíz. Por su parte Briosio (10) indica que para el sistema maíz y frijol seguido de camote la absorción de nutrimentos por el camote tuvo el siguiente orden:

N K Ca Mg P.

## 2.6 Evaluación económica del sistema

Linton citado por Lepiz (47) trató de determinar las ventajas y desventajas de la asociación de cultivos maíz y frijol. Realizó un experimento donde observó que tanto los rendimientos de frijol como los de maíz en asociación son menores que en monocultivos. Sin embargo, al obtener las ganancias netas por hectárea, la asociación resultó superior

al monocultivo. Lepiz (46), confirmó estas apreciaciones.

Tirado y Enríquez (85) observaron que el tratamiento del sistema maíz y frijol con laboreo y alta tecnología dió un mayor margen bruto y un mayor retorno neto que los otros tratamientos que se probaron en la primera siembra. Al finalizar el ensayo, el sistema que produjo mayor beneficios fue la asociación frijol más camote cultivado bajo no laboreo y utilizando alta tecnología.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Medio ambiente

##### 3.1.1 Localización

El presente trabajo se realizó en los terrenos y laboratorio de suelos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica; ubicado a 9°54' 45" de latitud norte y 83°39' 28" de longitud oeste, con una elevación aproximada de 602 msnm.

Las parcelas experimentales estuvieron ubicadas en la sección de CATIE conocida como Cabiria.

##### 3.1.2 Suelos

De acuerdo con Aguirre (1), el suelo es de origen aluvial fluvio lacustre, perteneciente a la serie Instituto Arcilloso, fase normal, clasificado a nivel de subgrupo en el sistema de la Taxonomía de Suelos como Typic Dystropept. Su drenaje varía de normal a impedido y la fertilidad es de media a baja y alto contenido de materia orgánica y nitrógeno total.

##### 3.1.3 Clima

Las características climáticas de la zona donde se realizó el experimento son:

Temperatura máxima (promedio.....27,1 °C

Temperatura mínima (promedio.....17,0 °C

Precipitación media anual.....2682 mm

Humedad relativa promedio.....88%

Según Holdridge (35), el área experimental corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo tropical premontano.

### 3.2 Aspectos agronómicos

#### 3.2.1 Selección de cultivos y variedades

Se usaron las siguientes especies y variedades:

Maíz (Zea mays L.), cultivar "Tuxpeño" planta baja, con un ciclo de 120 días.

Frijol (Phaseolus vulgaris L.), cultivar "Turrialba 4", de hábito de crecimiento arbustivo, de grano negro y ciclo de 90 días aproximadamente.

#### 3.2.2 Densidad, espaciamiento, modalidad de siembra y duración del ensayo

El período experimental empezó en diciembre de 1978 y finalizó en abril de 1979. La siembra del sistema maíz y frijol se realizó con espeque. Se hicieron hoyos de aproximadamente 5 cm de profundidad. En cada uno se aplicó aldrín mezclado con cal ( $\text{Ca CO}_3$ ), en una cantidad aproximada de 1.5 g. de aldrín al 2.5% de ingrediente activo y, simultáneamente se sembraron las semillas de maíz y frijol.

El espaciamiento y densidad fueron las siguientes:

a) Maíz: 0.50 m entre plantas y 1 m entre hileras, con 4 semillas por hoyo, para después ralearse (a 25 días) a 2 plantas por hoyo, para tener una densidad de 40000 pl/ha.

b) Frijol: 0.20 m entre plantas y 0.50 m entre hileras, con 2 semillas por hoyo, para tener una densidad de 200000 pl/ha. El arreglo espacial del sistema maíz y frijol asociados se observa en la figura 1.

### 3.3 Tratamientos

#### 3.3.1 Niveles y fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio

Las fuentes de fósforo probadas fueron:

Superfosfato simple:  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ )

Superfosfato triple:  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (42%  $\text{P}_2\text{O}_5$ )

Para balancear el contenido de azufre del superfosfato triple con el del superfosfato simple, se aplicó sulfato de calcio a las parcelas que recibieron superfosfato simple.

Los niveles de  $\text{P}_2\text{O}_5$  fueron de 0 - 100 - 200 - 300 y 400 Kg/ha.

Las fuentes de nitrógeno y potasio fueron:

Nitrato de amonio:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (33.5% de N)

Muriato de potasio: KCl (60% de  $\text{K}_2\text{O}$  aproximadamente). Se aplicó 75 Kg/ha a todas las parcelas basados en datos de Bazán (3) y Martini (51).

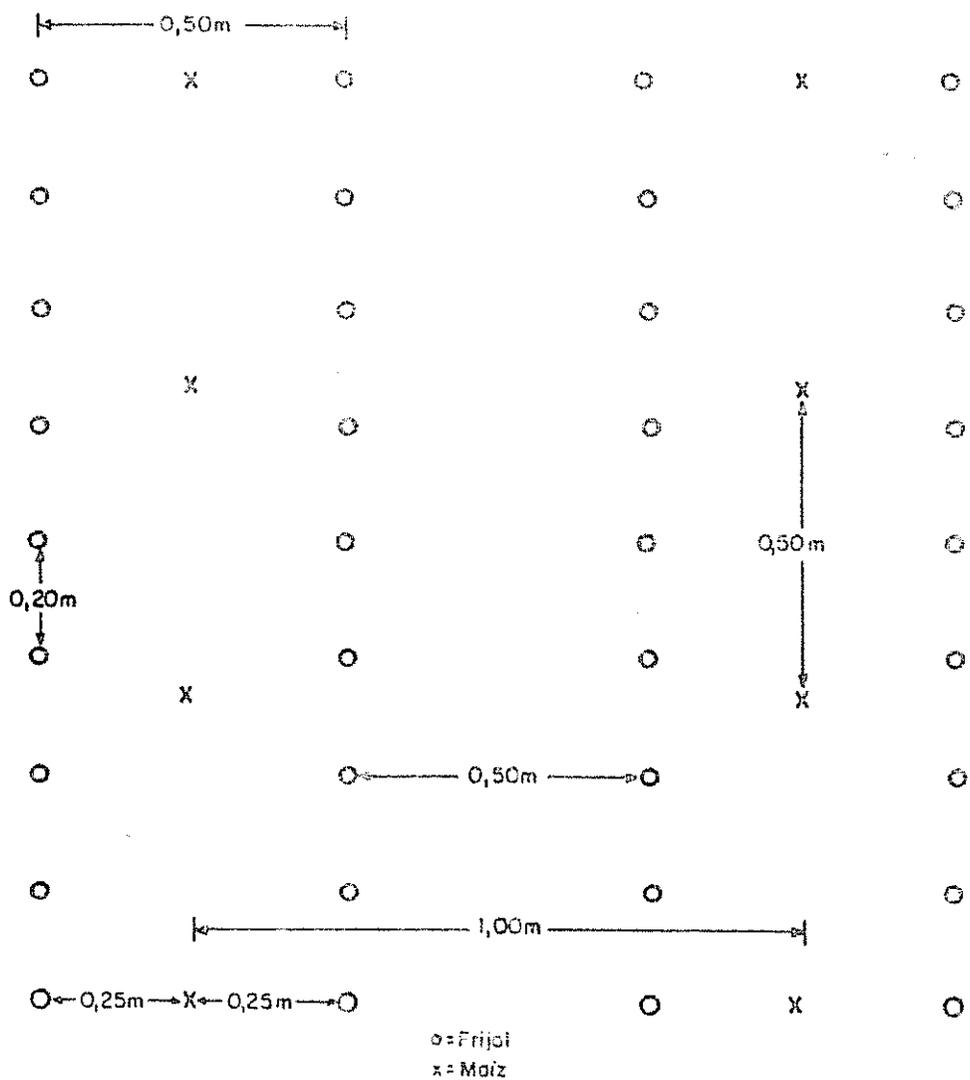


Fig. 1 Arreglo espacial del sistema maíz y frijol sembrado en el suelo Typic Dystropept, Turrialba, Costa Rica, 1979

### 3.3.2 Epoca y forma de aplicación del fertilizante

La fertilización se llevó a cabo en dos fechas: la primera a la siembra y la segunda 30 días después de establecido el sistema. A la siembra se aplicaron los diferentes niveles de  $P_2O_5$  correspondientes a las dos fuentes de fósforo y a los 30 días se aplicó la base constante de nitrógeno y potasio anteriormente señalada. La forma de aplicación de los fertilizantes fue en banda y entre las hileras de maíz y frijol, a 12.5 cm de la base de cada cultivo.

### 3.3.3 Diseño de experimento

El diseño utilizado fue el de parcelas divididas, con 20 tratamientos (factorial 2 x 5) y 3 repeticiones. El tamaño de la parcela pequeña fue de  $40 \text{ m}^2$  y el de la parcela grande, correspondiente al método de labranza, fue de  $400 \text{ m}^2$ . Se sembraron 4 hileras de maíz de 10 m de largo y 8 hileras de frijol de 10 m de largo.

El tamaño de la parcela útil fue:

$$\text{Maíz} : 18 \text{ m}^2 = (9 \times 2)$$

$$\text{Frijol: } 18.4 \text{ m}^2 = (9.2 \times 2)$$

### 3.3.4 Descripción de los tratamientos de labranza

El método de laboreo convencional fue la práctica que generalmente realiza el agricultor que consistió de un pase de arado y dos pasadas de rastras. En este método el control de malezas fue manual y realizado a los 30 días aproximadamente después de la siembra.

El método de cero laboreo consistió de una roza a ras del suelo más herbicida. El control de malezas se hizo sobre el rebrote unos quince días después de la roza, con el herbicida glyfosate a una dosis equivalente a 3.0 lt/ha del producto comercial mezclado con  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ <sup>1/</sup> (sulfato de amonio 3. Kg/ha). El control de malezas parece ser mejor cuando se mezcla el herbicida con este fertilizante.

### 3.4 Protección de plantas

#### 3.4.1 Herbicidas

El herbicida utilizado para el control de malezas fue el glyfosate N - (fosfometil) glicina al 36% del ácido equivalente <sup>2/</sup>.

El glyfosate es un herbicida soluble en agua y se utiliza para el control de la mayoría de las malezas anuales, bianuales y perennes. Es un herbicida de acción sistémica que se transloca hasta las estructuras vegetativas subterráneas ocasionando la muerte total de las malezas con las que entra en contacto. Se absorbe a través del follaje y partes de las plantas fotosintéticamente activas. La absorción por la raíz es muy baja, inferior a cualquier otro herbicida (54).

#### 3.4.2 Insecticidas

Para el control de insectos del suelo, se utilizó una mezcla de cal ( $\text{CaCO}_3$ ) y aldrín al 2.5% de ingrediente activo. La

---

<sup>1/</sup> Shenk, M. Comunicación personal. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

<sup>2/</sup> Monsanto Co.

cantidad de cal utilizada en esta mezcla fue de aproximadamente 180 Kg/ha de cal ( $\text{CaCO}_3$ ). La aplicación se hizo al momento de la siembra.

Posteriormente, se utilizó volatón<sup>3/</sup> aplicado al suelo, sobre las raíces de las plantas de maíz para el control de Diabrotica sp en larva.

### 3.5 Variables analizadas

#### 3.5.1 Análisis de suelo

##### 3.5.1.1 Análisis físicos

###### a) Densidad aparente y densidad de partículas

La densidad aparente se determinó por medio del método del cilindro de volumen conocido, para muestra de suelo no alterada como lo describe Forsythe (29). La densidad de partículas, por el método del Kerosene (29).

###### b) Textura

Se determinó por el método de Bouyoucos, modificado por Hardy y Bazán y descrito por Bazán (4).

###### c) Porosidad total

Se determinó por medio de la relación existente entre la densidad aparente y la densidad de partículas, de acuerdo con el criterio de la metodología descrita por Forsythe (29), utilizando la fórmula:

---

<sup>3/</sup> Shell Chemical Co.

$$\% \text{ Porosidad total (P.T)} = 1 - \frac{D_a}{D_s} \times 100$$

Donde:  $\% \text{ P.T}$  = Porosidad total en porcentaje

$D_a$  = Densidad aparente en g/cc

$D_s$  = Densidad de partículas en g/cc

d) Humedad gravimétrica a 0.33 bares

Para ésta determinación se siguió el método de Richards, descrito por Forsythe (29).

e) Espacio poroso capilar y no capilar

Con los datos de la determinación de textura y tomando una quinta parte del porcentaje de arena y restando este valor del porcentaje de humedad gravimétrica a capacidad de campo (0.33 bares), se determinó el índice de textura (4). El índice de textura, multiplicado por la densidad aparente dió el espacio poroso capilar.

$IT = S - 1/5\%$  de arena; donde:  $IT$  = Índice de textura,  $S$  = Humedad gravimétrica a 0.33 bares y  $1/5$  de arena del análisis textural.

$EPC = IT \times D_a$ ; y  $EPNoC = PT - EPC$ ; donde:  $EPC$  = espacio poroso capilar;  $PT$  = porosidad total y  $EPNoC$  = espacio poroso no capilar;  $IT$  = Índice de textura y  $D_a$  = densidad aparente.

f) Humedad gravimétrica de campo

Se determinó el agua retenida en muestras de suelos, tomadas mensualmente durante la permanencia del sistema. La muestra se sometió a asecado en estufas a  $105^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. El cálculo de la humedad se hizo, utilizando la metodología propuesta por Forsythe (29).

### 3.5.1.2 Análisis químicos

Se analizaron muestras de suelos obtenidas de la banda de fertilización, y tomadas a la profundidad de 0.20 m, antes y al final del ensayo.

Los nutrimentos que se analizaron fueron:

a) nitrógeno total; b) fósforo; c) potasio; d) calcio; e) magnesio; f) materia orgánica; g) acidez extraíble y h) pH ( $H_2O$ ). Los resultados de estos análisis se pueden observar en el cuadro 1A.

El fraccionamiento de los fosfatos de aluminio (P - Al), fosfatos de hierro (P - Fe) y fosfatos de calcio (P - Ca) y fósforo soluble en  $NH_4Cl$ , se hizo siguiendo la técnica de Chang y Jackson (18).

