



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLÁN"

CALIBRACION Y CORRELACION DE LOS METODOS DE ANALISIS DE FOSFORO Y POTASIO EN LA ZONA DE JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO.

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO AGRICOLA

Presenta:

MIRIAM NAVARRO HERNANDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. C. Carlos Orlando de la Teja Angeles



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pags.
INDICE GENERAL.	i
INDICE DE CUADROS.	ii
INDICE DE GRAFICAS.	iii
INDICE DE ANEXOS.	iiii
I. RESUMEN.	1.
II. INTRODUCCION.	3.
III. OBJETIVOS.	5.
IV. REVISION DE LITERATURA.	6.
4.1. El papel del fósforo y del potasio en el -- metabolismo de las plantas.	6.
4.1.1. Síntomas y efectos en la deficiencia de fósforo y potasio.	7
4.2. Relaciones del fósforo y del potasio con -- otros elementos.	8.
4.3. Formas de fósforo disponible en el suelo.	8.
4.4. Formas de potasio fácilmente aprovechable - en el suelo.	10.
4.5. Factores que afectan la disponibilidad y -- aprovechamiento del fósforo y del potasio - en el suelo.	11.
4.6. Métodos de análisis para la determinación- de fósforo.	14.

	Pags.
4.7. Métodos de análisis para la determinación - de potasio fácilmente aprovechable.	16.
4.8. Calibración y correlación de los métodos - químicos para los análisis de fósforo y -- potasio.	18.
4.9. Definiciones de los parámetros utilizados- en las correlaciones.	21.
4.9.1. Rendimiento de las plantas control.	21.
4.9.2. Respuesta en rendimiento.	21.
4.9.3. Porcentaje de rendimiento.	21.
4.9.4. Cantidad de elemento nutritivo absor- bido por la planta control.	21.
4.9.5. Absorción adicional del elemento nu- tritivo.	22.
V. MATERIALES Y METODOS.	23.
5.1. Localización del sitio de experimentación.	23.
5.2. Características generales de la zona de - estudio.	23.
5.3. Muestreo del suelo.	25.
5.4. Preparación de las muestras del suelo.	26.
5.5. Determinación de las características físic- as de los suelos.	28.
5.5.1. Textura.	28.
5.5.2. Densidad aparente del suelo.	28.

	Page.
5.5.3. Densidad real del suelo.	29.
5.5.4. Porosidad del suelo.	29.
5.6. Determinación de las características químicas de los suelos.	29.
5.6.1. pH.	29.
5.6.2. Capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.).	30.
5.6.3. Materia Orgánica. (M.O.)	30.
5.6.4. Nitrógeno total.	31.
5.6.5. Calcio y Magnesio.	31.
5.6.6. Microelementos (Zn, Fe, Mn y Al).	31.
5.6.7. Determinación de la capacidad fijadora de fósforo en los suelos.	32.
5.7. Métodos de análisis de fósforo disponible .	34.
5.8. Métodos de análisis para determinar potasio fácilmente aprovechable.	34.
5.9. Ensayos en macetas.	35.
5.9.1. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de fósforo.	35.
5.9.2. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de potasio.	38.
5.10 Determinación de fósforo y potasio absorbidos por la planta.	40.

	Pags.
5.11. Cálculo de resultados.	42.
5.12. Determinación del nivel crítico para los valores de fósforo y potasio en los suelos.	43.
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.	45.
6.1. Características físicas y químicas de los suelos.	45.
6.2. Análisis del fósforo disponible en los - suelos.	50.
6.3. Análisis del potasio fácilmente aprovechable en los suelos.	50.
6.4. Capacidad fijadora de fósforo.	53.
6.5. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de fósforo.	58.
6.6. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de potasio.	61.
6.7. Correlaciones de los análisis de fósforo.	64.
6.8. Correlaciones de los análisis de potasio.	66.
6.9. Determinación de los niveles críticos en fósforo.	68.
6.10. Determinación de los niveles críticos en potasio.	69.
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	76.

Pags.

VIII. LITERATURA CITADA.

79.

IX. ANEXOS.

85.

INDICE DE CUADROS.

NUMERO

Pags.

1. -Preparación de la solución de fósforo para el ensayo de fijación en laboratorio. 33.
2. -Niveles de fósforo para el ensayo en macetas. 37.
3. -Niveles de potasio para el ensayo en macetas. 39.
4. -Resultados de los análisis físicos de los suelos. 46.
5. -Resultados de los análisis químicos de los suelos. 48.
6. -Comparación de las cantidades de fósforo disponible extraído mediante dos métodos de análisis. 51.
7. -Comparación de las cantidades de potasio fácilmente aprovechable mediante tres métodos de análisis. 52.
8. -Resultados de los ensayos de fijación de fósforo en los suelos 54.

	Pags.
9. -Cantidades aproximadas de fósforo que se deben agregar a los suelos para corregir el efecto de fijación (valor de "X").	57.
10. -Respuesta en maíz a las aplicaciones de fósforo en macetas.	59.
11. -Respuesta en maíz a las aplicaciones de potasio en macetas.	62.
12. -Coeficientes de correlación para la comparación de extractantes de fósforo disponible.	65.
13. -Coeficientes de correlación para la comparación de extractantes de potasio fácilmente aprovechable.	67.

INDICE DE GRAFICAS

NUMERO		Pags.
1A-1B	-Determinación de la capacidad fijadora de fósforo en los <u>su</u> <u>elos.</u>	55.
2.	-Relación comparativa de conte nido de fósforo en los suelos contra % de rendimiento y de- terminación del nivel crítico por el método de Bray P1.	71.
3.	-Relación comparativa de con- tenido de fósforo en los <u>sue</u> los contra % de rendimiento- y determinación del nivel -- crítico por el método de --- Nelson (C.N.).	72.
4.	-Relación comparativa de conte nido de potasio en los suelos contra % de rendimiento y de_ terminación del nivel críti-- co por el método de Acetato-- de Amonio.	73.

5. - Relación comparativa de conte
nido de potasio en los suelo -
contra % de rendimiento y de -
terminación del nivel crítico
por el método de Bray Pl. 74.
- 6.- -Relación comparativa de conte
nido de potasio en los suelo -
contra % de rendimiento y de -
terminación del nivel crítico-
por el método de Nelson (C.N.) 75.

INDICE DE ANEXOS.

Pags.

NUMERO

1. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en fósforo mediante el extractante de Bray Pl. y ecuaciones de las rectas corregidas. 86.
2. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en fósforo mediante el extractante de Nelson - (Carolina del Norte), y ecuaciones de las rectas corregidas. 87.
3. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en potasio mediante el extractante de Acetato de Amonio, y ecuaciones de las -- rectas corregidas. 88.
4. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en potasio mediante el extractante de Bray Pl. y ecuaciones de las rectas corregidas. 89.

5. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en potasio mediante el extractante de Nelson - (Carolina del Norte) y ecuaciones de las rectas corregidas. 90.
6. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel crítico de fósforo por el método de Bray Pl. 91.
7. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel crítico de fósforo por el método de Nelson (C.N.). 92.
8. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel crítico de potasio por el método de Acetato de Amonio. 93.
9. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en las subpo-

	Pags.
blaciones A y B para calcular el nivel crítico de potasio por el método de Bray Pl.	94.
10. Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel crítico de potasio por el método de Nelson (C.N.).	95.
11. Factores de conversión utilizados.	96.

I. RESUMEN.

Se ensayaron dos métodos químicos para analizar fósforo disponible y tres métodos para el análisis de potasio fácilmente aprovechable, en los suelos del municipio de Jilotepec Estado de México.

Los resultados de los análisis se correlacionaron con la respuesta en rendimiento de materia seca en plantas de 42 días, de Maíz criollo de la zona, a la aplicación de fósforo y potasio a nivel de invernadero.

Al comparar los coeficientes de correlación se encontró que el método de Bray P1 fue el más adecuado para ser utilizado en la determinación de fósforo y el método de Acetato de Amonio 1.0 N pH 7 el más adecuado para la determinación de potasio.

Las cantidades de fósforo disponible en estos suelos obtenida mediante el método de análisis de Bray P1, oscila entre 1.35 y 21.50 ppm y las cantidades de potasio fácilmente aprovechable obtenidas por extracción con Acetato de Amonio 1.0N pH 7 se encuentran entre 37.00 y 290.00 ppm.

Mediante ensayos de laboratorio se determino la capacidad que tienen estos suelos para fijar el fósforo revelando se una capacidad de 125 a 375 Kgs de fósforo fijado por hectarea.

Posteriormente se calibraron los valores de fósforo disponible y potasio fácilmente aprovechable empleando el método matemático de Cate y Nelson, y se encontró que el valor crítico para el potasio es de 188.00 ppm K con la solución extractora de Acetato de Amonio y para fósforo por el método de Nelson (Carolina del Norte) el valor crítico es de 5.62 ppm P.

Esto nos indica que si se obtienen en los análisis de los suelos de la zona valores por abajo del nivel crítico de cada elemento, los cultivos en estos suelos tendran una mayor respuesta en rendimiento a la fertilización, en cambio si el valor del análisis nos indica valores por arriba del nivel crítico no se esperará una respuesta significativa en rendimiento de los cultivos a la fertilización, con dicho elemento analizado.

II. INTRODUCCION.

Uno de los medios existentes para conocer las características y la composición de los suelos en cuanto a su contenido de elementos minerales nutritivos a las plantas, es mediante el análisis químico, el cual nos proporciona la información necesaria para un manejo adecuado de la fertilización.

Existe una diversidad de métodos químicos para analizar dichos elementos, los cuales responden con diferente grado de precisión de acuerdo a las características específicas de cada suelo, sin embargo dichos métodos en algunos casos no son satisfactorios en sus propósitos, entre otras razones por no estar apoyados en información de pruebas de campo o invernadero efectuadas en plantas.