La determinación de: P disponible, K, Ca, Mg, pH y acidez extraíble se hizo siguiendo la técnica descrita por Díaz-Romeu y Hunter (19), utilizada en el laboratorio de suelos del CATIE.

El nitrógeno total se determinó por medio del método de Bremner modificado por Díaz-Romeu (20).

#### Materia orgánica

Se determinó de acuerdo al método de Walkley y Black descrito por Sainz del Rio y Bornemisza (75).

### 3.5.2 Análisis químico del material vegetal

Para esto se analizaron muestras de tejidos tomadas de plantas a la madurez fisiológica.

En el maíz el muestreo se hizo a los 100 días y para el frijol a los 55 días.

El muestreo fue al azar tomando cuatro plantas de maíz

y cinco de frijol, por parcela.

#### Análisis de nutrimentos

##### a) Nitrógeno total

Se determinó por el método del micro - Kjeldahl descrito por Muller (59).

##### b) Fósforo, potasio, calcio y magnesio

Se determinaron por el método de Johnson y Ulrich (40) utilizando una mezcla de ácido nítrico y perclórico en una relación 5:1 (cinco partes de nítrico y una de perclórico) para la digestión del material vegetal.

#### 3.5.3 Variables de respuesta

##### 3.5.3.1 Rendimiento de maíz en grano

El rendimiento del área útil por parcela se expresó en Kg/ha del grano de maíz uniformizado al 15% de humedad.

##### 3.5.3.2 Biomasa total de maíz

A los 100 días de edad (después de la siembra) del cultivo se tomaron cuatro plantas de maíz al azar de la parcela útil para la determinación de la biomasa total.

Para determinar materia seca de la parte aérea (tallos más hojas más mazorcas), las plantas se cortaron en pedazos pequeños y se llevaron hasta peso seco constante utilizando una temperatura de 70°C.

##### 3.5.3.3 Rendimiento de frijol en grano

Se determinó por el peso en Kg/ha del producto

comercial expresado al 14% de humedad.

#### 3.5.3.4 Biomasa total de frijol

Esta variable fue determinada en base a cinco plantas cosechadas a los 55 días de edad del cultivo. Las plantas muestreadas se llevaron, en una estufa a 70°C, hasta peso constante para determinar materia seca (tallos más peciolos más vainas).

#### 3.6 Recolección de datos climáticos

Estos datos se tomaron de los registros diarios que se llevan en la estación metereológica del CATIE y fueron:

Precipitación en mm

Temperatura en grados centígrados °C

Radiación solar que llega al sistema  $\text{Cal/cm}^2/\text{día}$

Humedad relativa en porcentaje

#### 3.7 Evaluación económica de sistemas

La evaluación económica, se hizo utilizando la técnica del presupuesto parcial, descrita por Murcia (60), y Pierrin (66).

El fin de utilizar tal técnica fue obtener un criterio que pudiera ser utilizado para proponer alternativas de manejo de labranza que rindieran mejores beneficios netos. Para dicha metodología se tuvo en cuenta la inversión que se hizo en los dos métodos de labranza y los beneficios que cada uno produjo. Para seleccionar una alternativa, se tuvo en cuenta la diferencia entre los costos y los beneficios. La mayor

diferencia entre beneficios y costos de cada alternativa determinó cuál de aquella fue considerada como la mejor. Para los cálculos necesarios de este análisis fueron utilizados los datos de los cuadros 12A y 13A.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Condiciones climáticas

En la figura 2 aparecen los datos de precipitación y temperatura, durante la permanencia del sistema.

Se puede apreciar que el mes de diciembre fue el período de mayor precipitación. De enero en adelante se observa una tendencia hacia una disminución de la precipitación. Esta condición se reflejó en la producción del sistema bajo ambos métodos de labranza. El método de laboreo convencional, al parecer, fue el más afectado.

Cabe señalar que durante la época de mayor precipitación se presentó una acumulación de humedad excesiva en algunas parcelas lo cual confirmó las condiciones de drenaje impedido de estos suelos. Esta condición pudo afectar el crecimiento y la respuesta de los cultivos, sobre todo al frijol. Esto confirmaría lo encontrado por Legarda (46) quien informa el valor de 25% de espacio aéreo como nivel crítico para el rendimiento máximo de la variedad de frijol "27-R" obtenido por él.

##### 4.2 Aspectos generales del sistema

La germinación de ambos cultivos ocurrió a los siete días de sembrados. No se notó diferencia entre métodos de labranza, dosis de  $P_2O_5$  ni fuente de fósforo. A los 20 días de la siembra del sistema se presentó un ataque de Diabrotica sp al cultivo de frijol; esto fue controlado con una aplicación de DD-Tox. Posteriormente, a los 30 días se procedió al control de malezas en forma manual en el método de laboreo

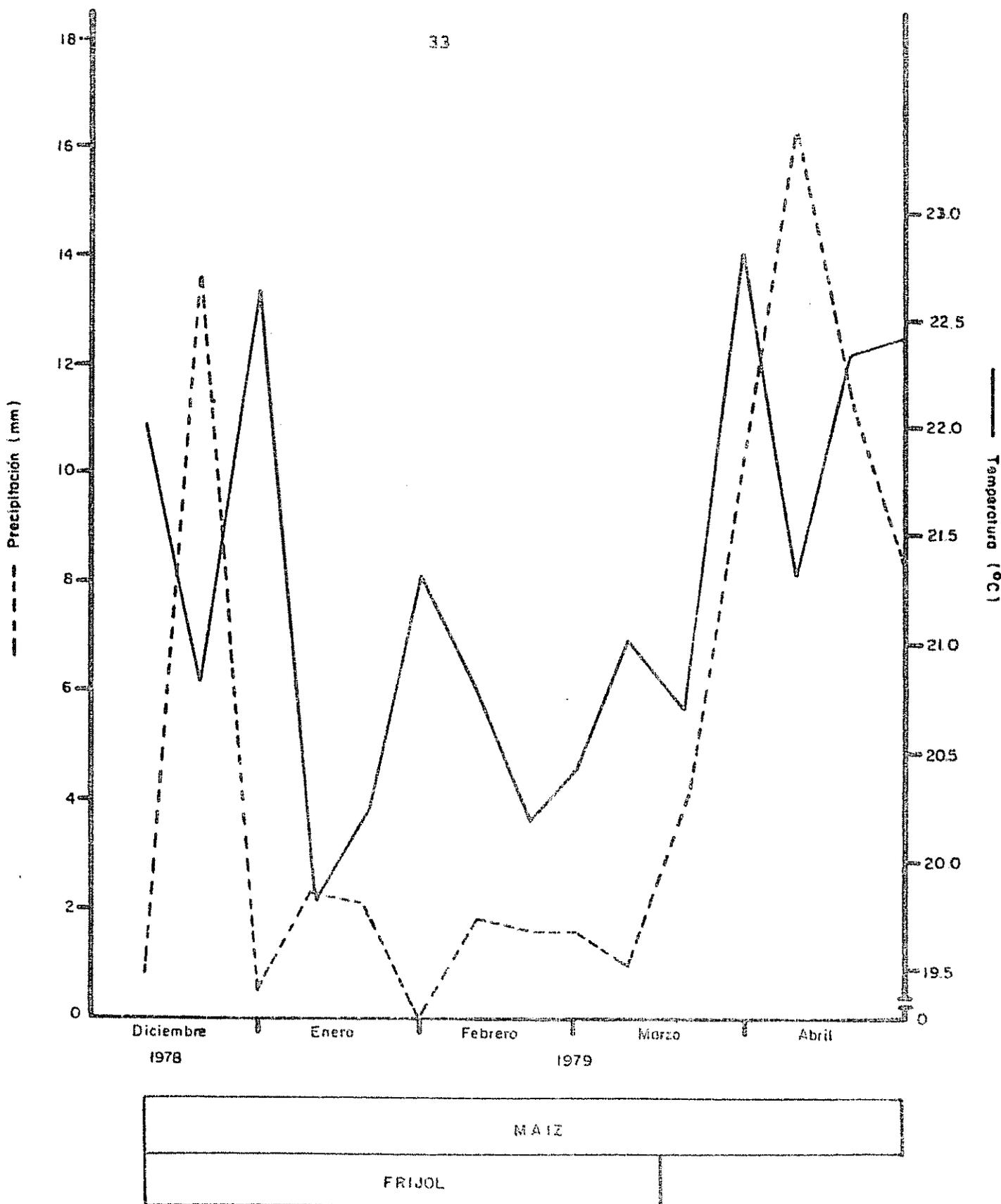


Fig. 2 Precipitación y temperatura promedio de cada diez días durante el período experimental y arreglo cronológico del sistema maíz y frijol en Turrialba, CATIE, Costa Rica

convencional. En el método de no laboreo fue necesario hacer un control de malezas a los 40 días ya que la población de malezas era bastante alta. Al parecer, la dosis de herbicida (glyphosate) empleada para el control inicial de malezas en este método no fue la más adecuada. Para la misma época hubo un ataque de Diabrotica sp en larva sobre las raíces del maíz, que fue controlado con Volatón.

#### 4.3 Características físicas y químicas de los suelos

En el cuadro 1A aparecen los datos de las características físicas y químicas de los suelos medidas antes del ensayo.

El pH de las parcelas experimentales estuvo entre 5.30 y 5.60 con una media de 5.45. Los contenidos de calcio, magnesio y potasio estuvieron dentro del rango de 3.90 a 6.40, 1.50 a 2.30 y 0.28 a 0.43 me/por 100 ml de suelo, respectivamente. La acidez extraíble presentó valores que oscilaron entre 0.40 a 1.40 me/100ml. Los contenidos de fósforo disponible oscilaron entre 3.90 a 4.70 ug/ml de suelos. Las relaciones Ca/Mg y Mg/K variaron de 2.64 a 2.98 y 4.28 a 6.71, respectivamente. Estos datos indican que el pH de estos suelos son muy similares a los encontrados para otros suelos del CATIE (10, 12). Las relaciones Ca/Mg y Mg/k están dentro del rango del nivel crítico señalado en las guías de recomendaciones del proyecto de fertilidad para suelos de Centro América. Lo mismo se puede decir para el fósforo disponible del suelo. De acuerdo con Buol y colaboradores (11), los porcentajes de saturación de acidez están dentro del rango que no ofrece problemas por saturación de aluminio.

Los datos del fraccionamiento de fósforo inorgánico al inicio del ensayo, son muy similares a los encontrados por otros autores para la misma región (8, 26).

Los datos de contenido de materia orgánica obtenidos para estos suelos son altos y confirman lo señalado por Aguirre (1).

La determinación de alofano con NaF indica la presencia de dicho material como componente de la mineralogía de estos suelos. La capacidad de fijación de estos suelos, como lo indica Fassbender (24), y la curva de sorción, determinados por el autor de este trabajo, son evidencias para proponer la posibilidad de estar ante un suelo perteneciente al suborden Andepts. En este caso, la clasificación más adecuada sería Aquic Dystrandept.

El análisis textural por medio del método de Bouyoucos modificado por Hardy y Bazán y descrito por Bazán (4) muestra que este suelo pertenece a la clase textural arcillosa. La densidad aparente de las parcelas experimentales alcanzó valores (cuadro 1A) que están por debajo del valor crítico de densidad aparente de 1.5, señalado en la literatura como el límite por arriba del cual se dificulta la penetración de raíces.

#### 4.4 Efecto de los niveles de $P_2O_5$ sobre las variables de respuesta Rendimiento y biomasa del maíz y el frijol

En el cuadro 1 aparecen los resultados para esta dos variables. Se observa que para maíz los valores más bajos y más altos son de 1654 y 5451 Kg/ha de grano obtenidos bajo laboreo convencional y no laboreo,

Cuadro 1. Efecto de cinco dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dos fuentes fosfatadas y dos métodos de labranza en el: rendimiento de maíz y frijol; biomasa del maíz; biomasa del frijol y biomasa total del sistema maíz y frijol en Kg/ha, cultivados en un Typic Distropept de Turrialba, Costa Rica, 1979.

Fuente de fosforo	Niveles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Laboreo convencional				No laboreo					
		Rendimiento de maíz	Rendimiento de frijol	Biomasa maíz	Biomasa frijol	Rendimiento de maíz	Rendimiento de frijol	Biomasa maíz	Biomasa frijol		
Super	0	1654	901	5006	1744	6750	4133	385	4942	1020	5929
	100	2727	800	5585	1311	6895	4969	304	13693	836	14509
	200	2293	1076	5741	1785	7526	4366	380	8928	1001	9530
	300	2676	972	6788	1537	8325	5194	505	8940	1567	10506
	400	2944	881	5804	1473	7277	5451	384	11445	1652	13097
Fosfato	0	1873	825	4960	1748	6708	4877	372	8036	1133	9169
	100	2194	1053	4270	1529	5799	4637	371	9249	1148	10397
Triple	200	1969	971	5512	1625	7137	4610	440	9821	1399	11219
	300	2792	1039	5019	1872	6892	4775	438	7503	1247	8750
	400	2242	850	5544	1369	6911	4847	560	8789	1681	10470

respectivamente. Estos valores corresponden a los niveles de 0 y 400 Kg/ha de  $P_2O_5$ , respectivamente.

Para el frijol los valores de rendimiento de grano oscilaron entre 304 y 1076 Kg/ha obtenidos bajo no laboreo y laboreo convencional, respectivamente. Los niveles a los cuales corresponden estos rendimientos fueron de 100 y 200 Kg/ha de  $P_2O_5$ , respectivamente.

Los datos de biomasa para maíz oscilaron entre 4270 a 13693 Kg/ha bajo laboreo convencional y no laboreo, respectivamente; y obtenidos utilizando 100 Kg/ha de  $P_2O_5$ .

En el caso del frijol bajo no laboreo la menor producción de biomasa fue de 836 Kg/ha obtenida aplicando 100 Kg/ha de  $P_2O_5$ ; y en laboreo convencional la menor producción de biomasa fue de 1311 Kg/ha obtenida aplicando 100 Kg/ha de  $P_2O_5$ .