Por lo anterior se recomienda ensayar en suelos de diversas zonas varios métodos analíticos y seleccionar mediante comparaciones aquellos que mejor correlacionen con las respuestas de los cultivos de la zona, y posteriormente calibrarlos de tal forma que los valores obtenidos puedan ser calificados con relación a la posible respuesta de la planta a las aplicaciones de fertilizantes.

Por estas razones y con el propósito de contribuir al conocimiento de los suelos de la región de Jilotepec, Estado de México, en el presente trabajo se llevaron a cabo ensayos de laboratorio e invernadero para seleccionar y calibrar los métodos analíticos de extracción de fósforo disponible y potasio fácilmente aprovechable más convenientes a los suelos de la zona.

III. OBJETIVOS.

Para el desarrollo del presente trabajo se plantean los siguientes objetivos.

- 1.-Seleccionar los métodos químicos más adecuados para la --
extracción de fósforo disponible y potasio fácilmente a -
provechable de suelos del municipio de Jilotepec, Estado -
de México, con base en la correlación de los análisis con
el rendimiento en materia seca de Maíz criollo de la regi
ón, bajo condiciones de invernadero.
- 2.-Conocer el nivel natural de fósforo y potasio aprovecha -
bles en estos suelos.
- 3.-Determinar la capacidad de los suelos de esta región para
fijar el fósforo que se aplica como fertilizante.
- 4.-Calibrar los valores de fósforo disponible y potasio fácil
mente provechable en los suelos de la zona, determinando -
los niveles críticos para dichos suelos.

IV. REVISION DE LITERATURA.

4.1. Papel del fósforo y del potasio en el metabolismo de las plantas.

El fósforo desempeña un papel fundamental en gran número de reacciones enzimáticas de los procesos metabólicos más importantes que dependen de la fosforilización, fotosíntesis, glucólisis, respiración, síntesis de ácidos grasos y síntesis de proteínas. (Rojas, 1980.)

Es un constituyente del núcleo, esencial para la división celular y por ende para el desarrollo de los tejidos meristemáticos.

Se acumula en las semillas como reserva nutritiva contribuyendo durante la germinación a la formación del primer tallo y raíz, e interviene posteriormente en la maduración de los frutos. (García Fernández, 1980.)

Por su parte, el potasio constituye del 1 al 4% de la materia seca de las plantas y se presenta en solución en el líquido celular, siendo múltiples sus funciones, activando a más de 60 enzimas que desempeñan actividades en el proceso de respiración, y en el régimen hídrico, determinando en gran medida el grado de tolerancia a la sequía y a la salinidad de las plantas. (Villanueva, 1977)

4.1.1. Síntomas y efectos en la deficiencia de fósforo y potasio.

La deficiencia de fósforo se hace notoria en las plantas por diversos signos, como una coloración verde oscura en las hojas, pigmentación antociánica, presencia de zonas necróticas sobre las hojas, deficiente formación de raíces, prolongación del ciclo vegetativo, flores estériles, caída prematura de los frutos, espigas y mazorcas reducidas, frutos poco dulces, pobreza en el contenido de lípidos, vitaminas y hormonas, crecimiento deficiente y un estado general de poco vigor en las plantas. (Devlin, 1980)

En cuanto al potasio, sus síntomas de deficiencia se reconocen sobre las hojas cuando presentan un desarrollo de zonas necróticas en la punta y en los bordes, comenzando con un amarillamiento moteado; el ápice con tendencia a curvarse hacia abajo y los márgenes en dirección a la superficie superior; debido a la movilidad del potasio estos síntomas se presentan sobre todo en las hojas maduras.

En general una planta deficiente en potasio crece achaparrada debido al acortamiento de los entrenudos y con un rendimiento marcadamente inferior al de las plantas normales en cuanto a contenido de potasio.

4.2. Relaciones del fósforo y del potasio con otros elementos

Lahnke, 1971. determinó mediante una serie de experimentos que la aplicación excesiva de fósforo reduce la disponibilidad del Zn, Cu y K aprovechables, incrementando el Mn -- disponible y con efectos variables sobre S, B y Mo, en suelos ricos en fósforo nativo.

El Fe y el Al tienden a fijar el P haciéndolo poco disponible a las plantas en suelos ácidos, y el Ca lo fija también, en suelos alcalinos. (Tisdale y Nelson, 1970.)

En cuanto al potasio se ha encontrado que el nitrógeno tiene un efecto sinérgico, resultando una mayor concentración de potasio fácilmente aprovechable al aplicar fertilizantes nitrogenados. (Lahnke, 1971.)

Este elemento presenta antagonismo con el calcio, magnesio y cobre, ya que un alto contenido de potasio disminuye la absorción de estos elementos mientras que la escasez de potasio aumenta su asimilación. (García Fernández, 1980.)

4.3. Formas de fósforo disponible en los suelos.

El fósforo en el suelo se encuentra en dos formas generales, inorgánica y orgánica.

En forma orgánica se puede encontrar fósforo en los fosfolípidos y en los ácidos grasos y nucleicos de las diversas fracciones de compuestos comunes de la materia orgánica del suelo. No existen pruebas de que las plantas absorban fósforo orgánico, ni en forma sólida ni en forma disuelta, por ello el fósforo orgánico representa una forma de este elemento inutilizable por la planta. Sin embargo, los compuestos orgánicos acaban siendo descompuestos a largo plazo con lo cual el fósforo queda libre en forma inorgánica.

Gran parte del fósforo de la solución del suelo se encuentra en forma inorgánica, principalmente en forma de iones H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} .

La cantidad de cada uno de estos dos iones que se encuentra presente en el suelo depende del pH de la solución del mismo de modo que el pH bajo favorece al ion H_2PO_4^- y un pH elevado al HPO_4^{2-} .

Las plantas absorben el fósforo casi exclusivamente como iones fosfato inorgánico, probablemente como iones H_2PO_4^- pues se ha comprobado que lo toman con mayor facilidad que al ion HPO_4^{2-} . (Rojas, 1980.)

4.4. Formas de potasio fácilmente aprovechable en el suelo.

El potasio en el suelo se puede encontrar en las siguientes formas: a) potasio fijado b) potasio lentamente aprovechable y c) potasio fácilmente aprovechable.

a) El potasio fijado se encuentra en las estructuras -- cristalinas de los minerales primarios, micas y feldespatos secundarios no intemperizados.

b) El potasio lentamente aprovechable se encuentra retenido entre los espacios de la red cristalina de las arcillas y es gradualmente absorbida por las plantas a través de reacciones de minerales tales como la illita, que parece liberarlo o fijarlo alternativamente dependiendo de la concentración del potasio aprovechable en la solución del suelo.

c) El potasio fácilmente aprovechable se encuentra presente en la solución del suelo siendo altamente intercambiable.

Estas tres formas en las que se encuentra el potasio están siempre en equilibrio dinámico ya que un aumento en concentración de los iones de la solución obliga a la reacción a proceder a la adsorción de éstos por la arcilla o a su inmovilización.

al ser atrapados entre las partículas arcillosas; y un déficit en el contenido de iones en la solución obliga a la arcilla a liberar los que tiene en adsorción e incluso los que mantiene atrapados (Villanueva, 1977.)

4.5. Factores que afectan la disponibilidad y aprovechamiento del fósforo y el potasio en los suelos.

4.5.1. Disponibilidad del fósforo.

Varios son los factores que influyen sobre la disponibilidad del fósforo, los más importantes son : a) pH de la solución del suelo, b) Hierro y Aluminio en forma disuelta, c) Calcio disponible, d) Intercambio aniónico y e) Presencia de microorganismos.

a) pH de la solución del suelo; en la solución del suelo se puede encontrar tres formas diferentes de iones fosfato, en condiciones de acidez predomina la forma monovalente H_2PO_4^- , la forma divalente HPO_4^{2-} se encuentra en valores de pH intermedio y la forma trivalente PO_4^{3-} se encuentra en condiciones alcalinas.

b) Hierro y Aluminio en forma disuelta; en condiciones de alta acidez pasan a solución suficientes cantidades de hierro y aluminio precipitando al ión fosfato en forma de

sus correspondientes sales $Al(OH)_2 H_2PO_4$ Ortofosfato dibásico de aluminio y $Fe(OH)_2 H_2PO_4$ Ortofosfato dibásico de hierro, no asimilables por la planta. (Jackson, 1970)

c) Calcio disponible; el calcio puede reaccionar con las tres formas de ión fosfato para dar las sales correspondientes, fosfato monocálcico $Ca(H_2PO_4)_2$, fosfato dicálcico Ca_2HPO_4 y fosfato tricálcico $Ca_3(PO_4)_2$.

De estas formas solo el fósforo monocálcico debido a su solubilidad en agua representa una forma de fosfato absorbible por las plantas, el fosfato dicálcico es sólo ligeramente soluble en agua, pero puede ceder lentamente fósforo a la planta, y el fosfato tricálcico, que es una forma insoluble se considera inaccesible para la planta.

d) Intercambio aniónico; puede tener lugar un intercambio aniónico entre las sales minerales contenidas en las micelas de la arcilla y el ión fosfato, reacción bastante parecida a la que tiene lugar con los hidróxidos de hierro y aluminio, el anión $H_2PO_4^-$ sustituye un anión hidroxilo sobre la superficie de la micela de arcilla en condiciones de acidez suave.

La liberación de iones hidroxilo al suelo, que tiene lugar a consecuencia de las operaciones de encalado, desplaza el equilibrio de la reacción hacia la izquierda, liberando --

aniones fosfato. La aplicación de caliza a un suelo ácido liberará también fosfatos y además elevará el pH soltando a su vez el fosfato que se encuentra en forma de complejos de aluminio y fierro.

e) Presencia de microorganismos.; en suelos ricos en materia orgánica se encuentra en general una densa población de microorganismos, en estas condiciones una significativa cantidad de fosfatos inorgánicos puede quedar fijado biológicamente. (Devlin, 1976.)

4.5.2. Disponibilidad del potasio.

Los factores que fijan el potasio en el suelo son:

a) La clase de minerales presentes en la arcilla. La caolinita no parece fijar al potasio, mientras que grandes cantidades son fijadas por la montmorilonita.

b) La cantidad relativa de potasio intercambiable. Cuanto mayor sea el porcentaje de potasio intercambiable con relación a la capacidad total de intercambio, mayor será la fijación de potasio.

c) Humedecimiento y secado del suelo. Los suelos que se mojan y secan constantemente fijan grandes cantidades de potasio intercambiable. Una explicación de este fenómeno es que los iones de potasio se mueven hacia dentro de la celosía de cristales de la arcilla cuando se moja y se dilata,-

resultando que al secarse los iones quedan atrapados en el interior.

d) Presencia de materia orgánica. Las partículas de humus existen en el suelo en todos los tamaños. Algunas partículas son lo bastante pequeñas para entrar en la celosía del cristal de la arcilla y reducir la cantidad de contracciones al secarse, este mecanismo tiene a disminuir la cantidad de potasio atrapado. (Tamhane y Motiramani, 1979.)

4.6. Métodos de análisis para la determinación de fósforo.

La química del fósforo tanto en disolución como en los suelos es bastante compleja, su determinación se facilitó -- por el desarrollo de métodos colorimétricos sensibles, aun-- cuando desde hace tiempo se vinieron empleando métodos menos sensibles y más laboriosos de tipo precipitación volumétrica y gravimétrica. (Jackson, 1980.)

Verma y Tripathi, 1982; evaluaron los métodos químicos -- para la determinación de fósforo disponible en suelos Alfisolos utilizando los métodos de Trug, Nelson, Bray P1, Olsen y Bray P2 y al correlacionar con la respuesta en rendimiento -- del cultivo obtuvieron unas (r) de 0.63, 0.84, 0.91, 0.24 y 0.62 respectivamente, concluyendo que el método de Bray P1 fué el más eficiente.

Griffin y Lorton, 1970; en experimentos realizados con Medicago sativa L. cultivada en el campo, en suelos con diferentes niveles de fósforo disponible, empleando los métodos analíticos de Nelson (Carolina del Norte), Morgan, Morgan modificado y Bray P1, encontrando que los métodos de Nelson y Morgan fueron más exactos en la determinación de fósforo disponible con unas (r) de 0.92 y 0.95 respectivamente, al correlacionar los resultados de los análisis de suelo de cada uno de los métodos con el rendimiento obtenido de alfalfa.

Chien, 1977; menciona que el método de Bray P1 es el más confiable para suelos ácidos existiendo una alta correlación entre la cantidad del extractante de fósforo obtenida por el método y la capacidad de extracción de diversas gramíneas.

Pavia y Hernandez, 1980; determinaron el contenido de P asimilable en una amplia variedad de suelos, Luvisoles, Andosoles, Vertisoles, Cambisoles, Fluvisoles y Regosoles empleando los métodos Olsen, Olsen modificado, Bray P1, Bray P2 y Nelson (Carolina del Norte), correlacionando posteriormente las cantidades de P obtenidas mediante cada método con la respuesta en rendimiento de las plantas de maíz y sorgo que utilizan como indicadoras bajo condiciones de invernadero, concluyendo que para la determinación de fósforo asimilable, el método de Bray P1, fué el que mejores correlaciones dió con un promedio de (r) 0.97.

Los métodos de análisis de fósforo que se utilizaron para los estudios de correlación en este trabajo fueron el de Bray P1 y el de Nelson (Carolina del Norte), por lo que a continuación se describen los principios en que se basan.

El método de Bray P1 utiliza una mezcla de HCl 0.5 N y NH_4F 1.0N, fué diseñado para extraer el fósforo que se encuentra en forma fácilmente soluble en ácidos, principalmente de fosfatos de fierro y aluminio. El NH_4F disuelve los fosfatos de Fe y Al formando iones complejos con estos metales en solución ácida. Este método es utilizado con buenos resultados en suelos con pH ácido, como reportan Black, et al.-1965.

El método de Nelson (Carolina del Norte) para extraer fósforo fué desarrollado por Nelson y colaboradores en 1953 para ser empleado en suelos altamente fijadores de fósforo en Carolina del Norte. Este método utiliza una mezcla de ácido H_2SO_4 0.025 N y ácido HCl 0.05 N, mezcla que resulta muy efectiva para extraer los fosfatos de Fe contenidos en el suelo.

4.7. Métodos de análisis para la determinación de potasio fácilmente aprovechable.

La determinación de potasio ha sido objeto de un gran

número de investigaciones por lo que en la actualidad es posible utilizar procedimientos gravimétricos, volumétricos y - por absorción-emisión.

Mengel y Buch, 1981; reportan la utilización de la electroultrafiltración para determinar potasio asimilable, obteniéndose correlaciones de (r) 0.90 con plantas indicadoras en invernadero.

El ministerio de Agricultura en España, 1974; reporta la utilización del método de gravimetría de cloroplatinato potásico para determinar K_2O en los suelos, obteniéndose correlaciones positivas con (r) de 0.60.

Para los estudios de correlación de análisis de potasio fácilmente aprovechable también se han utilizado los mismos métodos de extracción que para fósforo, Bray P1 y Nelson (Carolina del Norte), aprovechando los mismos extractos como lo proponen Waugh y Fitts, 1966; con el objeto de ahorrar tiempo y muestra en la determinación.

En el presente trabajo siguiendo las sugerencias anteriormente citadas se determino potasio con los mismos extractos que se utilizan para fósforo de Bray P1 y Nelson (Carolina del Norte).

Por otra parte se reporta por varios autores como Jackson, 1979; Black, et al. 1965. y Hauser, 1980; que el método de-

utilización mundial para determinar potasio fácilmente aprovechable es el de Acetato de Amonio 1.0 N pH 7, el cual se ha utilizado en el presente trabajo, y se basa en la determinación de K intercambiable por medio de flamometría.

4.8. Calibración y correlación de los métodos químicos para los análisis de fósforo y potasio.

La correlación de los análisis de suelo contra el rendimiento en materia seca del cultivo se ha considerado como un método hoy en día de gran utilidad para un mejor manejo de los suelos, de esta manera lo confirman todas las publicaciones en los últimos años de una enorme cantidad de investigaciones.

Hauser.1980; considera que el método de la correlación resulta muy práctico en la evaluación de los factores de rendimiento, ya que los nutrimentos especialmente los macronutrientes N-P-K tienen un efecto muy marcado en esta.

Algunos investigadores como Cate y Nelson,1979; realizan el trabajo de correlación con plantas indicadoras para tener un conocimiento más preciso de las características originales de los suelos, es decir que se mantienen menores perturbaciones de factores genéticos de las plantas, sin embargo algunos otros prefieren utilizar en sus trabajos de corre

lación con cultivos de la zona de estudio.

El trabajo de Cate y Nelson, 1970; ha demostrado una manera peculiar de llevar a cabo las correlaciones. Dicho trabajo maneja los métodos a nivel gráfico y a nivel matemático.

En el método gráfico se dispone de un plástico claro en el cual se trazan dos ejes perpendiculares, éste se coloca sobre el plano de distribución de la población dividiéndola en cuatro cuadrantes, considerándose positivos el superior derecho y el inferior izquierdo, y negativos el superior izquierdo y el inferior derecho.

El método matemático de Cate y Nelson, 1971; consiste en dividir la población de datos que se encuentra en el plano en dos subpoblaciones, calculando posteriormente sus correlaciones y obtener dos rectas corregidas; en el cruce de estas dos rectas se trazan dos ejes de coordenadas que nos dividirán, como en el método gráfico la población en cuatro cuadrantes. La determinación de los cuadrantes nos indica el valor bajo o alto de los resultados ya que los suelos cuyo porcentaje de rendimiento es bajo deben tener un valor bajo en su análisis y los resultados deberán aparecer en el cuadrante inferior a la izquierda, en suelos donde el porcentaje de rendimiento sea alto el valor de su análisis deberá ser alto y los datos trazados deberán aparecer en el cuadrante

superior de la derecha.

Los datos trasados en la gráfica que aparezcan en el cuadrante superior a la izquierda y en el inferior a la derecha marcados como negativos indican que el procedimiento usado en el análisis químico del suelo ha removido una cantidad incorrecta del nutrimento o que el porcentaje de rendimiento obtenido es erróneo.

Un procedimiento satisfactorio de análisis de suelos deberá colocar por lo menos el 90% de los resultados en los cuadrantes positivos.

En el punto central de los dos ejes de coordenadas que separan los cuadrantes se indica el nivel crítico del análisis empleado.

Cuando los valores analíticos son menores en cuanto a rendimiento con respecto al nivel crítico se esperan respuestas del cultivo altas, mientras que en suelos con valores analíticos superiores en cuanto a rendimiento con respecto al nivel crítico, son de esperar respuestas del cultivo bajas o nulas.

La información con respecto al nivel crítico es especialmente necesaria para determinar las dosis que son capaces de provocar un aumento en el rendimiento. (Waugh y Fitts, - 1966)

4.9. Definición de los parámetros utilizados en las correlaciones.

4.9.1. Rendimiento de las plantas control.

Es el rendimiento obtenido en las plantas que no reciben ningún tratamiento de fertilización y nos indica la capacidad de las plantas bajo condiciones naturales del suelo.

4.9.2. Respuesta en rendimiento.

Es el aumento en rendimiento que se obtiene con la aplicación de fertilizantes, se obtiene substrayendo el valor obtenido en el máximo rendimiento bajo tratamiento de fertilización del rendimiento de las plantas control.