Analizados estadísticamente estos resultados, no se detectaron diferencias significativas entre niveles de  $P_2O_5$ .

La falta de respuesta a niveles de  $P_2O_5$  ha sido causada probablemente por la capacidad de fijación de fósforo de estos suelos. Este comportamiento se puede observar en la figura 3 que muestra la curva de sorción para este suelo. Esta indica que la capacidad de fijación de este suelo alcanzó un valor del 90%. Fassbender (24) ha reportado un valor de 62% como capacidad de fijación de estos suelos. Sin embargo, esto puede entenderse en el sentido de que probablemente los suelos de la serie Instituto analizados por el autor anterior no tienen la influencia volcánica tan marcada como probablemente sí la tenga el suelo de este experimento. La mineralogía es un factor determinante de la capacidad de fijación de los suelos. Al parecer, en la constitución

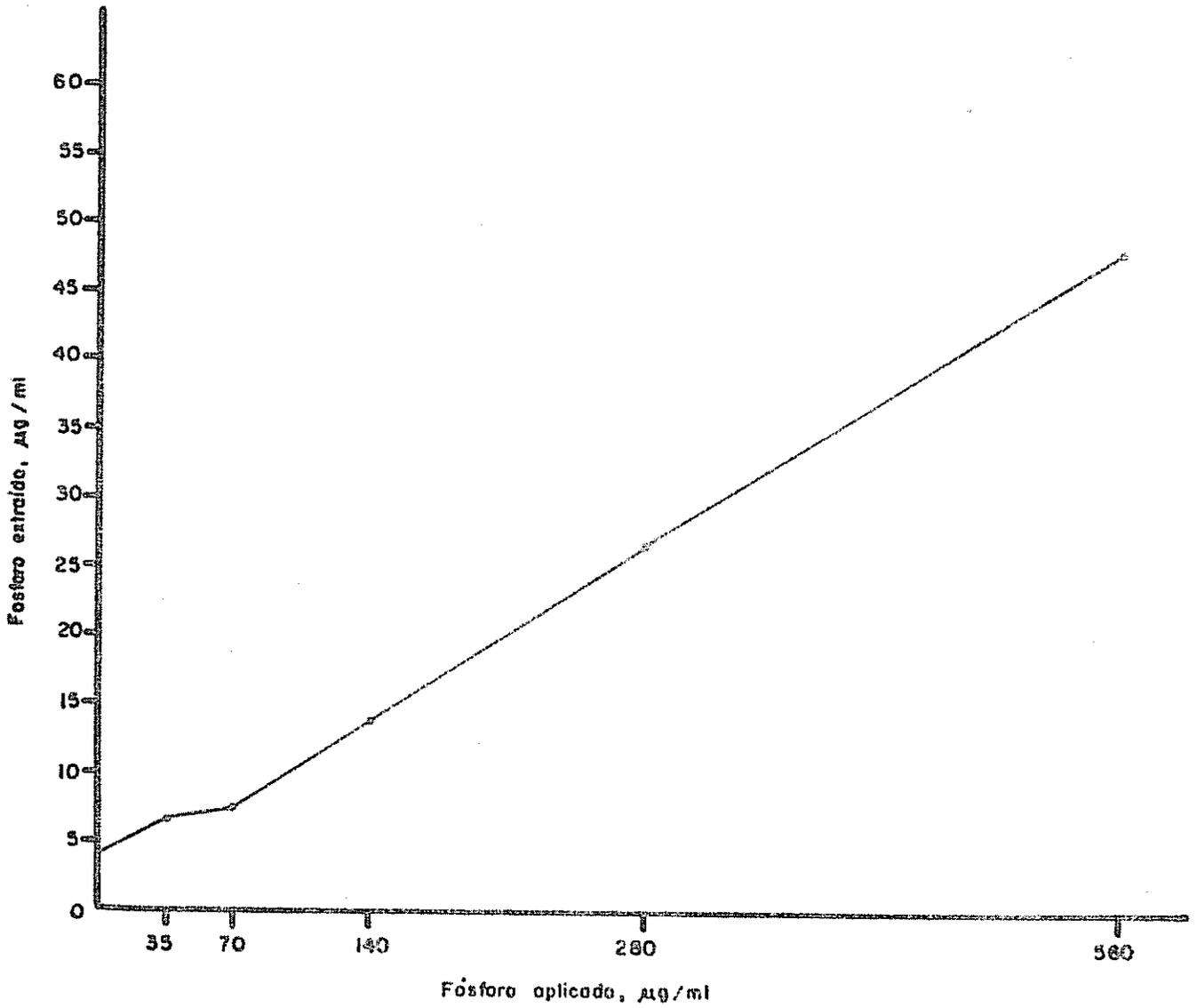


Fig. 3 Curva de sorción de fósforo de un Typic Distropept en Turrialba, Costa Rica, 1979

mineralógica de este suelo predominan materiales amorfos (alofano) lo cual concuerda con lo señalado por Fassbender (27). Otros minerales importantes son los óxidos libres de hierro y aluminio que fijan fósforo y que son constituyentes importantes de los suelos de la región de Turrialba, como lo indican Bornemisza e Igue (9).

Algunos autores (89) reconocen la fijación de fósforo como el principal problema para el desarrollo agrícola de suelos volcánicos, tal es el caso de los suelos de Hawaii, donde puede necesitarse más de 3000Kg/ha de  $P_2O_5$  para poder llenar la capacidad de fijación de fósforo. Los suelos del experimento en Cabiria son probablemente de origen volcánico.

#### 4.5 Fracciones del fósforo en el suelo y fertilización fosfatada

Los resultados aparecen en el cuadro 2. El comportamiento de las fracciones inorgánicas a la fertilización fosfatada se puede observar en las figuras 4, 5 y 6. Con laboreo convencional y con no laboreo del suelo la tendencia fue similar.

Es evidente que hay una mayor concentración de fosfatos de aluminio y hierro en relación a la del calcio. Esta tendencia ha sido informada por otros autores en el trópico. Fassbender (23), en suelos de Costa Rica, Chang y Chu (17), en suelos de Taiwan, Kurtz y Quirk (42), en suelos de Australia y Khan y Chawdhury (41), en suelos de Pakistan, indican que la mayor transformación del fósforo aplicado se efectúa hacia los fosfatos de aluminio y hierro; mientras que la conversión hacia fosfatos de calcio es relativamente pequeña.

Cuadro 2 Fracciones del fósforo inorgánico, en ppm encontradas a la profundidad de 0 - 20 cm en un típico *Costa Rica* de Turrialba, Costa Rica, fertilizado con cinco dosis de  $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de laboreo.

Fuente de fósforo	Niveles de $P_2O_5$ Kg/ha	Laboreo convencional			No laboreo		
		P - Al	P - Fe	P - Ca	P - Al	P - Fe	P - Ca
Super Fosfato Simple	0	101	143	40	157	157	53
	100	128	146	43	93	74	38
	200	150 153*	228 183*	42 42*	150 119*	156 140*	42 43*
	300	204	196	43	90	155	41
	400	183	202	40	106	156	43
Super Fosfato Triple	0	105	191	54	120	71	40
	100	153	170	42	108	173	42
	200	150 145*	162 175*	45 47*	90 123*	169 143*	41 41*
	300	171	188	41	142	109	41
	400	145	166	46	153	194	39

\* Promedio de cinco datos de cada una de las fracciones inorgánicas del fósforo, con superfosfato simple y triple, respectivamente.

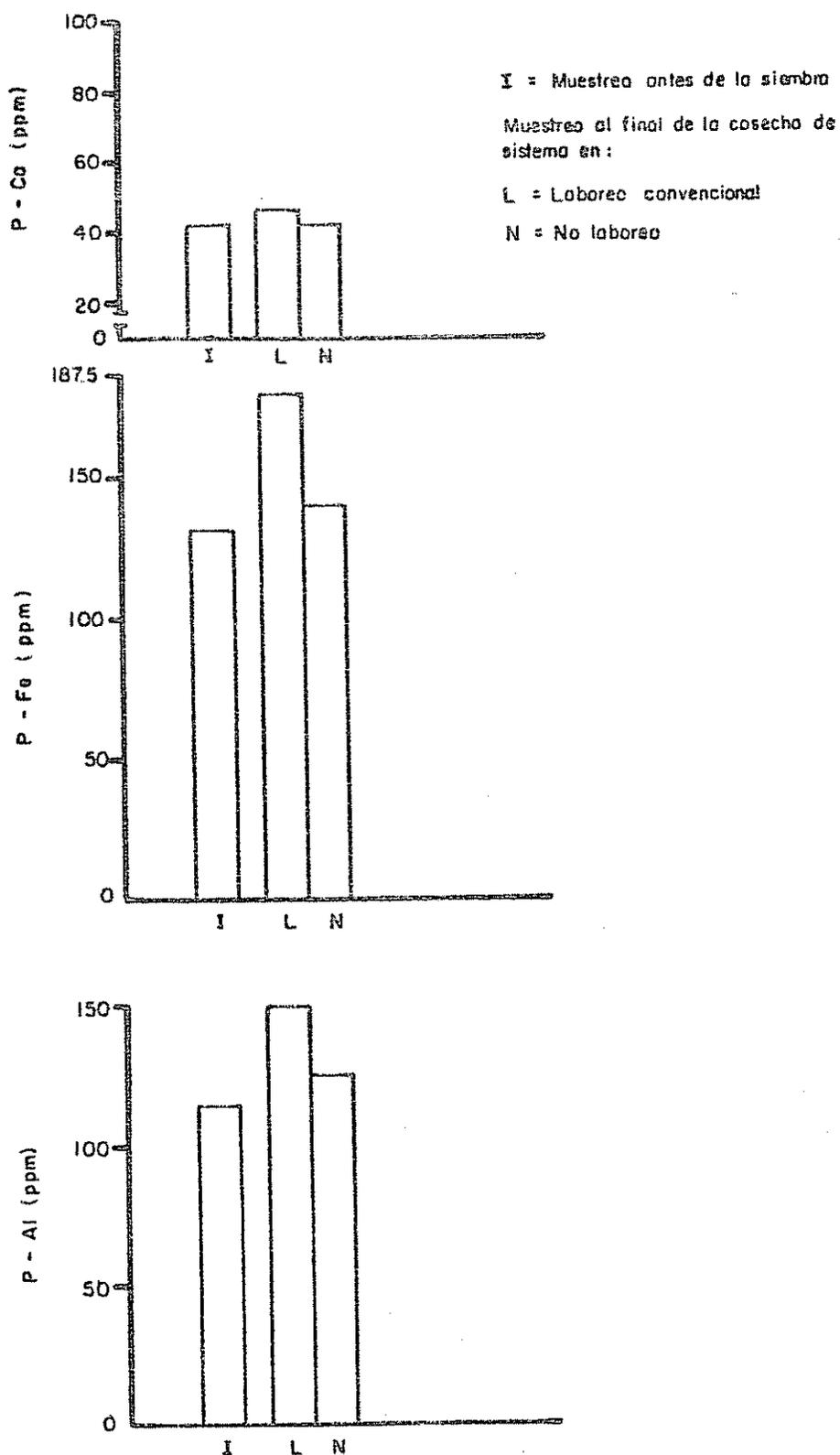


Fig. 4 Fosfatos de aluminio, hierro y calcio antes de la siembra y al final de la cosecha del sistema maíz y frijol en un Typic Dystropept, sometido a laboreo convencional y no laboreo en Turrialba, Costa Rica

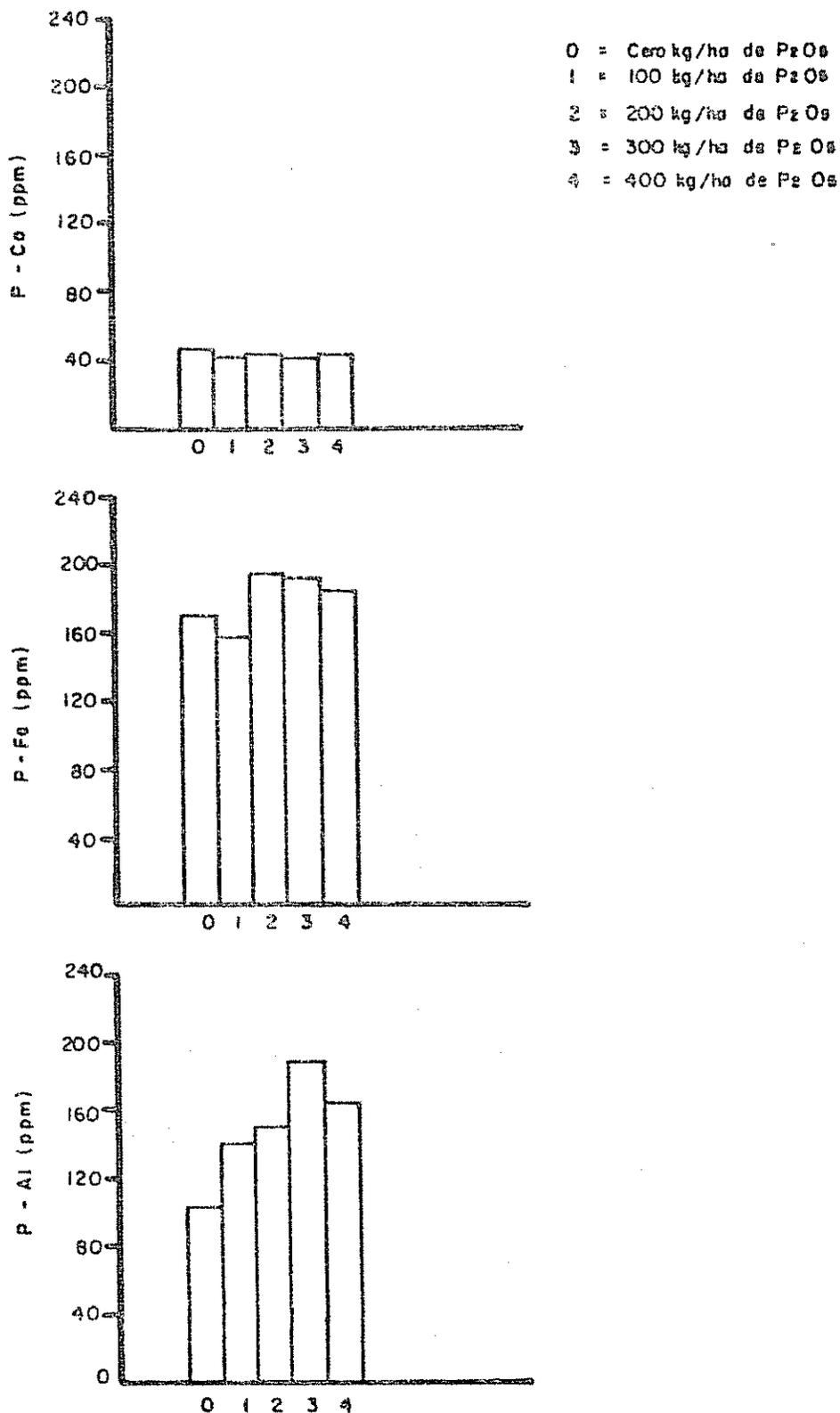


Fig. 5 Fosfatos de aluminio, hierro y calcio obtenidos a diferentes niveles de  $P_2O_5$  bajo laboreo convencional en un Typic Dystropept en Turrialba, Costa Rica