4.9.3. Porcentaje de rendimiento.

Se obtiene dividiendo el rendimiento control multiplicado por 100 entre el máximo rendimiento obtenido bajo tratamiento. Se ha observado que al correlacionar el porcentaje de rendimiento en vez de hacerlo con los valores absolutos de la respuesta de la planta se obtienen correlaciones más acordes con el comportamiento real de la planta debido a que la respuesta absoluta depende en gran parte de factores no controlables en la investigación específica.

4.9.4. Cantidades de elemento nutritivo absorbido por la planta control.

Es el porcentaje de elemento absorbido por la planta en suelos no fertilizados, es decir sin tratamiento, lo que nos permite evaluar la cantidad de elemento que absorbe la planta en forma natural es decir en suelos sin fertilizar.

4.9.5. Absorción adicional del elemento nutritivo.

Es igual a la absorción de fósforo por la planta bajo tratamiento de fertilización menos la absorción de fósforo por la planta control, y nos indica la cantidad adicional de fósforo que absorbe la planta bajo tratamiento con el máximo rendimiento posible.

V. MATERIALES Y METODOS.

5.1. Localización de los sitios de experimentación.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio L-211 y en el invernadero de la sección de suelos y uso del agua del Departamento de Ciencias Agrícolas de la FES-C.

5.2. Características generales de la zona de estudio.

El municipio de Jilotepec de Abasolo se localiza en el norte del Estado de México, entre los meridianos $99^{\circ} 33'$ y $97^{\circ} 30'$ longitud oeste y entre los paralelos $20^{\circ} 00'$ y $19^{\circ} 55'$ -- latitud norte.

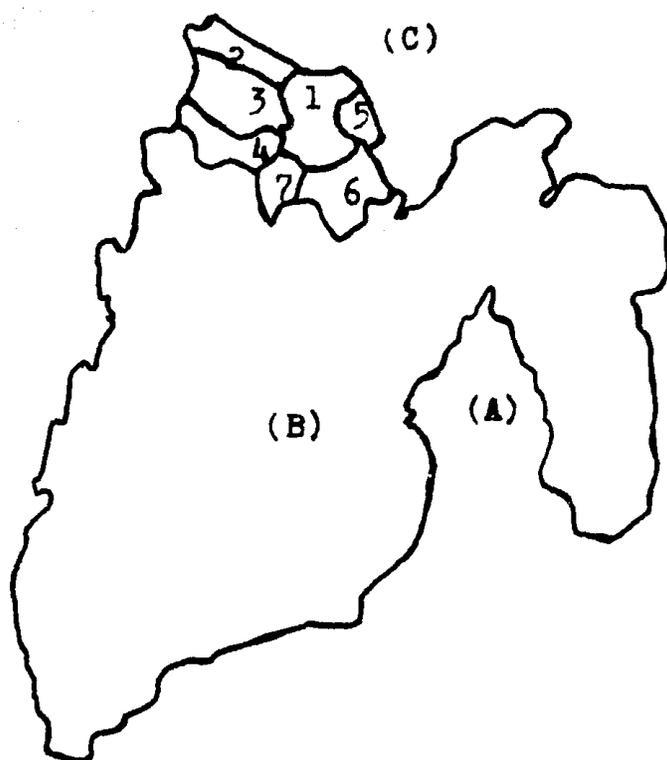
Limita al norte con el Estado de Hidalgo, al sur con el municipio de Chapa de Mota, al oriente con el municipio de Soyaniquilpan y el Estado de Hidalgo, y al poniente con los municipios de Polotitlán, Aculco, Acambay y Timilpan, ver -- mapa número 1.

Ocupa una extensión de $523\ 710.00\ \text{Km}^2$.

Orografía: La zona forma parte del Norte del Valle de México, los cerros más cercanos localizados en la zona son el cerro de Xalpan y el cerro de Paula. (SARH, 1982.)

Clima: La clasificación según el sistema de Köppen, modificado por García, es $C(w_2)(w)b(i')g$, templado húmedo con lluvias en Verano, con por lo menos 10 veces mayor-

MAPA NUMERO (1)

DIVISION POLITICA

(A).-Distrito Federal.

(B).-Estado de México.

(C).-Hidalgo.

Municipios:

1.-Jilotepec.

2.-Polotitlan.

3.-Aculco.

4.-Acambay.

5.-Soyaniquilpan.

6.-Chapa de mota.

7.-Timilpan.

Escala: 1:500 000

(SARH, 1980.)

cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el más seco con un % de lluvias invernales — entre 5 y 10.2 de la total anual, Verano fresco y largo con temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22°C, con poca oscilación, entre 5 y 7°C; el mes más caliente del año es mayo y el más frío enero.

Temperatura media de 16°C, máxima 30°C y mínima de -2°C. Evaporación de 1853.22 mm anuales. Precipitación media anual de 963.7 mm. (DETENAL, 1980.)

Hidrología: Cerca de la zona de muestreo se localizan el río Coscomate y la presa Huapango.

Suelos: Se reportan suelos derivados de roca sedimentaria de piamonte con textura fina y media, derivados de cenizas volcánicas y de ando.

El relieve divide a la zona en una parte accidentada la cual se localiza al sur oriente y oriente, formada por zonas boscosas con 3 709 Has y una zona de uso pecuario con 1 470-Has. La parte plana se localiza en el norte del municipio — con un uso del suelo de agricultura de riego con 6 647 Has — y una parte de lomerío suave localizada en el sur poniente — con 40 545 Has de siembra de temporal. (SARH, 1982.)

5.3. Muestreo del suelo.

La parte que se consideró de mayor interés fué la de uso agrícola de temporal por encontrarse en ésta el mayor número de agricultores del municipio que producen más del 50% de los principales productos de subsistencia de la zona

El muestreo del suelo se llevó a cabo al azar en las parcelas de producción agrícola localizadas a diferentes alturas, tomándose en total once puntos de muestreo los cuales se presentan en el mapa número 2.

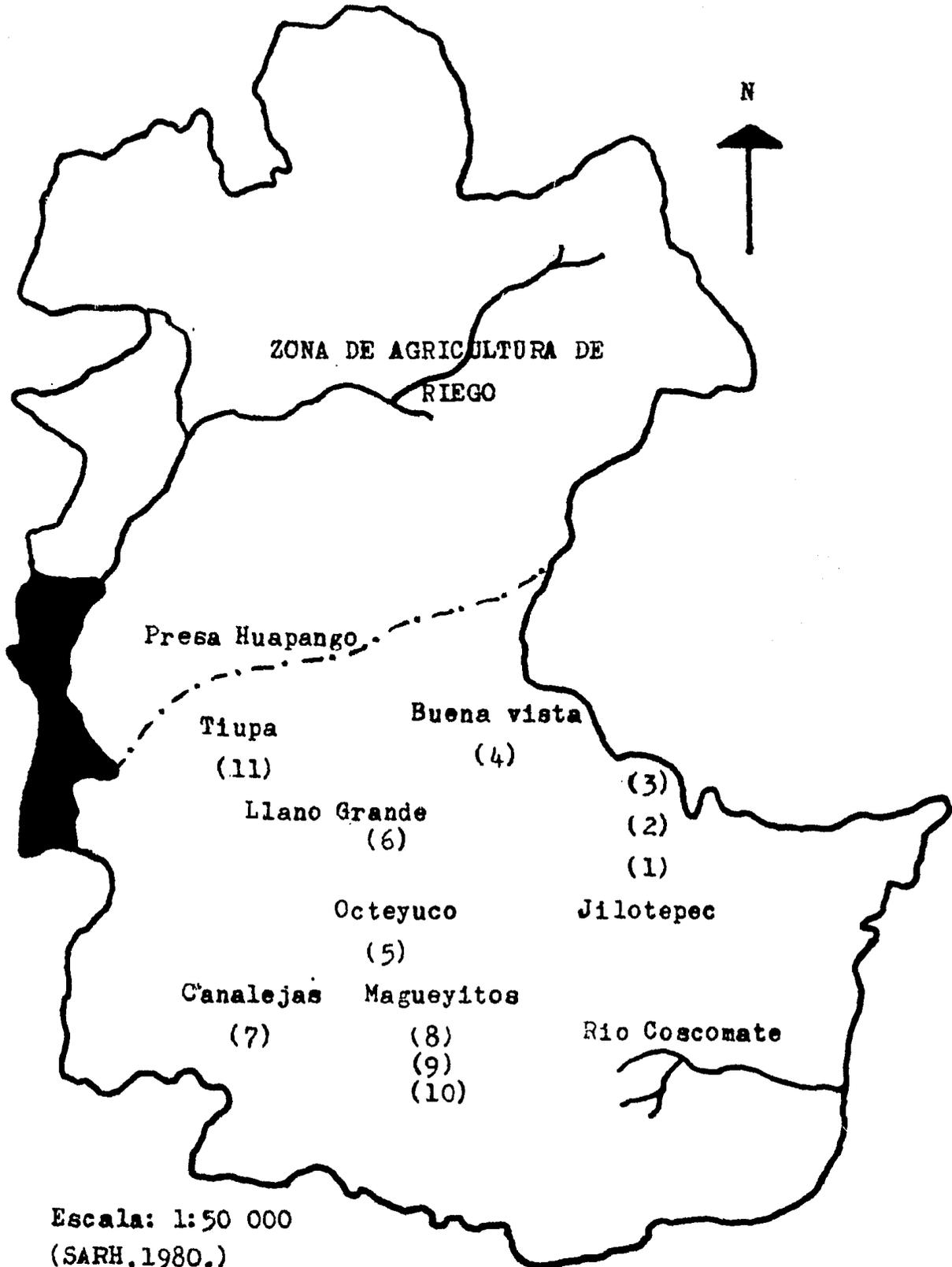
Los puntos de muestreo 1, 2 y 3 se localizan al norte de la cabecera municipal Jilotepec, el punto 4 al sur del poblado de Buena vista, el punto 5 al este del poblado de Ochteoyuco, el punto 6 al este de poblado de Llano grande, el punto 7 al sur del poblado de Canalejas, los puntos 8, 9, 10 al sur del poblado de Magueyitos y el punto 11 al sur del poblado de Tiupa.

Para proceder al muestreo se limpió el terreno de vegetación superficial y se tomaron las muestras a profundidad de 30 cm hasta completar aproximadamente 25 Kgs por punto de muestreo, suelo suficiente para los estudios de laboratorio y las pruebas de invernadero.

5.4. Preparación de las muestras del suelo.

Se secaron las muestras en el laboratorio a temperatu-

LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



ra ambiente y posteriormente se tomaron 2 Kgs por punto de muestreo lo más homogéneamente posible y se tamizaron en -- malla de 2mm de abertura, para los análisis de laboratorio.

En cuanto al resto de las muestras se llevó al invernadero y se homogeneizó por separado rompiendo los terrones -- grandes con un mazo de madera y se limpió de piedra y raíces para los ensayos de invernadero.

5.5. Determinación de las características físicas de los -- suelos.

5.5.1 Textura: Es una característica muy importante ya que influye tanto en las características físicas como químicas de los suelos. La textura en los suelos de este trabajo se determino por el método del hidrómetro de Bouyoucos, el cual se basa en la velocidad diferencial de asentamiento de las partículas del suelo en el agua.

5.5.2. Densidad aparente del suelo: Se determinó por el método de probeta en el laboratorio la densidad aparente del -- suelo o peso por volumen de suelo es la masa de una unidad de volumen de suelo incluyendo el material sólido y el espacio poroso. El método de probeta para determinar la densidad aparente del suelo no requiere de instrumentos especiales y nos da una idea aproximada de la densidad aparente -- del suelo desde un punto de vista agrícola.

5.5.3. Densidad real de las partículas del suelo o gravedad-específica real del suelo: Se determinó por el método del Picnómetro. La densidad real o gravedad específica real del suelo es la densidad de la masa del suelo que incluye las partículas individuales de arena, limo, arcilla y materia orgánica sin tomar en cuenta el espacio poroso.

5.5.4. Porosidad del suelo: Se determinó a partir de los datos de Densidad real y Densidad aparente utilizando la fórmula siguiente: % de Porosidad $100 \left(1 - \frac{G_2}{G_1}\right)$, en donde G_2 es la Densidad real y G_1 es la Densidad aparente.

5.6. Determinación de las características químicas de los suelos.

5.6.1. pH: se determinó con agua en proporción 1:2.5 y con solución de KCl 1.0 N pH 7 en proporción 1:2.5, la cual ayuda a detectar la presencia de sesquióxidos de hierro y aluminio, y se leyó en un potenciómetro marca Corning modelo 7- con electrodos de vidrio y colomel.

Su determinación es importante por su amplia utilización -- que nos marca la disponibilidad de los elementos nutritivos -- para la planta, la concentración de iones H^+ activos en la -- solución del suelo da origen a la acidez real o actual que -- comúnmente conocemos como pH del suelo.

5.6.2. Capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.).

El fenómeno de intercambio catiónico se define como el número total de sitios que pueden ser ocupados por los nutrientes en forma iónica (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ etc) esto es, la capacidad que posee un suelo de retener ciertos elementos en forma aprovechable para la planta y se expresa en miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo.

El método que se empleó para la determinación del intercambio catiónico total, fue el de saturación de los sitios de intercambio con Acetato de Amonio 1.0N pH 7, lavando el exceso de amonio intercambiable con sodio y cuantificando el amonio desplazado por destilación en medio alcalino, recibiendo en ácido bórico y titulando con ácido sulfurico 0.01N.

5.6.3 Materia Orgánica (M.O.).

Esta confiere al suelo propiedades como cohesión y plasticidad, mejorando la capacidad de los macronutrientes a ser aprovechados a través de su mineralización por los microorganismos. El contenido de materia orgánica del suelo se determinó indirectamente analizando el carbono orgánico oxidado, utilizando el método de Walkley-Black en el cual el carbono es oxidado con un exceso de dicromato de potasio con el calor generado por el ácido sulfúrico, el dicromato de potasio que queda sin reaccionar se titula con una sustancia reductora (sulfato ferroso amoniacal) empleando como indicador de óxido-reducción la -

difenilamina.

5.6.4. Nitrógeno total. Fue determinado en el presente trabajo por el método de Kjeldahl modificado para incluir nitratos. En el método, los nitratos se convierten en nitroderivados (Sulfato de Amonio) por reacción con ácido salicílico, después se reducen los nitroderivados a aminas por acción del tiosulfato sódico, y luego se digieren los compuestos orgánicos con H_2SO_4 , se alcaliniza la solución se destila el NH_2 disuelto y se valora el NH_3 desprendido.

5.6.5. Calcio y Magnesio. Estos cationes constituyen la base de intercambio más comunmente encontrados en la mayoría de los suelos, lo que nos permite predecir su comportamiento en relación a las reacciones del suelo. El método a nivel internacional más utilizado para determinar el índice de disponibilidad de los cationes de calcio y magnesio es el que utiliza una solución de Acetato de amonio 1.0 N de pH 7 como extractora cuantificando posteriormente el calcio y el magnesio por titulación con EDTA.

5.6.6. Determinación de microelementos Zn, Fe, Mn y Al. Fueron determinados por el método de Walsh, 1971. para lo cual se utilizó una solución extractora que contiene una mezcla de HCl 1.0N y H_2SO_4 1.0N en proporción 2:1.

Por otra parte el Aluminio se determinó por el método de Bruckeit, 1975. el cual lo extrae por medio de una solución sódica

ca de pH 9.

5.6.7. Determinación de la capacidad fijadora de fósforo en los suelos. Para esta determinación se siguió el método de Waugh y Fitts, 1966.

Se prepararon las siguientes soluciones de fósforo para ser aplicadas al suelo:

(A) Solución abastecedora (2500 ppm P), con $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

(B) Soluciones diluidas de fósforo para aplicar al suelo, - estas soluciones fueron preparadas a partir de la solución-abastecedora (A) diluyendo a 100 ml los volúmenes que se indican en la columna 2 del cuadro número 1 para obtener las concentraciones de fósforo que se indican en la columna 3 - del mismo cuadro. Empleando frascos de vidrio con tapa, se prepararon 7 tratamientos de fósforo para cada uno de los - puntos de muestreo, con 10 gramos de suelo seco, tamizado y 4 mililitros de la solución diluida (B) correspondiente a - cada tratamiento, para obtener las concentraciones de fósforo en el suelo que se indican en la columna 4 del cuadro número 1. A los suelos con el tratamiento control se les agregó 4 ml de agua destilada.

Se taparon los frascos y se incubaron 4 días a temperatura ambiente, transcurrido el período de incubación se procedió a extraer el fósforo del suelo mediante el método de - Bray P1.

Para estimar la cantidad de fósforo que se fija al suelo se construyeron gráficas anotando la cantidad de fósforo extraído por el método de Bray P1, vs la cantidad de fósforo aplicada. La cantidad de fósforo aplicada que corresponde al punto de la gráfica en donde aumento abruptamente la cantidad de fósforo extraída se asignó con el nombre de -- valor "X".

El valor "X" se utilizó como guía para determinar los niveles de fósforo en los ensayos de respuesta del cultivo a la aplicación de fósforo en estos suelos.

Cuadro Número 1.

Preparación de la solución de fósforo para el ensayo de fijación en laboratorio.

TRATAMIENTO Número.	Solución B (ml de solución A para - diluir a 100 ml)	Concentración de la solución (B) ppm.	ppm de P en 10g de suelo con 4ml de - solución (B)
1	0	0	0
2	5	125	50
3	10	250	100
4	15	375	150
5	20	500	200
6	25	625	250
7	30	750	300

5.7. Métodos de análisis de fósforo disponible.

Se ensayaron 2 métodos de los más utilizados internacionalmente para determinar el contenido de fósforo disponible en las muestras de suelo seleccionadas. Los métodos escogidos son el Bray P1 y el Nelson (Carolina del Norte) principalmente porque éstos según se reporta, se utilizan para suelos ácidos con altos contenidos de fierro y aluminio.

- 1.- Método de Nelson (carolina del Norte), en Black, et al. 1965.
- 2.- Método de Bray P1, en Black, et al. 1965.

Para tomar las lecturas del por ciento de transmitancia se utilizó un fotocolorímetro Bausch & Lomb modelo Spectronic 20.

Las concentraciones de fósforo se calcularon llevando los datos de % de transmitancia a las curvas estandar correspondientes en ppm de P, y posteriormente se hizo la conversión a Kg de P por hectárea considerando una densidad aparente promedio de 1.25 g/cm^3 en la capa arable (30 cm).

5.8. Métodos de análisis para determinar potasio fácilmente- aprovechable.

Se ensayaron 3 métodos para extraer el potasio aprovechable en las muestras de suelo.

- 1.-Método de Nelson, en Black, et al. 1965.
- 2.-Método de Bray P1, en Black, et al. 1965.

Estos con posibilidad de aprovechamiento del mismo extracto utilizado para fósforo según Waugh y Fitts, 1966.

- 3.-Método de extracción con Acetato de Amonio 1.0 N pH 7, en Jackson, 1970.

En los tres métodos se empleó un espectrofotómetro de flama, marca Corning para tomar las lecturas de porcentaje de emisión. Las concentraciones de potasio se calcularon llevando los datos a curvas estandar de potasio.

5.9. Ensayos en macetas.

5.9.1. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de fósforo.

El ensayo para determinar la respuesta de las plantas a las aplicaciones de fósforo se realizó en invernadero pero--sin tener control de la humedad ambiental ni de la temperatura.

Se emplearon bolsas de polietileno negras con capacidad para 2.0 Kgs de suelo, sin perforaciones en el fondo, en lugar de macetas; y superfosfato de calcio simple 20.00% como fuente de fósforo, y maíz criollo que se cultiva en la zona de estudio como planta indicadora.