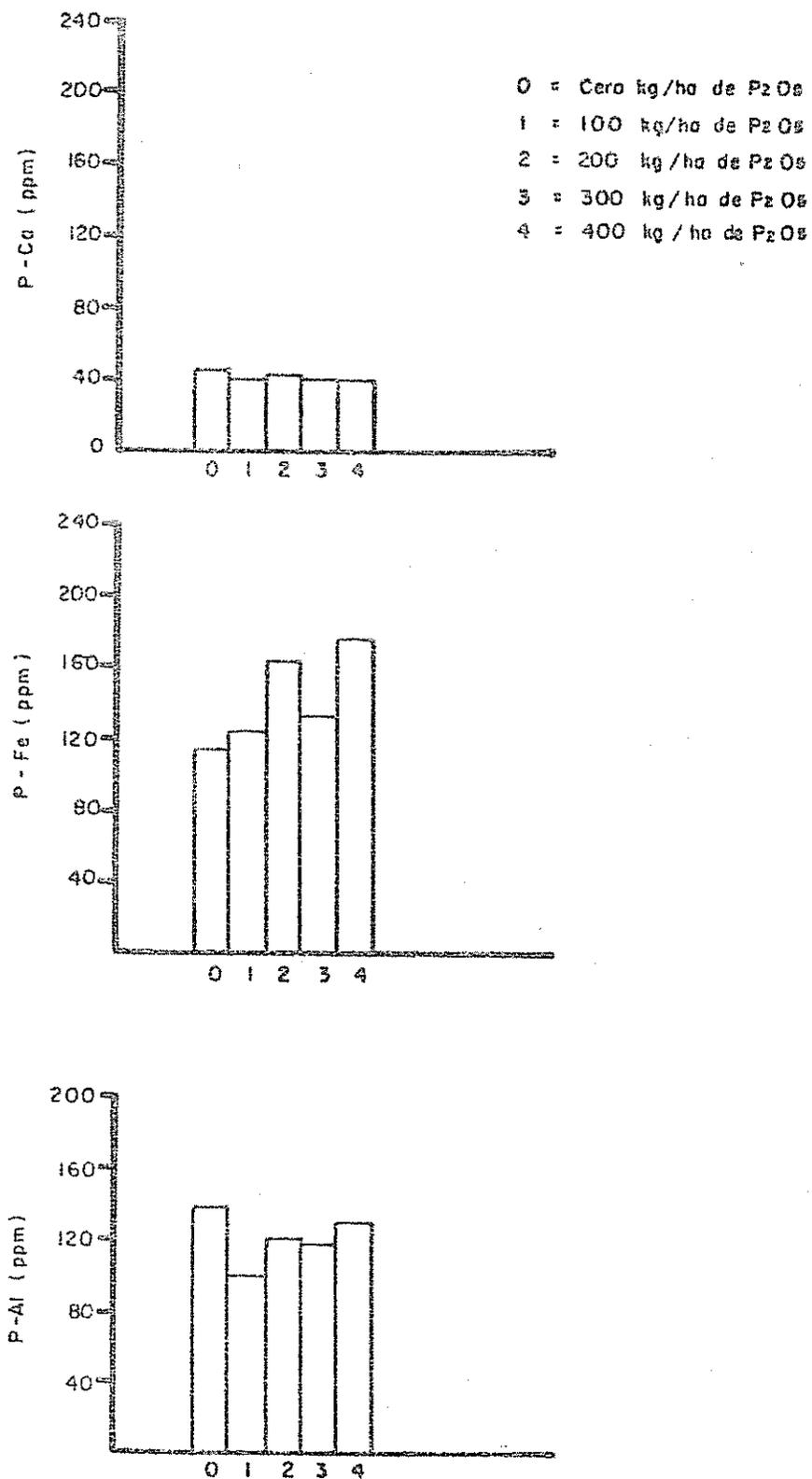


Fig. 6 Fosfatos de aluminio, hierro y calcio obtenidos a diferentes niveles de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bajo no laboreo en un Typic Dystropept en Turrialba, Costa Rica

Observando el comportamiento de las fuentes utilizadas en el experimento sobre la formación de estas fracciones se encuentra que los fosfatos de aluminio bajo laboreo convencional alcanzan valores de 153 y 145 ppm con el superfosfato simple y triple, respectivamente. La misma fracción en no laboreo alcanzó valores de 119 y 123 ppm con el superfosfato simple y triple. La tendencia ha sido la misma para los fosfatos de hierro siendo mayores los valores en laboreo convencional que en no laboreo. En relación a los fosfatos de calcio, con superfosfato simple y triple se encontraron bajo laboreo convencional valores de 42 y 47 ppm; y en no laboreo convencional valores de 43 y 41 ppm, respectivamente. A pesar de que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas a niveles, fuentes y métodos de labranza; otros autores (62) han encontrado diferencias significativas con superfosfato triple a niveles de 600 Kg/ha de  $P_2O_5$ . Los niveles de  $P_2O_5$  que tienden a incrementar los fosfatos de aluminio y hierro en este trabajo se encuentran entre 200 a 400 Kg/ha de  $P_2O_5$ ; y la tendencia en ambos métodos de labranza es similar. El enfoque de observar la dinámica de las fracciones inorgánicas del fósforo bajo dos métodos de labranza es nuevo, y poca la información que existe para explicar este comportamiento. Sin embargo, parece haber un mejor aprovechamiento del fertilizante bajo no laboreo que en laboreo convencional, lo cual probablemente explicaría esta tendencia. Esta mayor aprovechabilidad del fertilizante bajo no laboreo probablemente se deba a un mayor volumen de raíces en la parte superficial del suelo bajo no laboreo en comparación al laboreo convencional. Esto permite al cultivo explorar un mayor volumen de suelo, y

por consiguiente asegurar una mejor disponibilidad de nutrimentos.

Otros investigadores (31, 45,69,77) han llegado a concluir que la mayor parte del fósforo aplicado como fertilizante se convierte o es recuperado como fosfatos de aluminio y fosfatos de hierro.

#### 4.6 Efecto de la fuente fosfatada sobre las variables de respuesta Rendimiento y biomasa del sistema

En el cuadro 1 aparecen los valores de rendimiento y biomasa del sistema.

Los valores encontrados 2214 y 2469 Kg/ha en laboreo convencional para los rendimientos del maíz con superfosfato triple y simple, respectivamente y 4749 y 4826 Kg/ha en no laboreo para el rendimiento de maíz con superfosfato triple y simple, respectivamente, no fueron estadísticamente significativos cuadro 7 A.

Para frijol con superfosfato simple y triple los rendimientos bajo laboreo convencional fueron de 924 y 948 Kg/ha, y bajo no laboreo de 392 y 437 Kg/ha, respectivamente. Estos datos, al igual que los de maíz, tampoco fueron estadísticamente significativos.

En la producción de materia seca, como se observa en el cuadro 1, se encontraron bajo laboreo convencional valores de 6689 y 7355 Kg/ha con superfosfato triple y simple, respectivamente; y bajo no laboreo de 10001 y 10714 Kg/ha con superfosfato triple y simple, respectivamente. Estos valores, al igual que los rendimientos de grano no fueron estadísticamente significativos.

Otros autores (38,58) tampoco han encontrado respuestas significativas a fuentes fosfóricas. Fassbender y Molina (25), señalan

que, en un Dystandept típico de Costa Rica, materiales fosforados menos solubles dieron excelentes resultados en comparación a superfosfato concentrado. Esto puede deberse a la presencia de materiales silicatados, los cuales compiten con el ion fosfato por los sitios de intercambio aniónico, e impiden la fijación del fosfato.

#### 4.7 Respuesta a la fertilización fosfatada de los cultivos

##### 4.7.1 Maíz

La respuesta a la fertilización fosfatada no fue significativa, tal como se observa en el cuadro 7A. Estos resultados no concuerdan con lo encontrado por Romero (70) y Salas y Bonilla (72). Esto es explicable, probablemente, por la alta capacidad de fijación que presentó el suelo donde se realizó este ensayo. Otra condición que pudiera estar afectando a los resultados es la contribución que probablemente está haciendo el fósforo orgánico al fósforo disponible en el suelo.

##### 4.7.2 Frijol

Al igual que el maíz, la respuesta del frijol a los diferentes niveles de  $P_2O_5$ , no fue significativo. Sin embargo, Mazariegos (52) informa que la respuesta del frijol, al parecer, fue afectada positivamente por la aplicación de fósforo, esto no concuerda con lo encontrado en este estudio. Los valores hallados en laboreo convencional están dentro del rango señalado por Jiménez (39) siendo los resultados en no laboreo menores que los indicados por dicho autor. Campos (15)

señala en su estudio que la falta de respuesta del frijol se atribuyó a la fijación de fósforo por esos suelos. Esto concuerda con lo encontrado en este estudio.

#### 4.7.3 Asociación maíz y frijol

En la asociación los resultados no fueron significativos a ningún nivel, cuadro 8A. Trabajando con la misma asociación, otros autores (34,39) han encontrado resultados positivos. Sin embargo, en este trabajo tal parece que la mineralogía que caracteriza los suelos están jugando un papel muy importante en la capacidad de fijación de fosfatos lo cual explicaría la falta de respuesta.

#### 4.8 Influencia de las fracciones de fósforo en el desarrollo de los cultivos

En el cuadro 2A aparecen los coeficientes de correlación entre las distintas fracciones y la biomasa del maíz. Se observa que el mayor coeficiente de correlación se presentó entre los fosfatos de aluminio y la biomasa comestible de maíz bajo laboreo convencional. La relación con las otras fracciones de fósforo fue menor y no significativa.

La tendencia en el caso del no laboreo fue diferente siendo negativa y no significativa la relación entre las diferentes fracciones del fósforo y la biomasa comestible del maíz. Esto sugiere que ninguna de estas fracciones contribuyó con el fósforo que la planta utilizó, como lo indica Pinto (67). Esta tendencia aparentemente no tiene una explicación clara.

Otros autores (9,67) han encontrado a la fracción extraíble con  $\text{NH}_4\text{Cl}$  como la principal fracción del fósforo utilizable por la planta. Sin embargo, en este estudio esta fracción no fue detectable dando solo trazas, lo cual concuerda con lo señalado por Fassbender (24) para estos suelos.

La relación entre fracciones del fósforo y la biomasa comestible del frijol no se pudo observar, en razón de que el muestreo sobre el cual se hizo el análisis del fraccionamiento del fósforo, se realizó al final de la cosecha del sistema. Esto impidió poder establecer este tipo de relación. Igual ocurrió para la biomasa total de maíz y frijol, ya que estas fueron determinadas a los 100 y 55 días respectivamente.

#### 4.9 Efecto de la labranza en las propiedades de los suelos

##### 4.9.1 Propiedades físicas

En el cuadro 11A aparecen los datos de las propiedades físicas analizadas.

La densidad aparente disminuyó en ambos métodos de labranza, en comparación con los datos obtenidos al final del ensayo. La porosidad total, se incrementó en ambos métodos al final del ensayo siendo mayor en el laboreo convencional. La porosidad capilar disminuyó en el laboreo convencional y se incrementó en el no laboreo. En relación al espacio poroso no capilar se puede señalar que hubo un incremento de estas propiedades en ambos métodos de labranza. Burgos y Meneses (13) y Burity (12) encontraron resultados parecidos e informan que la densidad

aparente tiende a disminuir con la labranza. Los resultados de porosidad total, capilar y no capilar concuerdan con lo encontrado por los mismos autores (12,13). Estos resultados indican que al final del ensayo el suelo presentó un mejor estado de aereación, como se observa en la figura 7 que muestra el diagrama de porosidad antes de la siembra del sistema y al final de la cosecha del mismo.

La humedad gravimétrica, como se observa en la figura 8, fue mayor bajo no laboreo que en laboreo convencional. Estos datos confirman lo encontrado por otros autores (12,43,71) en el sentido que hay una mejor disponibilidad de humedad en el suelo bajo no laboreo lo cual favorece el crecimiento del cultivo aún bajo períodos cortos de estrés de humedad. Esto podría explicar lo ocurrido para el maíz, que bajo laboreo convencional mostró síntomas de estrés de humedad, debido a un período prolongado de sequía. Esto probablemente afectó el rendimiento de este cultivo, en comparación a lo ocurrido bajo no laboreo.

#### 4.9.2 Propiedades químicas

##### a) Fósforo disponible

En el cuadro 3A se observan los valores de fósforo disponible. No hubo interacción significativa entre nivel por manejo, ni fuente por manejo. Sin embargo, en promedio el valor de fósforo disponible para el no laboreo resultó mayor que para el laboreo convencional. Esto confirma lo encontrado por Burgos y Meneses (13) y Burity (12) para Costa Rica y por Lal (44), para la India y por Phillip y Young (64), Moschler y colaboradores (56), Shear y Moschler (78) y Triplett y Van

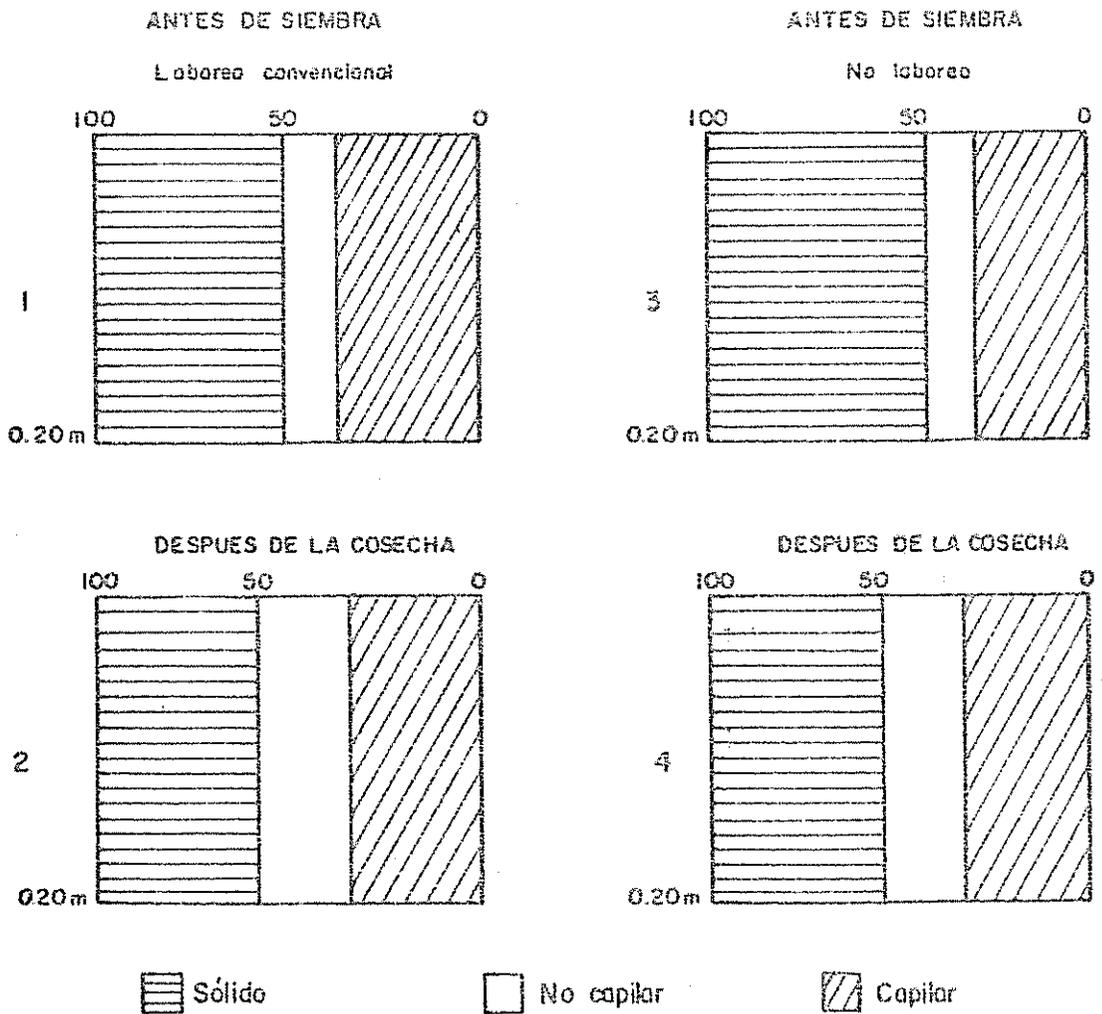


Fig. 7 Diagrama de porosidad del suelo antes de la siembra y después de la cosecha del sistema maíz y frijol a la profundidad de 0-20 cm, bajo laboreo convencional y no laboreo

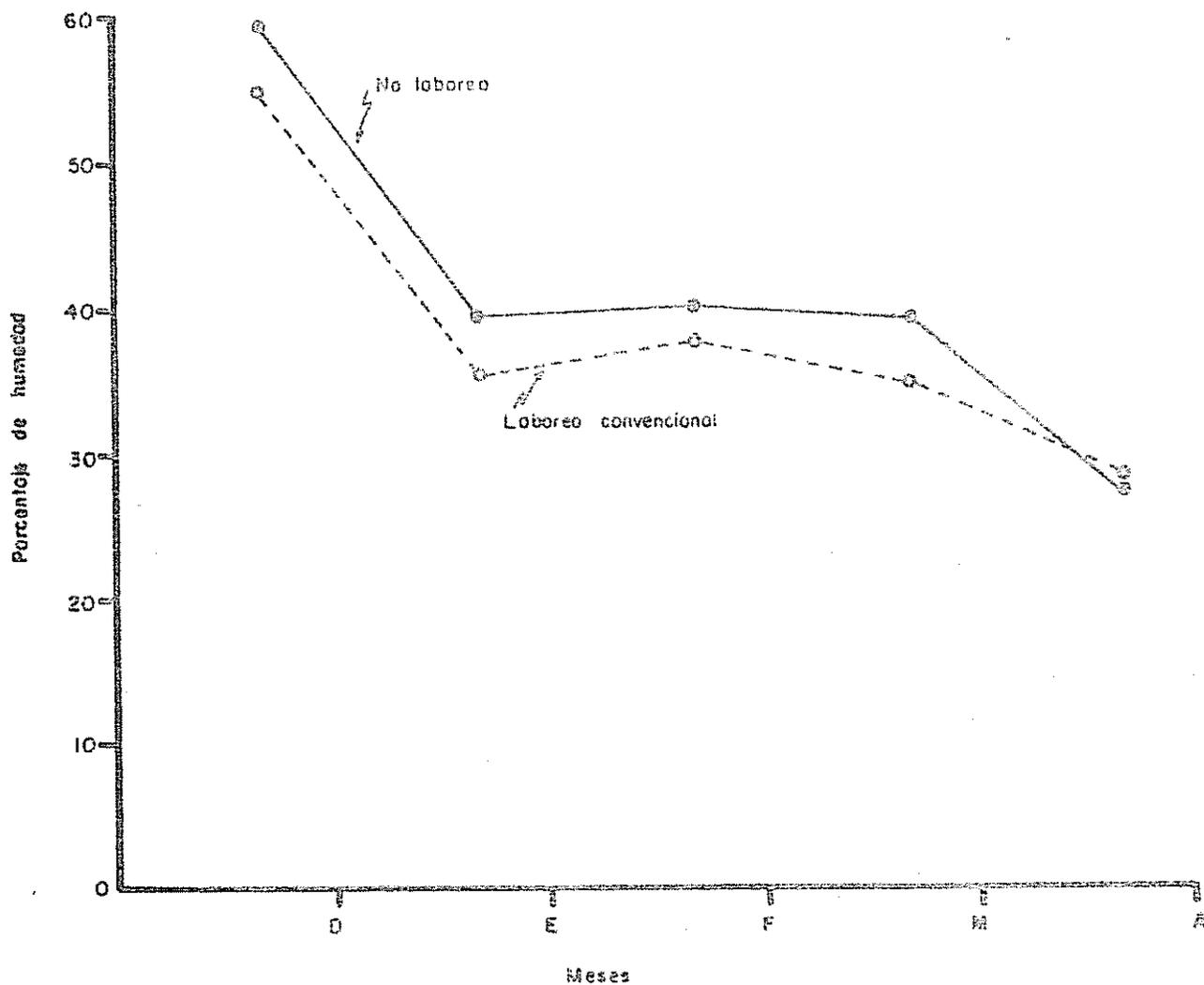


Fig. 8 Humedad gravimétrica en el suelo durante el ensayo

Doren (86), para los E.E.U.U., respectivamente.

b) Nitrógeno total

En el cuadro 3A se observa los valores de nitrógeno total. No hubo una interacción significativa entre el contenido de nitrógeno total y el método de labranza. Otros autores (12,44) han encontrado que bajo no laboreo hay un mayor contenido de nitrógeno.

c) Potasio, calcio y magnesio

Los contenidos de potasio, calcio y magnesio aparecen en el cuadro 3A. Se observa para el potasio que los contenidos no estuvieron influenciados por el método de labranza. Para el calcio el mayor contenido se encontró bajo no laboreo en comparación al laboreo convencional. Lal (44) Burgos y Meneses (13) han encontrado lo mismo. Para el magnesio, el mayor contenido se encontró en el suelo sometido a no laboreo, en comparación al laboreo convencional. Estos resultados al parecer siguen la tendencia señalada por otros investigadores (12, 13).

d) Reacción del suelo y acidez extraíble

Los resultados de pH y de acidez extraíble aparecen en el cuadro 3A. Se observa que no hubo diferencias significativas entre dosis, fuente y manejo del suelo. Sin embargo, la acidez extraíble fue menor bajo no laboreo que bajo laboreo convencional. Esta tendencia es diferente a la indicada por otros investigadores (12,13).

El contenido de materia orgánica aparecen en el cuadro 3A. No hubo diferencias significativas entre los métodos de labranza. Burity (12) y Lal (44) informan que el contenido de materia orgánica se incrementó con el método de no laboreo en comparación con el laboreo

convencional. Sin embargo, en este estudio el contenido de materia orgánica fue mayor en el laboreo convencional que en no laboreo 7,6 y 7.4% respectivamente. Probablemente, la profundidad de muestreo haya ocultado el efecto del no laboreo en relación al laboreo convencional. Esto puede ser explicado en el sentido de que en laboreo convencional el material vegetal fue incorporado y en no laboreo permanece sobre la superficie, presentándose un efecto dilutorio en el análisis de la muestra.

e) Fosfatos de aluminio, hierro y calcio.

En el cuadro 2 se observan los valores encontrados para las diferentes fracciones del fósforo. Se encontró que el contenido de fosfatos de aluminio, hierro y calcio fue mayor en laboreo convencional que en no laboreo. Probablemente este comportamiento se deba a que bajo no laboreo el movimiento de fosfatos aplicados superficialmente sea menor, como lo señalan Fink y Wesley (28) y Triplett y Van Doren (86) permitiendo un mejor aprovechamiento del fertilizante. En laboreo convencional, probablemente, el movimiento sea relativamente más rápido y hay una mayor oportunidad de contacto del fertilizante con el suelo y sus componentes coloidales y por lo tanto una mayor oportunidad de fijación. Otra manera de explicar tal comportamiento es que con la preparación del suelo se incorpora en la superficie material coloidal inorgánico de mayor capacidad de fijación en relación a cuando no se prepara el suelo, esto aumentaría la capacidad de fijación superficial.

4.10 Efecto de la labranza sobre la composición química de los tejidos vegetales y variables de respuesta de los cultivos

#### 4.10.1 Maíz

En el cuadro 4A se presentan los valores de concentración de nutrimentos en el maíz. Estos indican que el nitrógeno y potasio son los que mayor participación tienen en la composición del maíz bajo ambos métodos de labranza. El potasio es el que en mayor concentración se presentó en la composición del maíz; seguido del nitrógeno. Comparando los métodos en no laboreo la concentración de estos elementos supera a la concentración en el laboreo convencional. Para el magnesio, la concentración es similar bajo ambos métodos de labranza. En el caso del calcio hay una ligera mayor concentración en no laboreo que en laboreo convencional. Se observó que con el fósforo no hubo diferencias entre métodos de labranza. Estos datos concuerdan con lo reportado por Shear (78) y Triplett y Van Doren (86).

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ( $P = 0.05$ ) para los métodos de labranza en la producción de maíz. Cuadro 7A. Esta diferencia fue en favor del método de no laboreo. Otros autores (55,89) han encontrado lo mismo para el maíz. Los rendimientos en muchos casos si no son superiores, fueron equivalentes, (13).

#### 4.10.2 Frijol

En el cuadro 5A se observan los valores de concentración de nutrimentos en el frijol. Se nota que la concentración de N, P, K, Ca y Mg, es algo similar en ambos métodos de labranza. Los rendimientos de acuerdo con el análisis estadístico no mostraron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, se observa que bajo

laboreo convencional los rendimientos fueron mayores. Estos resultados concuerdan con lo encontrado Maldonado (50) el IITA (37) y Roockwood y Lal (69) quienes han encontrado rendimientos menores de frijol y soya bajo no laboreo. Los datos de producción de biomasa total para el sistema aparecen en el cuadro 1. Estos resultados fueron significativos ( $P = 0.05$ ), como lo demuestra el análisis de varianza del cuadro 6A. Los resultados encontrados en esta investigación tienen una tendencia diferente a lo reportado por Burity (12) en la asociación yuca y frijol bajo no laboreo y laboreo convencional. La producción de biomasa del maíz bajo no laboreo de este estudio está muy próximo a lo encontrado por Jiménez (39), bajo laboreo convencional en Turrialba, utilizando alta tecnología. Para frijol, la producción de biomasa en asocio con el maíz fue menor, algo similar reporta Jiménez (39). En asociación la producción de biomasa del frijol disminuye, como lo señala Hart (34), en comparación al monocultivo.

#### 4.11 Absorción de nutrimentos por los cultivos

En el cuadro 9A y 10A presentan los valores de absorción de nutrimentos obtenidos para el maíz y frijol.

Se observa que la secuencia de absorción de nutrimentos para el maíz fue:  $N > K > Ca > Mg > P$ . La mayor absorción se dió bajo no laboreo en comparación con laboreo convencional. Esto es explicable por la mayor producción de biomasa de este cultivo bajo no laboreo. Esta tendencia coincide con lo encontrado por Brioso (10) en laboreo convencional.

Para el frijol la secuencia de absorción de nutrimentos siguió la misma tendencia:  $N > K > Ca > Mg > P$ . En el caso del frijol, los métodos de labranza no influyeron en la absorción de nutrimentos, como se muestra en el cuadro 10A.