El suelo procedente de los puntos de muestreo se homogeneizó rompiendo los terrones grandes.

Se ensayaron 4 tratamientos con tres repeticiones para cada suelo, los niveles de fósforo que se aplicaron fueron calculados tomando como base el valor "X" y fueron los siguientes: 0X, 1/2X, 1X y 2X, el nivel 0X corresponde al control. Cuadros 2 A, B, y C.

Se llevaron los suelos a capacidad de campo, todos los tratamientos se fertilizaron con una misma dosis de potasio y nitrógeno de acuerdo con lo recomendado para maíz en la zona (130 N, 30 K Kg/Ha). (SARH, 1982.)

Se sembraron 5 semillas de maíz criollo por bolsa, para posteriormente realizar un aclareo dejando 3 plantas por bolsa.

La humedad de los suelos se mantuvo constante durante el experimento pesando las bolsas con regularidad y agregando la cantidad de agua necesaria para ajustar el peso faltante.

La cosecha se realizó después de 6 semanas de desarrollo, tomando como base el trabajo realizado por Andrew y Hageman, 1980, que utilizaron plantulas de maíz (*Zea mays*.L.) de 25 días de edad para la evaluación de la relación entre nitrógeno en suelo y acumulación de éste en las plantulas.

Cuadro Número 2.

Niveles de fósforo para el ensayo en macetas.

A. Para los suelos 3,5,7,8,9,10 y 11 con valores de "X" de 50ppm P

Tratamiento Dosis de fósforo expresadas en diferentes unidades.

N.	"X"	ppmP	KgP/Ha	KgP ₂ O ₅ /Ha	Kg S.S/Ha	gS.S/2Kg ⁺
1	0	0	0	0	0	0
2	1/2	23	62.50	143	715	0.572
3	1	50	125.00	286	1430	1.145
4	2	100	250.00	573	2860	2.290

B. Para los suelos 1,2 y 6 con valores de "X" de 100 ppm P .

Tratamiento Dosis de fósforo expresadas en diferentes unidades.

N.	"X"	ppmP	KgP/Ha	KgP ₂ O ₅ /Ha	KgS.S/Ha	gS.S/2Kg ⁺
1	0	0	0	0	0	0
2	1/2	50	125.0	286	1430	1.146
3	1	100	250.0	572	2860	2.292
4	2	200	500.0	1145	5725	4.584

C. Para el suelo 4 con valor de "X" de 150 ppm de P

Tratamiento Dosis de fósforo expresados en diferentes unidades.

N.	"X"	ppmP	KgP/Ha	KgP ₂ O ₅ /Ha	KgS.S/Ha	gS.S/2Kg ⁺
1	0	0	0	0	0	0
2	1/2	75	187.50	429.30	2146.50	1.718
3	1	150	375.00	858.70	4293.50	3.437
4	2	300	750.00	1717.50	8587.50	6.875

+S.S = Superfosfato de calcio simple 20.00%

Y considerando que las plantas tienen principalmente - dos fechas críticas en su desarrollo (Klingman, 1980.). La primera abarca desde la germinación hasta el primer tercio de vida, y la segunda en el momento de formación del -- fruto, siendo en estas dos etapas cuando la planta requiere de un estado óptimo en cuanto a disponibilidad de nutrientes y luz.

Por otra parte (Sayre, 1947; citado por Jugenheimer, 1980.) informa sobre la acumulación de minerales en el maíz, desde la germinación, hasta su completo desarrollo, observándose en sus conclusiones que existe una notoria acumulación de macronutrientes (N-P-K) principalmente en las primeras semanas de vida de la plántula.

En este trabajo se cortó la porción aérea de las plantas por encima de la superficie del suelo.

Se mantuvieron separadas las plantas por bolsa, se secaron a 60°C en un horno con aire circulante durante 48 horas y se pesaron para estimar los rendimientos en base al peso de la paja seca.

5.9.2. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de potasio.

El ensayo se realizó también en el invernadero bajo las mismas condiciones; el suelo se preparó exactamente como se-

Cuadro Número 3.

Niveles de Potasio para el ensayo en macetas.

Dosis de potasio para todos los suelos expresados en diferentes unidades.

TRATAMIENTO	ppm K	Kg K/Ha	Kg KCl/Ha	g KCl/2Kg ⁺
N.				
1	0	0	0	0
2	100	250	477	0.381
3	300	750	1430	1.144

+KCl grado Q.P.

indicó para el ensayo de fósforo.

Se probaron 3 tratamientos con 3 repeticiones. Los niveles de potasio aplicados fueron: 0, 100 y 300 ppm de K en todos los suelos, cuadro 3, como recomiendan Waugh y Fitts, - 1966.

Como fuente de potasio se utilizó reactivo KCl Q.P. 99.4 % K.

A todos los suelos se les aplicó la misma cantidad de fósforo y de nitrógeno recomendadas para el cultivo en la zona de estudio: (130 N 40P, Kgs/Ha). (SARH, 1982.)

Se sembraron 5 semillas de maíz criollo por bolsa, para posteriormente tener un aclareo de 3 plantas por bolsa.

Se controló la humedad de los suelos de la misma forma que en el ensayo de fósforo.

Después de 6 semanas de desarrollo se cosecharon las plantas cortándolas por encima de la superficie del suelo. Se mantuvieron separadas las plantas por bolsa, se secaron a 60°C en horno con aire circulante durante 48 hrs y se pesaron para realizar las estimaciones de rendimiento en base al peso seco de paja.

5.10. Determinación de fósforo y potasio absorbidos por la planta.

Se determinó en las plantas control y en las que obtuvieron el máximo rendimiento (peso seco) en cada suelo, tanto en los tratamientos de fósforo como de potasio, el contenido de fósforo y potasio respectivamente.

Para la determinación del fósforo se empleó el método del color amarillo del vanadomolibdato de amonio que se basa fundamentalmente en la formación de un poliheterocomplejo de color amarillo en medio nítrico, cuya intensidad es proporcional al contenido de fósforo, empleando una disolución del material vegetal en una mezcla triácida de ácido nítrico, sulfúrico y perclórico de acuerdo con Jackson, 1979.

Las lecturas se realizaron en un fotocolorímetro Bausch & Lomb modelo Spectronic 20.

Para la determinación de potasio se empleó el método de acenización en una muflla Blue M. Electronic Company, a temperatura de 550°C durante 5 hrs, después de lo cual se disolvió el material con ácido clorhídrico 2N, se filtró y se diluyó con agua destilada a un volumen de 100 ml. Del extracto anterior se preparó una dilución en proporción 1:100 con agua destilada para determinar el contenido de K por flamometría, en un fotómetro de flama marca Corning EEL, England.

5.11. Cálculo de resultados.

Se estimaron los rendimientos del cultivo para cada tratamiento calculándose la media de los rendimientos de las 3 repeticiones; Los datos se expresaron en gramos de paja seca por bolsa.

Se tomó como parámetro para la correlación los gramos de paja seca obtenidos por el tratamiento control.

Se determinó la respuesta en rendimiento expresada en gramos de paja seca por bolsa, substrayendo al máximo valor de rendimiento obtenido por suelo fertilizado, el valor del rendimiento en el suelo contro.

Se calculó el rendimiento porcentual del cultivo en el suelo control expresado en por ciento de rendimiento, multiplicando el rendimiento del cultivo en el suelo control por 100 y dividiendo por el máximo valor de rendimiento obtenido en suelo fertilizado.

Se determinó la cantidad de fósforo y potasio absorbidos por la planta según el tratamiento del suelo.

Se determinó por último la absorción adicional de los elementos fósforo o potasio según el caso, la cual se expresa en por ciento y se obtuvo multiplicando la absorción de las plantas del suelo control por 100 y dividiendo por el valor de absorción obtenido por las plantas con el máximo -

rendimiento en suelo fertilizado.

Se calcularon los coeficientes de correlación de los análisis de suelo bajo los diferentes métodos de determinación de fósforo y potasio con cada uno de los datos siguientes: rendimiento porcentual, cantidad de elemento absorbido por el control, y absorción adicional del elemento.

5.12. Determinación del nivel crítico para los valores de fósforo y potasio en los suelos.

Se hicieron gráficas de los análisis (ppm del elemento fósforo o potasio) obtenidos mediante cada uno de los métodos contra los porcentos de rendimiento obtenidos en los tratamientos con fósforo o potasio.

Se acomodaron los datos en orden descendente correspondiente de cada elemento y se dividieron en subpoblaciones (A) y (B).

Se realizó la correlación de las dos subpoblaciones y se obtuvo la recta para cada una de ellas, y justo en donde se cruzan las 2 rectas se trazaron los ejes que dividen a la población.

De esta manera se obtuvieron cuatro cuadrantes, el in-

ferior derecho y el superior izquierdo fueron considerados como erróneos.

Esta determinación nos sirvió para valorar los niveles de fósforo y potasio de los suelos, considerando altos los que se localizan a la derecha del nivel crítico y bajos los que se encuentran a la izquierda del nivel crítico.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

6.1. Características físicas y químicas de los suelos.

En los cuadros 4 y 5, se reportan las características físicas y químicas de los suelos respectivamente.

La textura de los suelos en general es media, presentándose suelos francos, franco arcillosos, franco arcillo arenosos y arcillo arenosos.

La densidad real, en promedio es de 1.88 g/cm^3 que se puede considerar baja probablemente debido a la abundancia de material parental (tezontle)., los suelos 2,3,5 y 6 son los más bajos con densidades menores a 2.0 g/cm^3 y los suelos 1,4,7,8,9,10 y 11 son los más altos en densidad con valores mayores a 2.0 g/cm^3 .

La densidad aparente es en promedio de 1.25 g/cm^3 , la que se puede considerar dentro de los valores promedio que se reportan en la literatura.