#### 4.12 Evaluación económica del sistema

Los resultados del análisis del presupuesto parcial se observan en el cuadro 3.

Al considerar los diferentes niveles de  $P_2O_5$  como costos variables dentro del método de laboreo convencional, se encontró que la mejor alternativa es la del nivel de 300 Kg/ha aplicados como superfosfato triple. A este nivel los beneficios netos obtenidos son del orden de  $\$4836.45$  C.R. Le sigue en importancia el tratamiento testigo, sin aplicación de  $P_2O_5$ . Sin embargo, si se considera el criterio o enfoque de sistemas de producción repetidos en el tiempo y el espacio, será mejor la primera alternativa en relación a la segunda, por razones de residualidad del elemento fósforo en el suelo.

En relación con las alternativas de fertilización fosforada en el método de no laboreo, se encontró que la mejor alternativa la presentó el tratamiento testigo con cero Kg/ha de  $P_2O_5$ . El beneficio neto obtenido con dicho tratamiento fue de  $\$5603.6$  C.R. seguido del tratamiento donde se aplicaron 100 Kg/ha de  $P_2O_5$ , el cual dió un beneficio neto  $\$5310$  utilizando superfosfato triple. Se observa que los mejores beneficios de la fertilización fosfórica con superfosfato triple se deben al menor volumen de fertilizante aplicado para producir el mismo equivalente de  $P_2O_5$  que con superfosfato simple, en razón de la menor

Cuadro 3 Beneficios y costos de los tratamientos de fertilizantes con dos fuentes de fósforo y cinco niveles de  $P_2O_5$ , bajo laboreo convencional y no laboreo para el sistema maíz en asocio con frijol cultivado en un típico Distrito de Turrialba, Costa Rica, 1979.

Laboreo convencional

Concepto	Super fosfato simple					Super fosfato triple				
	0	100	200	300	400	0	100	200	300	400
Rendimiento maíz (T/ha)	1.65	2.72	2.29	2.67	2.94	1.67	2.2	1.97	2.97	2.24
Rendimiento frijol (Ton/ha)	0.90	0.80	1.07	0.97	0.88	0.82	1.05	0.97	1.04	0.85
Beneficio total maíz+frijol	6756.00	8060.80	8570.60	8781.60	8781.60	6756.8	8333.	7595.8	9705.6	7498.60
Costos variables										
Fertilizante	5918.20	5543.00	4372.80	2866.00	1213.80	5919.00	7019.20	5805.00	7439.80	4756.80
Costos fijos	2603.25	2603.25	2603.25	2603.25	2603.25	2603.25	2603.25	2603.25	2603.25	2603.25
Ingreso neto	3314.95	2939.75	1769.55	262.75	(-1389.45)	3315.00	4415.95	3202.75	4836.55	2153.55

1/  $\$1.82/\text{kg}$  precio de venta del maíz  
 2/  $\$5/\text{kg}$  precio de venta del frijol  
 3/ Beneficio total del sistema en  $\$$   
 4/ Costos variables fertilizante en  $\$/\text{ha}$ , incluyendo N y  $K_2O$  en dosis de 160 y 75  $\text{Kg}/\text{ha}$  respectivamente,  $NH_4NO_3$  y  $KCl$   
 5/ Costos fijos en  $\$/\text{ha}$   
 6/ Ingreso neto en  $\$/\text{ha}$



concentración de  $P_2O_5$  de esta última.

Comparando los dos métodos de labranza, se ven claras diferencias económicas por los beneficios netos obtenidos con uno y otro. El método de cero laboreo produce los mejores beneficios netos lo cual muestra sus bondades como la mejor alternativa.

A juzgar por el comportamiento económico que se obtuvo parece que bajo no laboreo no se requieren ~~volúmenes~~ muy altos de  $P_2O_5$  para obtener buenos beneficios lo cual muestra la mayor eficiencia de utilización del fertilizante aplicado

Otros autores (85) han encontrado mayores beneficios económicos con el método de laboreo convencional.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando las condiciones bajo las que se realizó este experimento y los cultivos que se utilizaron, se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones de tipo biológico y económico:

1. La respuesta en rendimiento de maíz y frijol en asocio a la fertilización fosfórica no fue significativa. Este comportamiento se observó en ambos métodos de labranza.
2. La fuente de fósforo utilizada no fue determinante en el rendimiento del sistema. El análisis económico de presupuesto parcial indica que con laboreo convencional la mejor alternativa la ofrece el nivel de  $P_2O_5$  equivalente a 300 Kg/ha. Los beneficios netos obtenidos con esta alternativa fueron de  $\$4836.45/ha$ . Bajo no laboreo, la mejor alternativa la presentó el tratamiento testigo. El beneficio neto obtenido con esta alterantiva fue de  $\$5603.6$ . Al comparar los métodos de labranza, se encontró que el no laboreo supera al laboreo convencional como alternativa.
3. Los rendimientos del maíz bajo no laboreo fueron superiores a los obtenidos en laboreo convencional. La tendencia en el caso del frijol fue diferente, siendo mayor su rendimiento en laboreo convencional que en no laboreo.
4. Al observar la presencia de las distintas fracciones de fósforo inorgánico, se puede señalar que las fracciones más afectadas por la fertilización fosforada fueron las P - Al y P - Fe. Los incrementos para estas dos fracciones fueron mayores que para las P - Ca, las cuales

conservaron el mismo nivel hallado en el muestreo inicial. Bajo laboreo convencional se presentaron las mayores concentraciones de P - Al y P - Fe, en comparación al no laboreo.

5. La fracción de P - Al se detecto como influyente en la producción de biomasa comestible del maíz bajo laboreo convencional. Las otras fracciones fueron menos importantes que la anterior. En no laboreo, sin embargo, la relación de P - Al, P - Fe y P - Ca con biomasa comestible de maíz fue negativa como lo indica los coeficientes de correlación. Posiblemente la fracción de fósforo inorgánico, puede estar jugando un papel importante en estos suelos. Por lo tanto se recomienda: determinar esta fracción, y si es posible medir bajo condiciones de campo, la tasa de mineralización de P - orgánico, para poder llegar a clarificar el comportamiento del fósforo en estos suelos.

6. La clasificación de estos suelos, parece concordar poco con el comportamiento que obtuvo a la fertilización fosfórica medida por la producción biológica del sistema maíz y frijol en este ensayo.

7. Datos del presente estudio permiten recomendar el superfosfato triple como fuente de fósforo para el sistema maíz y frijol, por el menor costo de su equivalente en  $P_2O_5$  en relación al superfosfato simple.

8. Bajo condiciones del pequeño agricultor, se recomienda utilizar el método de no laboreo con aplicaciones de fósforo de 100Kg/ha de  $P_2O_5$  combinado con preparaciones periódicas del suelo cada dos años.

7. La dosis de 300 Kg/ha de  $P_2O_5$  aplicada a suelos de alta fijación de fósforo bajo laboreo convencional parece ser la más indicada

para el sistema estudiado.

10. Se recomienda medir el efecto residual de la fertilización fosfórica del presente estudio.

## 6. RESUMEN

Se estudió el efecto de la fertilización fosfórica utilizando superfosfato simple y superfosfato triple y dos métodos de labranza , laboreo convencional y no laboreo, en las propiedades químicas del suelo y rendimiento de un sistema. Se utilizó el sistema maíz y frijol asociado como indicador del efecto de los tratamientos. El trabajo se realizó en el campo experimental "Cabiria", del programa de cultivos anuales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, ubicado en Turrialba, Costa Rica. El suelo del campo experimental pertenece a la serie Instituto, fase normal, clasificado como Typic Dystropept en la Taxonomía de suelos. Sin embargo, el autor de este trabajo lo propone como Aquic Dystrandept.

Los tratamientos de fertilización consistieron en cinco niveles de  $P_2O_5$ : 0, 100, 200, 300 y 400 Kg/ha. La aplicación del fertilizante se hizo en bandas al momento de la siembra y una aplicación suplementaria de nitrógeno y potasio a los 30 días después de la siembra del sistema.

Se utilizaron las variedades de maíz Tuxpeño y frijol Turrialba 4, arbustivo. Se establecieron tales cultivos en un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones.

Para evaluar los cambios químicos ocasionados por la fertilización fosfórica en el suelo durante el experimento se efectuaron dos

muestreos a la profundidad de 0 - 20 cm. Las fracciones de P - Al, P - Fe y P - Ca fueron medidas al principio y al final del ensayo para estudiar la presencia y cantidad de estas fracciones y su relación con la fertilización fosfórica del suelo.

Los resultados mostraron que la fertilización fosfórica no produjo diferencias significativas en el rendimiento del sistema maíz y frijol asociados. El efecto de las fuentes de fósforo fue significativo. Entre los cambios evidenciados en las fracciones se encontró que bajo laboreo convencional hubo incrementos en las fracciones de P - Al y P - Fe; mientras que la fracción P - Ca no experimentó cambios. En suelos no labrados, se presentó un incremento menor de estas fracciones.

El análisis económico efectuado al final del ensayo indicó mayores beneficios para el tratamiento de no laboreo en relación al laboreo convencional. El mejor tratamiento se obtuvo en no laboreo con 0 Kg/ha de  $P_2O_5$  más 160 y 75 Kg/ha de N y  $K_2O$ , respectivamente. En suelos tratados con laboreo convencional, el mayor beneficio se obtuvo con el nivel de 300 Kg/ha de  $P_2O_5$ . Las ganancias netas obtenidas fueron \$4836.45 para el manejo compuesto de 300 Kg/ha de  $P_2O_5$  y laboreo convencional, y \$5603.60 para el tratamiento constante de no laboreo sin aplicación de  $P_2O_5$ .

## SUMMARY

The effect of phosphoric fertilization on soil chemical properties and the performance of a cropping system was studied. Fertilization with single and triple superphosphate was applied to soils subjected to two tilling methods, no-tillage, and conventional tillage. The system maize and beans in association was used as the indication for treatment effects. The study was carried out at the Cabiria experimental field used by the annual crop program of the Tropical Agricultural Center for Research and Training, CATIE, located in Turrialba, Costa Rica. The soil of the experimental field belongs to the Institute series, normal phase, classified as Typic Dystropept in soil taxonomy. However, the author of this study proposes to classify this soil as Aquic Dystrandept.

The fertilization of treatments consisted of five levels of phosphorus,  $P_2O_5$ : 0, 100, 200 300 and 400 Kg/ha. The fertilizer was applied in bands at planting time, and a supplementary application of nitrogen and potassium was made 30 days after the system was seeded.

A tuxpeño variety of maize and the common bean bush variety Turrialba 4 were used in the study. The system formed by these two crops was established in a split plot design with three replications.

In order to evaluate chemical changes in the soil resulting from treatments during the experiment, soil samplings were done at the 0-20 cm depth. The inorganic fractions of phosphorus in the soil, Al - P, Fe - P and Ca - P, were measured at the beginning and end of the

experiment in order to study the presence and amount of these fractions and the relation of these characteristics with phosphoric fertilization of the soil.

The results showed that phosphoric fertilization did not produce significant differences in yields of the system maize and beans in association. The effect of phosphorus sources was statistically non-significant. Changes that became evident in the inorganic phosphorus of the soil included increments in the fractions of Al - P and Fe - P under conventional tillage; the Ca - P fraction did not show any change. In soils subjected to zero tillage, a smaller increase was observed in all of the fractions.

The economic analysis made at the end of the experiment indicated a better profit for the no-tillage treatment than for conventional tillage. The best treatment was obtained with no-tillage and the zero level of phosphorus with 160 and 75 Kg/ha of nitrogen and  $K_2O$ , respectively. The treatment using 300 Kg/ha of  $P_2O_5$  was the most profitable on conventionally tilled soils.

The net income was  $\$4.836.45$  C.R. colones for the management practice which included conventional tillage and 300 Kg/ha of  $P_2O_5$ , and  $\$5.603.60$  for the practice of no-tillage without fertilization.

## LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
2. AL-ABBAS, A.N. y BARBER, S.A. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus fractions with plant available phosphorus. Soil Science Society of American Proceedings 28:218-221. 1964.
3. BAZAN, R. Fertilización con nitrógeno y manejo de leguminosas de grano en América Central. In Bornemisza, E. y Alvarado, A., Eds. Manejo de suelos en la América Tropical. Raleigh, N.C. University Consortium of Soils of the Tropics, 1974. pp. 234-251.
4. \_\_\_\_\_. Curso de productividad y fertilidad de suelos; análisis de textura, densidad aparente, densidad de partículas, porosidad total y espacio aereo del suelo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 12 p.
5. BEDRNA, Z. The transformation of P and K fertilizer in the soil. Abstracts of soil and Fertilizers 38:133. 1975.
6. BEHUMER, K. y BAKERMANS, W.A.P. Zero tillage. Advances in Agronomy 25:77-120. 1973.
7. BLEVINS, R.L. et al. Influence of no-tillage in soil moisture. Agronomy Journal 63(4):593-596. 1971.
8. BORNEMISZA, E. y FASSBENDER, H.W. Uptake of phosphate from nine soils from the humid tropics. Agrochemica 14(2-3):259-268. 1970.
9. \_\_\_\_\_. y IGUE, K. Óxidos libres de hierro y aluminio en suelos tropicales. Turrialba (Costa Rica) 17(1):23-30. 1967.
10. BRIOSO, I.A. Fertilización de un sistema de producción de cultivos con granos y raíces en una distribución de precipitación con un período seco corto. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 100 p.
11. BUOL, S.W. et al. Clasificación de suelos en base a su fertilidad. In Bornemisza, E. y Alvarado, A., Eds. Manejo de Suelos en la América Tropical. Raleigh, N.C. University Consortium of Soils of the Tropics, 1974. pp. 129-143.