En cuanto a la porosidad, se puede considerar adecuada cuando tiene valores para un suelo de textura media de 50%. En los suelos estudiados se puede observar que los valores bajos para los suelos 3,1,2,5,6,7 y 8 con % menores al 50% normales para los suelos 4 y 11 con 50% y altos para los suelos 9 y 10 con % superiores al 65%. (C.P.,1977.)

Cuadro Número 4.

Resultados de los análisis físicos de los suelos

Suelo N.	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Textura	Densidad		Porosidad (%)
					(g/cm ³)	Real-Aparente	
1	34	25	41	Franco arcilloso	2.10	1.09	49
2	22	28	50	Franco arcillo arenoso	1.21	0.96	21
3	24	28	48	Franco arcillo arenoso	1.04	0.88	16
4	18	22	60	Franco arcilloso	2.06	1.05	50
5	22	28	50	Franco	1.21	0.92	24
6	24	28	48	Franco arcillo arenoso	1.21	0.90	26
7	36	18	46	Arcillo arenoso	2.13	1.15	47
8	34	22	44	Franco arcilloso	2.12	1.09	49
9	32	20	48	Franco arcillo arenoso	2.56	0.97	63
10	40	22	38	Franco arcilloso	2.61	0.97	63
11	34	10	56	Franco arcillo arenoso	2.52	1.25	51

El pH del suelo oscila entre 5.0 y 6.1 para la determinación con agua y entre 4.0 y 5.2 en la determinación con KCl, lo que nos permite clasificar a los suelos en general como ácidos. Los valores van de extremadamente ácidos a moderadamente ácidos (C.P., 1977.)

La capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.) va de 15 meq/100g a 39.9 meq/100g con un promedio de 24.2 meq/100g por lo que consideramos a los suelos en estudio con una C.I.C.T media alta, aunque los suelos número 1 con 15 meq/100g, suelo 2 con 18.00 meq/100g y 7 con 16.2 meq/100 g de C.I.C.T. se pueden considerar media baja.

La Materia orgánica (M.O.) se encuentra en promedio con valores de 3.21% lo que nos da unos suelos ricos en materia orgánica. Los suelos 9, 10, 2, 5 y 8 y 11 tienen de 1.60 a 2.80% lo que los clasifica como pobres y medios, siendo el porcentaje considerablemente alto en los suelos 1, 3, 4, 6 y 7.

Con respecto al nitrógeno total, se puede considerar a los suelos 4, 6, 8 y 9 como medio pobres, a los suelos 7, 2, 3, 5 y 11 medios y a los suelos 1 y 10 medio ricos en contenido de nitrógeno total; con valores de 0.10 a 0.14% para los medio pobres, de 0.15 a 0.19% para los suelos medios y de 0.20 a 0.24% o más para los medio ricos.

Cuadro Número 5

Resultados de los análisis químicos de los suelos

SUELO	pH	C.I.C.T	M.O	N.TOTAL	Ca.
N.	1:2.5	(meq/100g)	(%)	(Kg/Ha)	(Kg/Ha)
	H ₂ O-KCl				
1	5.0 4.0	15.00	4.26	0.22	135.00
2	5.0 4.0	18.00	2.79	0.17	129.00
3	5.5 4.3	25.30	5.03	0.15	155.00
4	5.9 4.8	19.90	3.68	0.14	110.00
5	5.1 4.1	30.10	2.23	0.18	185.00
6	5.0 4.1	39.90	5.11	0.14	145.00
7	5.3 4.5	16.20	3.35	0.17	127.00
8	5.7 4.8	20.90	2.79	0.14	192.00
9	5.6 4.3	23.70	1.60	0.12	129.50
10	5.5 4.2	29.60	1.67	0.22	123.50
11	6.1 5.2	27.60	2.80	0.17	203.00

SUELO	Fe	Mn	Mg	Zn	Al-TOTAL
N.	(ppm)	(ppm)	(Kg/Ha)	(ppm)	(%)
1	6.00	59.10	24.60	4.20	32.20
2	6.90	70.60	3.60	8.20	42.10
3	16.40	63.10	25.80	12.90	35.30
4	7.90	48.20	9.90	6.90	44.20
5	10.50	48.70	51.00	9.90	38.00
6	11.10	57.90	27.00	9.40	35.00
7	13.40	54.80	25.20	7.50	28.30
8	11.10	76.90	55.20	12.10	29.70
9	14.10	75.30	53.70	14.00	39.40
10	14.60	34.00	27.30	12.50	40.30
11	11.20	13.00	60.90	5.70	41.00

En el Calcio disponible se obtuvieron cantidades en los suelos que van de los 110.0 a los 203.0Kg/Ha lo que nos indica que todos son suelos extra pobres.

El Magnesio se puede considerar en los suelos 2,4 y 7- extra pobres con valores menores a 25Kg/Ha, en los suelos 6,3,1 y 10 como muy pobres con valores de 26 a 50Kg/Ha, y en en los suelos 8,9,5 y 11 como medio pobres con valores que van de 51 a 100Kg/Ha.

En cuanto al Hierro podemos ver que se obtuvieron valores altos en todos los suelos con valores de 6 a 14.6 ppm.

De Manganeso se obtuvieron valores altos en todos los suelos, superiores a 26 ppm exepctuando el suelo 11 con 13 ppm considerandose un valor medio.

El Zn se puede considerar alto ya que sus valores son superiores a 3.1 ppm que se toma como base para ser considerados altos, los valores van de 9.2 a 14.00 ppm.

El Aluminio se considera alto en los suelos 1,3,5,6,7,8 y 9 con valores que van de 28.3% a 39.4% y muy altos en los suelos 2,4,10 y 11 con valores que van de 40.3% a 44.2% de Al-total.

Las tablas utilizadas en la interpretación de los elementos y las características químicas de los suelos en estudio se encuentran en. (CONAFRUT,1975.) y (Primo y Carrasco,-1973.)

6.2. Análisis de fósforo disponible en los suelos.

En el cuadro 6 se presentan los resultados del fósforo disponible extraído mediante dos métodos analíticos.

Con el método de Bray P1 se extrajo un promedio de -- 7.28 ppm P, con valores que van de 1.35 a 21.50 ppm.

Con el método de Nelson (Carolina del Norte) se extrajo mayor cantidad de fósforo, en promedio 26.90 ppm, con valores que van de 5.0 a 72.00 ppm.

Las cantidades de fósforo extraídas con los 2 métodos son diferentes pero de manera general se puede notar que el comportamiento es el mismo.

6.3. Análisis de potasio fácilmente aprovechable en los sue los

En el cuadro número 7 se presentan los resultados del potasio fácilmente aprovechable extraído mediante tres métodos.

Por el método de Acetato de Amonio 1.0N pH 7 se ex -- trajo la mayor cantidad de potasio aprovechable, con un promedio de 167.54 ppm de K, con valores que van de 37 a 300 - ppm.

El método de Bray P1 extrajo un promedio de 64 ppm K -

Cuadro Número 6.

Comparación de las cantidades de fósforo disponible
extraído mediante dos métodos de análisis.

SUELO N.	METODOS DE ANALISIS			
	Bray P1		Nelson (Carolina del Norte)	
	ppmP	Kg/Ha P ₂ O ₅	ppmP	Kg/Ha P ₂ O ₅
1	1.35	7.73	5.00	28.64
2	2.10	12.02	5.00	28.64
3	4.20	24.05	35.00	200.49
4	12.00	68.74	70.00	400.40
5	4.30	24.63	16.00	91.52
6	2.45	14.03	14.00	80.08
7	4.55	26.06	16.00	91.52
8	5.60	32.07	20.00	114.57
9	5.70	32.65	28.00	160.16
10	16.40	93.95	15.00	85.80
11	21.50	123.16	72.00	411.84

Cuadro Número 7.

Comparación de las cantidades de potasio fácilmente
aprovechable, mediante tres métodos de análisis.

SUELO	METODOS DE ANALISIS								
	Acetato de Amonio		Bray P1			Nelson(CN)			
N.	ppm K	Kg/Ha K ₂ O	ppm K	Kg/Ha K ₂ O	ppm K	Kg/Ha K ₂ O	ppm K	Kg/Ha K ₂ O	
1	37.00	111.42	27.00	81.31	20.00	60.23			
2	85.00	255.97	28.00	84.32	24.00	72.27			
3	125.00	376.43	51.00	153.58	48.00	144.55			
4	137.00	412.57	73.00	219.83	66.00	198.75			
5	160.00	481.84	59.00	177.67	56.00	168.64			
6	140.00	421.61	105.00	316.20	77.00	231.88			
7	162.00	487.86	68.00	204.78	57.00	171.65			
8	187.00	563.15	51.00	153.58	61.00	183.70			
9	220.00	662.53	51.00	153.58	50.00	150.57			
10	300.00	903.44	66.00	198.75	52.00	156.59			
11	290.00	873.33	125.00	376.43	100.00	301.15			

con valores que van de 27 a 125 ppm.

Con el método de Nelson (Carolina del Norte) se extrajo la menor cantidad de potasio aprovechable, con un promedio de 55.54 ppm de K, con valores que van de 20 a 100 ppm.

Los valores de potasio fácilmente aprovechable obtenidos con los tres métodos de análisis, son diferentes pero de manera general se puede ver que el comportamiento es el mismo.

6.4. Capacidad fijadora de fósforo.

En el cuadro 8 se presentan las cantidades de fósforo en ppm aplicadas y extraídas de los suelos mediante el método de Bray P1, después de haber sido incubados durante 4 días.

Los mismos datos se presentan en forma gráfica en las gráficas 1A y 1B.

En las gráficas podemos apreciar que los suelos 3,5,7,8,9,10 y 11 producen un aumento brusco en la curva de fósforo extraído cuando se aplican 50 ppm, es decir, tienen menor capacidad fijadora de fósforo que los demás suelos.

En los suelos 1,2 y 6 se observa el aumento brusco cuando se aplicaron 100 ppm de P y en el suelo 4 dicho aumento brusco se produjo hasta que se aplicaron 150 ppm de fósforo por lo que resulta ser el de mayor capacidad fijadora.