12. BURITY, A.H. Efecto en el suelo y en los rendimientos de los sistemas yuca (Manihot esculenta Crantz) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.) de cinco manejos previos a la siembra. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 123 p.
13. BURGOS, C.F. y MENESES, R. Efecto en el suelo y en rendimiento de maíz de tres métodos de laboreo en Guápiles, Costa Rica. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, El Salvador, CENTA, 1978. v. 2. pp. M22/1-9.
14. CAJUSTE, L. Química de suelos con un enfoque agrícola. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1977. 278 p.
15. CAMPOS, B. Respuesta del frijol común a la fertilización notrofosforada en suelos de bajo contenido de fósforo en El Salvador. In Reunión Anual del PCCMCA, 21a., San Salvador, 1975. Memoria. San Salvador, El Salvador, CENTA, 1975. v. 1. pp. 135-145.
16. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual 1976. Cali, Colombia, CIAT, 1976.
17. CHANG, G.S. y CHU, W.K. The fate of soluble phosphate applied to soils. *Journal of Soil Science* 12:286-293. 1961.
18. \_\_\_\_\_. y JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84:134-144. 1957.
19. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernaderos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 62 p.
20. \_\_\_\_\_. Determinación de nitrógeno total en suelos, por el método semimicro-Kjeldahl. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 2 p.
21. ESPINO CABALLERO, R.F. Productividad de maíz (Zea mays L.) y frijol de costa (Vigna-sinensis Ind) asociados dentro de una plantación forestal en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 78 p.
22. ESTES, G.D. Elemental composition of maize-grown under no-till and conventional tillage. *Agronomy Journal* 64(6):733-735. 1972.
23. FASSBENDER, H.W. Phosphate retention and its different chemical forms under laboratory conditions for 14 Costa Rica soils. *Agrochimica* 12(6):512-520. 1968.

24. FASSBENDER, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. IV. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. Turrialba (Costa Rica) 19(4):497-505. 1969.
25. \_\_\_\_\_. 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.2.1-C.2.12.
26. \_\_\_\_\_., MULLER, L. y BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con las plantas. Turrialba (Costa Rica) 18(4):333-347.
27. \_\_\_\_\_. Phosphorus fixation in tropical soils. Agri
28. FINK, R.J. y WESLEY, D. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. Agronomy Journal 66(1):70-71. 1974.
29. FORSYTHE, W.M. Manual de laboratorio de física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Serie Libros y Materiales Educativos N° 25. 1975. 212 p.
30. GALLADER, R.N. Soil moisture conservation and yield of crops no-till planted in reje. Soil Science Society of American Journal 41(1):145-147. 1977.
31. GHANI, M.O. y ISLAM, M.A. Phosphate fixation in acid soils and mechanism. Soil Science 62:293-306. 1946.
32. GUERRERO, R.R. Formas del fósforo y sus relaciones con la fertilidad de suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 6(1):349-387. 1974.
33. HALSTEAD, R.L. Chemical availability of native and applied phosphorus in soils and their textural fractions. Soil Science Society of American Proceedings 31(3):414-419. 1967.
34. HART, R.D. A bean, corn and monioc polyculture cropping system. II. The effect of interspecific competition on crop yield. Turrialba (Costa Rica) 25(3):294-301. 1975.
35. HOLDRIDGE, L.R. Life zone ecology. 2a ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
36. HSU, PA.HO. Fixation of phosphate by Al and Fe in acidic soils. Soil Science 99:398-402. 1965.

37. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Grain legume improvement program. Report, 1972. Ibadan, Nigeria, 1972. 83 p.
38. \_\_\_\_\_. Annual report 1973. Farming systems program. Ibadan, Nigeria, 1973. pp. 21-22.
39. JIMENEZ, L.J. Estudio de absorción de nutrimentos en un agrosistema de producción de frijol (Phaseolus vulgaris L.) maíz (Zea mays L.) y yuca (Manihot esculenta Grantz). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 90 p.
40. JOHNSON, C.M. y ULRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. California, Experiment Station. Bulletin N° 766. 1959. pp. 28-45.
41. KHAN, D.H. y CHAWDHURY, I. Phosphorus transformation in Tejgaon clay soil, East Pakistan, under different cultural practices. Journal of the Science of Food and Agriculture 14:342-345. 1963.
42. KURTZ, L.T. y QUIRK, J.P. Phosphate adsorption and phosphate fractions in field soils of varying history of phosphate fertilization. Australian Journal of Agricultural Research 16:403-410. 1965.
43. LAL, R. Soil temperature, soil moisture and unmulched tropical soils. Plant and Soil 40(1):129-143. 1974.
44. \_\_\_\_\_. No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. Soil Science Society of American Proceedings 40:762-768. 1976.
45. LAVERY, J.C. y McLEAN, E.O. Factors affecting yields and uptake of phosphorus by different crops. III. Kinds of phosphate native, applied and formed. Soil Science Society of American Proceedings 91:166-171. 1961.
46. LEGARDA BURBANO, L.E. Influencia de la succión máxima del agua y del espacio aéreo del suelo sobre la producción de la variedad '27-R' de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 120 p.
47. LEPIZ, R. Asociación de cultivos maíz - frijol. Agricultura Técnica en México 3(3):98-106. 1971.
48. LUTZ JUNIOR, J.A. Growth, chemical composition and yield of no-tillage corn as affected by N, source of P and rote and source of K. Abstracts of Soil and Fertilizers 37:196. 1974.

49. LUTZ JUNIOR, J.A., RICH, C.I. y OBENSHAIN, S.S. Penetration of top-dressed phosphate in the soil as influenced by source, rote and time of application and by irrigation. Virginia
50. MALDONADO, M. Fertilización nitrogenada y métodos de labranza en sistemas de maíz y frijol. Tesis Mag. Sc. (en preparación). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979.
51. MARTINI, J.A. Guía para la investigación en el abonamiento del frijol para el PCCMCA. Turrialba, Costa Rica, IICA, CTEI, 1968.
52. MAZARIEGOS, A.F. Abonamiento con N - P - K, en maíz y frijol y su efecto residual sobre la productividad y propiedades del suelo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 72 p.
53. MOJICA, F. Absorción de nutrimentos y producción en la asociación frijol (Phaseolus vulgaris L.), maíz (Zea mays L.) y arroz (Oriza sativa L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 116 p.
54. MANUAL DE información. Roundup; herbicida postemergente. Bogotá, Monsanto, s.f. s.p.
55. MOSCHLER, W.W. et al. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal* 64(2):229-231. 1972.
56. \_\_\_\_\_, MARTENS, D.C. y SHEAR, G.M. Residual fertility in soil continously field cropped to corn by conventional tillage and no-tillage methods. *Agronomy Journal* 67(1):45-48. 1975.
57. \_\_\_\_\_ and MARTENS, D.C. Nitrogen, phosphorus and requirements on no-tillage and conventionally tillage of corn. *Soil Science Society of American Proceedings* 39(5):886-891. 1975.
58. MOTSARA, M.R. y DATA, N.P. Rock phosphate as a fertilizer for diret application in acid soils. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 19(1):107-113. 1971.
59. MULLER, L. Un aparato micro-Kjeldlh para análisis rutinario rápido de material vegetal. Turrialba (Costa Rica) 11(1):17-25. 1961.
60. MURCIA, H.H. Guía para la administración y planeación de empresas agropecuarias. Guatemala, Convenio IICA-ZN/ROCAP, 1974. 113 p. (Publicación miscelánea N° 112).

61. NAGY, C., PIPIE, F.L. y TIMPEANU, I. The influence of minimum cultivation on corn yields, soil characteristics and weed infestations under various soil conditions. *Analele V 49, Serie B.* 1971. p. 170.
62. ORTEGA, E.J. y GUERRERO, R.R. Comportamiento de las formas de fósforo y sus relaciones con la absorción de P por la avena bajo tres fuentes de fertilización fosfatada en un latosol de Nariño, Colombia. *Turrialba (Costa Rica)* 22(4):420-430. 1972.
63. PAYNE, H. y HANNA, W.J. Correlations among soil phosphorus fractions, extractable phosphorus and plant content of phosphorus. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 13:322-326. 1965.
64. PHILLIPS, S.H. y YOUNG JUNIOR, H.M. No-tillage farming. Milwaukee, Wisconsin, Reiman, 1973. 224 p.
65. PEREGRINA, R.P. y ROMERO DHOME, R. Síntomas de desnutrición en el maíz y prácticas de fertilización recomendables. *Panagra (México)* 2(21):35-48. 1963.
66. PERRIN, R.K. et al. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Folleto de información 27. 1976. 54 p.
67. PINTO, R. Forms of soil phosphate and their availability to plants. *Tropical Agriculture* 51(2):179-188. 1974.
68. QUINTANA, J.O., PALENCIA, O.A. y TREMINIO, CH.C. Cultivo del maíz. In Informe anual 1976. Managua, INTA, 1976. pp. 58-72.
69. ROBERTSON, W.K., THOMPSON, L.G. y HUTTON, C.E. Availability and fractionation of residual phosphorus in soils high in aluminum and iron. *Soil Science Society of American Proceedings* 30: 446-450. 1966.
70. ROCWOOD, W.G. y LAL, R. Mulch tillage: a technique for soil and water conservation in the tropics. *Span* 17:77-79. 1974.
71. ROMERO, F.J. Ensayos de fertilizantes realizados dentro del PCCMCA en Honduras, 1961. In Reunión Centroramericana sobre Mejoramiento del Maíz, 8a., San José, Costa Rica, 1962. San José. Proyecto Cooperativo Centroamericano. 1962. pp. 59-61.
72. ROMERO, C. y RESTREPO, L.A. Comparación de diferentes sistemas de labranza en el cultivo de maíz. In

73. SALAS, C.H. y BONILLA, N. Fertilización química del maíz en Costa Rica. In Reunión Centroamericana sobre Mejoramiento del maíz, 9a.,
74. SANABRIA, E. Producción de biomasa, nutrición mineral y absorción de agua en la asociación frijol-maíz, cultivado en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 79 p.
75. SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the tropics. New York, Wiley, 1976. 618 p.
76. SAINZ DEL RIO, J.F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
77. SEN GUPTA, M.B. y CORNFIELD, A.H. Phosphorus in calcareous soil. I. The inorganic phosphorus fractions and their relations to the amount of calcium carbonate present. *Journal of the Science and Food Agriculture* 13:652-655. 1962.
78. SHELTON, J.E. y COLEMAN, N.T. Inorganic phosphorus fractions and their relationship to residual value of applications of phosphorus on high phosphorus fixing soils. *Soil Science Society of American Proceedings* 32:91-94. 1968.
79. SHEAR, G.M. y MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: A six - year comparison. *Agronomy Journal* 61(4):524-527. 1969.
80. SINGH T.A. et al. Phosphorus uptake by corn (*Zea mays* L.) under no-tillage and conventional practices. *Agronomy Journal* 58: 147-148. 1966.
81. SINGH, R.N., MARTENS, D.C. y OBENSHAIN, S.S. Plant availability and form of residual phosphorus in Davidson clay loam. *Soil Science Society of American Proceedings* 30:617-620. 1966.
82. SOZA, R.F. et al. Cero - labranza en el cultivo del maíz. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, El Salvador, CENTA, 1978. v. 3. pp. M49/1-13.
83. SUSUKI, A., LAWTON, K. y DOLL, E.C. Phosphorus uptake and soil tests as related to forms of phosphorus in some Michigan soils. *Soil Science Society of American Proceedings* 27:401-403. 1963.

84. TAFUR, N.A. Efectos de varios sistemas de producción agrícola sobre la resistencia mecánica de los suelos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 317 p.
85. THOMAS, G.W. y PEASLEE, D.E. Testing soils for phosphorus. In Walsh, L.M. y Beaton, J.D. eds. Soil and Plant Analysis. Madison, Wisconsin. Soil Science Society of American Proceedings, 1973. pp. 115-132.
86. TIRADO, H. y ENRIQUEZ, G. Análisis económico preliminar de dos sistemas de producción cultivados bajo dos métodos de labranza y dos niveles de tecnología. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, El Salvador, CENTA, 1978. v.l. pp. 12/1-8.
87. TRIPLETT JUNIOR, G.B. y VANDOREN JUNIOR, D.M. Nitrogen phosphorus, and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agronomy Journal* 61:(4):637-639. 1969.
88. \_\_\_\_\_. VAN DOREN JUNIOR, D.M. y SCHMIOT, B.L. Effect of corn (*Zea mays* L.) stover mulchs on no-tillage corn yield and water infiltration. *Agronomy Journal* 60:236-239. 1968.
89. UEHARA, G. y KENG, J. Relaciones entre la mineralogía y el manejo de los suelos en la América Latina. In Bornemisza, E. y Alvarado, A., eds. Manejo de suelos en la América Tropical. Raleigh, North Carolina State University, 1975. pp. 357-369.
90. YOUNGE, O.R. y PLUCKNETT, D.L. Quenching the high phosphorus fixation of Hawaiian latosols. *Soil Science Society of American Proceedings* 30:653-655. 1966.

A P E N D I C E

Cuadro 1A. Características químicas y físicas del suelo en Cabiria antes de la siembra del sistema maíz asociado con frijol. CATIE, Turrialba, 1978.

N° Parcela	pH 1/ H <sub>2</sub> O	meq/100 ml 1/		Acidez	% Sat Acidez	mg/ml P	Fosfato ppm 2/		P-Ca	Relaciones		Densidad i/ aparente	Tex. 3/
		Ca	Mg				P-Al	P-Fe		Ca/Mg	Mg/K		
1	5.4	5.4	1.8	0.4	0.9	4.0	135	310	55	2.98	4.53	1.19	Ar
2	5.5	5.0	1.8	0.4	0.9	3.9	125	95	45	2.72	4.28	1.26	Ar
3	5.6	6.4	2.3	0.3	0.4	4.5	85	80	42	2.81	6.71	1.34	Ar
4	5.4	4.9	1.9	0.3	1.0	4.7	125	25	9.5	2.63	6.64	1.22	Ar
5	5.5	5.6	2.0	0.3	0.8	4.0	105	110	55	2.76	5.80	1.37	Ar
6	5.3	3.9	1.5	0.3	1.4	5.1	115	165	35	2.64	5.10	1.16	FAR

1/ Estas cifras son promedios de dos determinaciones.

2/ Estas cifras son promedios de tres determinaciones

3/ Determinada de acuerdo con el triángulo de textura en % de tres fracciones (arena, limo y arcilla)

Cuadro 2A. Coeficientes de regresión lineal entre fosfato de aluminio, hierro y calcio con biomasa comestible del maíz.

Biomasa comestible	Fracciones de fósforo inorgánico en el suelo		
	P - Al	P - Fe	P - Ca
Laboreo convencional	$r = 0,74^*$	$r = 0,32$ n.s.	$r = 0,41$ n.s.
No laboreo	$r = -0,57$ n.s.	$r = -0,17$ n.s.	$r = -0,55$ n.s.

\* Significativo (0,05)

n.s. = No significativo

Cuadro 3 A Características químicas en el horizonte, 0-20 cm del suelo, al final de las cosechas del sistema maíz asociado con frijol cultivado en un típico Dystrocept de Turrialba, Costa Rica, sometido a laboreo convencional y no laboreo y fertilizado con cinco dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y dos fuentes de fósforo. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1979

Fuente de Fósforo	Niveles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg / ha	Laboreo convencional					No laboreo												
		% N	ug/ml P	meq/100 ml K	meq/100 ml Ca	% N.O	meq/100ml Acv	ug/ml N	meq/100 ml K	meq/100 ml Ca	% N.O	meq/100 ml Acv	meq/100 ml Extrac.						
Supex	0	0.34	6.27	0.37	4.87	1.60	3.86	6.7	5.2	1.6	0.34	6.00	0.43	7.03	1.76	4.25	7.3	5.4	1.0
Fosfato	100	0.36	4.73	0.32	4.77	1.43	4.66	8.0	5.2	1.6	0.34	5.63	0.28	5.63	1.74	4.09	7.1	5.3	1.1
Simple	200	0.35	6.50	0.29	6.10	1.49	4.23	7.3	5.2	1.3	0.40	6.63	0.29	6.27	1.85	4.7	8.1	5.2	1.6
	300	0.41	7.46	0.38	5.47	1.31	5.00	8.6	5.1	1.5	0.33	4.87	0.25	7.10	2.05	3.99	6.9	5.3	1.0
	400	0.34	6.60	0.30	5.63	1.25	4.14	7.1	5.2	1.3	0.36	5.93	0.38	7.17	2.09	4.51	7.7	5.6	0.8
Supex	0	0.36	4.90	0.28	4.53	1.49	4.46	7.7	5.2	1.7	0.36	5.43	0.27	5.13	1.54	4.17	7.2	5.1	1.5
Fosfato	100	0.37	5.97	0.41	4.83	1.43	4.57	7.9	5.1	1.7	0.37	5.83	0.38	6.20	1.76	4.38	7.5	5.3	1.2
Triple	200	0.34	6.03	0.30	4.65	1.34	4.22	7.3	5.1	1.8	0.34	7.17	0.32	6.70	1.98	4.01	6.9	5.4	0.9
	300	0.37	6.03	0.37	5.37	1.12	4.92	8.3	5.3	1.3	0.38	7.03	0.31	5.47	1.56	4.4	7.6	5.2	1.8
	400	0.36	6.07	0.30	4.70	1.49	4.33	7.6	5.1	1.1	0.35	6.67	0.29	6.35	1.85	4.19	7.2	5.3	1.4

Cuadro 4A. Concentración de nutrimentos en biomasa de maíz producida en un suelo ~~simple~~ <sup>Simple</sup> Dystrocept, preparado de dos maneras y fertilizado con cinco niveles de  $P_2O_5$  y dos fuentes de fósforo, en Turrialba, Costa Rica, 1979.

Fuentes de Fósforo	Niveles de $P_2O_5$	<u>Laboreo convencional</u>					<u>No laboreo</u>							
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg			
	Kg/ha	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Super	0	0.95	0.05	0.79	0.23	0.22	1.32	0.07	1.65	0.31	0.22	0.22	0.22	0.22
Fosfato	100	1.11	0.06	1.11	0.26	0.22	1.21	0.08	1.45	0.29	0.23	0.23	0.23	0.23
Simple	200	1.06	0.05	1.32	0.25	0.20	1.44	0.09	1.45	0.33	0.24	0.24	0.24	0.24
	300	0.86	0.07	1.27	0.27	0.20	1.21	0.07	1.13	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23
	400	1.21	0.07	1.08	0.19	0.20	1.19	0.07	1.49	0.27	0.19	0.19	0.19	0.19
Super	0	1.14	0.05	1.18	0.28	0.22	1.32	0.07	1.62	0.29	0.23	0.23	0.23	0.23
Fosfato	100	1.20	0.06	1.19	0.25	0.20	1.19	0.08	1.31	0.27	0.20	0.20	0.20	0.20
Triple	200	1.20	0.05	1.23	0.23	0.21	1.06	0.08	1.57	0.34	0.25	0.25	0.25	0.25
	300	1.10	0.05	1.24	0.27	0.23	1.23	0.07	1.44	0.52	0.21	0.21	0.21	0.21
	400	1.20	0.06	1.16	0.21	0.19	1.34	0.08	1.30	0.31	0.23	0.23	0.23	0.23

Cuadro 5A. Concentración de nutrimentos en biomasa de frijol producida en un suelo Typic Podsolon, preparado de dos maneras y fertilizado con cinco niveles de  $P_2O_5$  y dos fuentes de fósforo, en Turrialba, Costa Rica, 1979.

Fuente de fósforo	Niveles de $P_2O_5$	<u>Laboreo convencional</u>					<u>No laboreo</u>				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	Kg/ha	.....%									
Super Fosfato Simple	0	2.60	0.21	2.21	1.61	0.48	2.60	0.19	1.93	1.39	0.45
	100	2.64	0.21	2.22	1.42	0.45	2.70	0.21	1.81	1.43	0.43
	200	2.86	0.22	1.97	1.39	0.45	2.90	0.20	1.92	1.56	0.42
	300	2.90	0.23	2.10	1.48	0.48	2.60	0.23	2.44	1.36	0.38
	400	2.82	0.22	1.90	1.53	0.43	2.90	0.18	1.73	1.35	0.45
Super Fosfato Triple	0	2.88	0.21	2.07	1.37	0.42	3.98	0.25	1.96	1.50	0.44
	100	2.90	0.21	2.05	1.35	0.42	2.70	0.20	1.53	1.49	0.52
	200	3.02	0.20	2.06	1.44	0.47	2.70	0.25	2.05	1.98	0.47
	300	2.94	0.22	2.43	1.41	0.43	2.80	0.18	2.24	1.25	0.40
	400	2.80	0.21	2.24	1.37	0.39	2.83	0.18	1.78	1.30	0.39

Cuadro 6A. Análisis de varianza de datos de biomasa del sistema maíz en asocio con frijol sembrado en un Typic Dystruptept de Costa Rica, fertilizado con cinco niveles de  $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de labranza.

FV	GL	CM	F
Repeticiones	2	$2.361. \times 10^7$	2,08 n.s.
Factor A (Laboreo)	1	$2.543 \times 10^8$	22,37*
Error (a)	2	$1.137 \times 10^7$	
Fertilización F.	9		
B. fuente	1	7124260,46	3,70 n.s.
C. dosis	4	$1.297 \times 10^7$	2,49 n.s.
B x C	4	5884477,033	1,49 n.s.
A B	1	158209,300	0,08 n.s.
A C	4	7759271,048	1,49 n.s.
A B C	4	5104066,735	0,98 n.s.
Error	36	12342899,106	----

\* Significativo al 5%

n.s. = No significativo

Cuadro 7A. Análisis de varianza de datos del rendimiento de maíz sembrado en un Typic Dystropept de Costa Rica fertilizado con cinco niveles de  $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de labranza.

F	GL	CM	F
Repeticiones	2	2685828,407	2,43 n.s.
Factor A (Laboreo)	1	$8,716 \times 10^7$	79*
Error (a)	2	1103253,45	---
Fertilización F.	9		
B Fuente	1	611595,487	1,14 n.s.
C Dosis	4	1311902,591	1,58 n.s.
B C	4	1284320,601	1,54 n.s.
A B	1	39644,817	0,07 n.s.
A C	4	333505,732	0,40 n.s.
A B C	4	225927,194	0,27 n.s.
Error	36	1370096,373	----

\* Significativo al 5%

n.s. = No significativo

Cuadro 8A. Análisis de varianza de datos de biomasa comestible del sistema maíz en asocio con frijol sembrado en un Typic Dystropept de Costa Rica, fertilizado con cinco niveles de  $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de labranza.

FV	GL	CM	F
Repetición	2	1622933,545	2,52 n.s.
Factor A (Laboreo)	1	$3,9993 \times 10^7$	62,06*
Error (a)	2	43379,235	----
Fertilización	9		
B Fuente		1 187131,013	0,58 n.s.
C Dosis		4 1070416,665	2,71 n.s.
B x C		4 301808,967	0,76 n.s.
A B		1 92669,397	0,29 n.s.
A C		4 145956,722	0,37 n.s.
A B C		4 166749,395	0,42 n.s.
Error	36	719369,423	----

\* Significativo al 5%

n.s. = No significativo

Cuadro 9A. Absorción de nutrimentos por la biomasa total de maíz cosechado de un Typic Dystrypept de Costa Rica, sometido a fertilización con cinco niveles de  $P_2O_5$ , dos fuentes de fósforo y dos métodos de labranza.

Fuente de Fósforo	Niveles de $P_2O_5$ kg/ha	Laboreo convencional					No laboreo				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	0	46	2,23	33	12	11	66	3,63	81	15	10
Superfosfato simple	100	60	3,13	66	15	12	164	10,53	197	39	30
	200	61	3,20	77	14	12	126	8,03	121	27	20
	300	53	4,70	91	18	14	107	6,03	99	19	20
	400	69	3,60	75	10	11	136	7,83	170	31	28
	0	57	2,40	59	15	11	100	5,77	128	23	18
Superfosfato triple	100	51	2,40	53	11	80	110	6,63	120	25	18
	200	65	3,10	71	11	11	139	7,33	154	33	25
	300	52	2,60	63	12	11	93	5,23	108	36	16
	400	65	2,90	66	12	10	120	6,57	113	26	20

Cuadro 10A. Absorción de nutrimentos por la biomasa total de frijol cosechada en un Typic Dystrypept de Costa Rica, fertilizado con cinco niveles de  $P_2O_5$ , dos fuentes fosfatadas y dos métodos de labranza.

Fuente de Fósforo	Niveles de $P_2O_5$ kg/ha	Laboreo convencional					No laboreo				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
		----- kg/ha -----									
	0	41	3,31	36	26	7,7	35	2,62	27	19	6,2
	100	30	2,51	28	17	5,4	24	1,86	16	13	3,8
Superfosfato simple	200	41	3,15	28	18	6,6	34	2,34	22	18	4,9
	300	47	3,61	33	24	7,8	38	3,62	38	21	5,9
	400	37	2,91	25	20	5,8	75	4,58	44	34	11,0
	0	44	3,29	32	21	6,6	48	3,45	23	18	5,3
	100	39	2,78	28	18	5,7	30	2,22	17	16	5,9
Superfosfato triple	200	50	3,25	34	24	7,9	45	4,12	34	33	7,7
	300	45	3,40	37	22	6,6	38	2,49	31	17	5,5
	400	34	2,50	27	16	4,7	49	3,10	31	22	6,7

Cuadro 11A. Densidad aparente, porosidad total, porosidad capilar y no capilar, antes de la siembra y después de la cosecha.

Método de Labranza	Da	Después de la cosecha	PT	PC	PNoC			
	A.D.S.	D.D.C.	A.D.S.	D.D.C.	A.D.S.	D.D.C.		
	g/cc							
Laboreo convencional	1,19	1,03	51	58	37,6	34	13,4	24
No laboreo	1,32	1,09	43	55	28,6	33	14,4	22

A.D.S. = Antes de la siembra  
D.D.C. = Después de la cosecha  
Da = Densidad aparente

PT = Porosidad total  
PC = Porosidad capilar  
PNoC = Porosidad no capilar

Cuadro 12A. Costos de insumo fijo por hectárea para cada tratamiento en la asociación maíz y frijol, bajo dos métodos de labranza. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Insumo	Cantidad	Unidades	Precio Unitario ¢ C.R.	Costo total ¢ C. R.
Semillas				
Maíz	15	kg	3,88	116,40
Frijol	40	kg	2,88	230,40
Pesticidas				
Volaton	1,9	lt	13,50	25,65
Aldrín	1,0	kg	26,50	13,50
Uso tractor	1,0	horas	50,00	50,00
Arriendo tierra	0,5	ha	1000,00	500,00
Mano de obra <sup>1/</sup>	413,6	horas	4,03	1667,30
Mano de obra <sup>2/</sup>	328,0	horas	4,03	1322,00

1/ Mano de obra utilizada y costo total en laboreo convencional:  
¢2603,25

2/ Mano de obra utilizada y costo total en no laboreo: ¢2633,95.



FE DE ERRATAS

Página	Referencias	Debe decir:
	27	FASSBENDER, H.W. Phosphorus fixation in tropical soils. Agricultural digest 18:20-28. 1969.
71	49	LUTZ, JUNIOR, J.A., RICH, C.I. y OBENSHAIN, S.S. Penetration of top-dressed phosphate in the soil as influenced by source, rote and time of application and by irregation - Virginia Agricultural Experimental Station Technical Bulletin 125. 1956. 10 p.
72	72	ROMERO, C. y RESTREPO, L.A. Comparación de diferentes sistemas de labranza en el cultivo de maíz. <u>In</u> Instituto Colombiano Agropecuario. Informe Anual de Progreso, Bogotá, 1974. 196 p.
73	73	SALAS, C.H. y BONILLA, N. Fertilización química del maíz en Costa Rica. <u>In</u> Reunión Centroamericana sobre Mejoramiento del Maíz 9a., San Salvador, El Salvador, 1963. El Salvador. Proyecto Cooperativo Centroa <u>me</u> ricano, 1963. pp. 83-85.