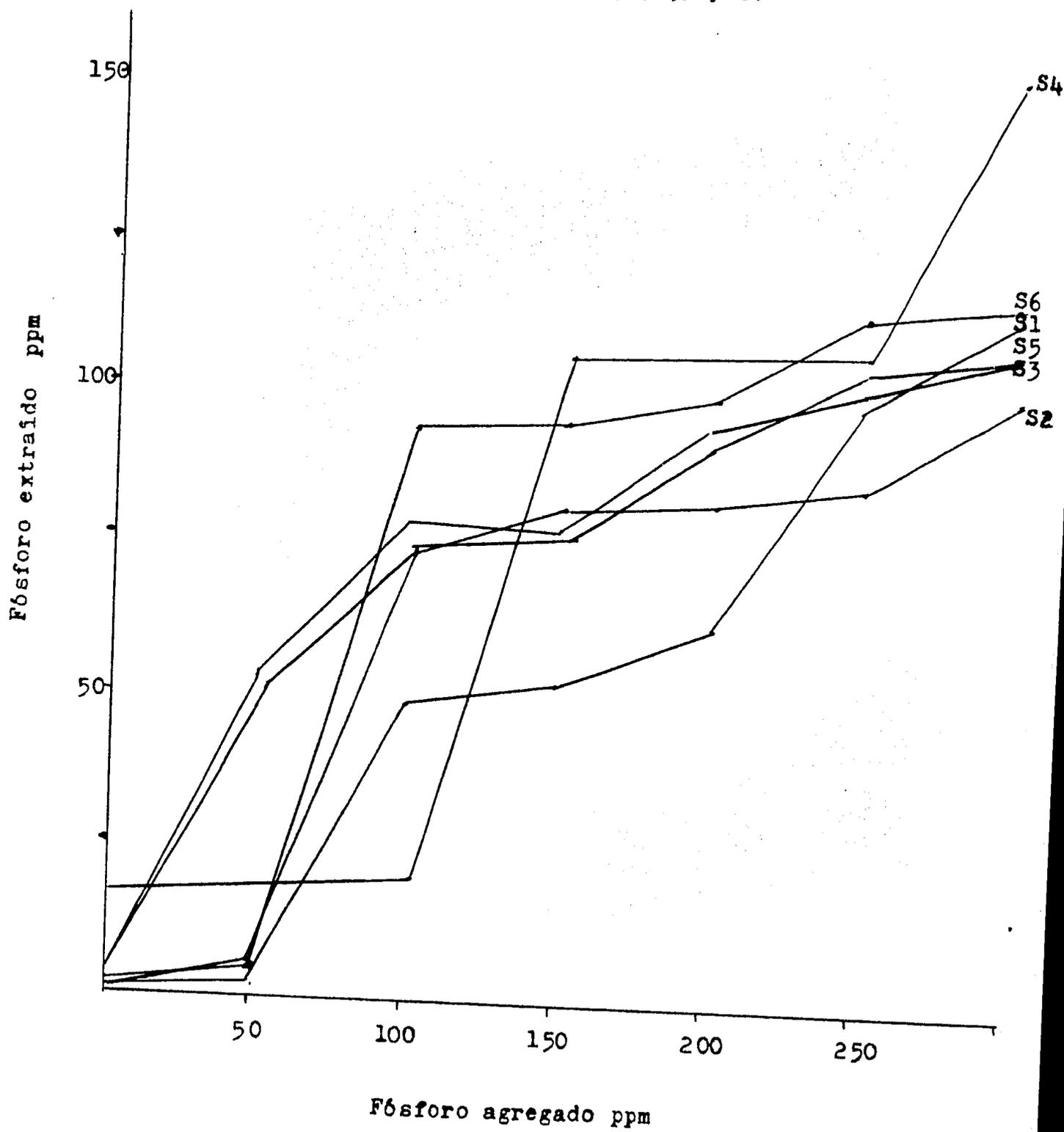
Cuadro Número 8

Resultados de los ensayos de fijación de fósforo en los suelos

TRATAMIENTO N.	Fósforo agregado (ppm)	<u>Fósforo extraído (ppm)</u>					
		<u>Suelos</u>					
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
1	0	1.30	2.00	4.00	17.50	4.00	2.30
2	50	3.67	5.00	53.05	18.00	50.80	6.30
3	100	49.00	71.05	77.00	19.00	73.50	93.11
4	150	52.50	79.05	75.92	102.9	75.95	93.11
5	200	62.30	79.65	93.11	105.3	90.65	98.00
6	250	98.00	83.50	98.00	105.5	102.7	112.70
7	300	112.70	98.00	105.35	150.2	105.3	117.60

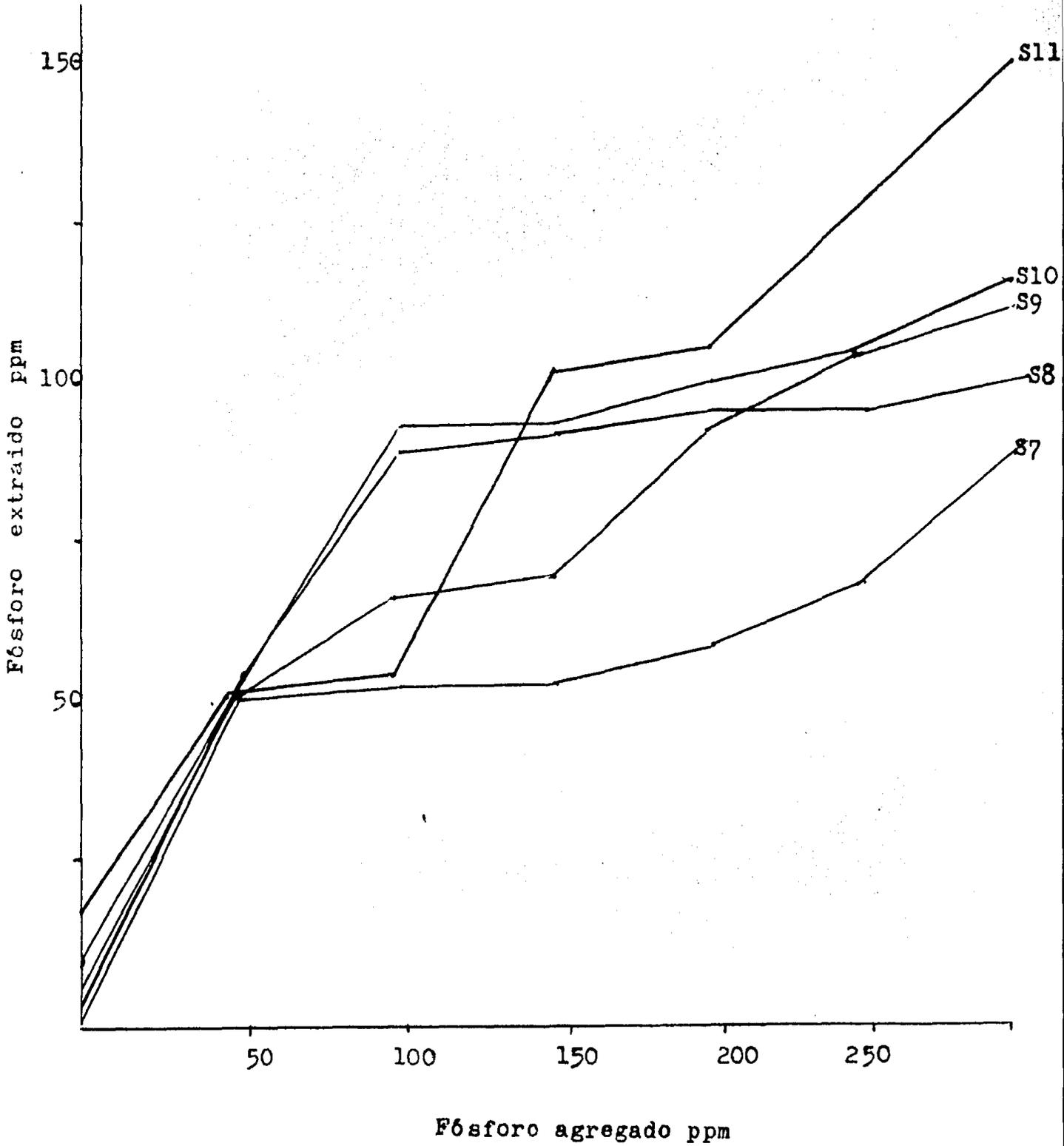
TRATAMIENTO N.	Fósforo agregado (ppm)	<u>Fósforo extraído (ppm)</u>				
		<u>Suelos</u>				
		<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>
1	0	4.40	5.70	5.90	10.00	20.30
2	50	50.05	52.00	53.70	50.65	51.70
3	100	52.50	88.20	66.15	93.10	55.00
4	150	52.50	90.65	69.65	93.11	102.90
5	200	59.85	93.11	91.11	98.00	105.35
6	250	69.65	93.11	102.90	102.00	130.25
7	300	90.65	98.00	110.25	112.70	150.25

Gráfica Determinación de la capacidad fijadora de
1A fósforo en los suelos 1,2,3,4,5 y 6.



S-Suelos

Gráfica Determinación de la capacidad fijadora de
1B fósforo en los suelos 7,8,9,10 y 11.



S-Suelos

Cuadro Número 9

Cantidades aproximadas de fósforo que se deben agregar
a los suelos para corregir el efecto de fijación
(valor de "X")

SUELO	VALOR DE "X"
N.	(ppm de P)
1	100
2	100
3	50
4	150
5	50
6	100
7	50
8	50
9	50
10	50
11	50

El valor "X" seleccionado por el método gráfico nos indica, en el cuadro 9, la cantidad de fósforo que se debe aplicar a los suelos para corregir el efecto de fijación que tienen, dejando disponible el fósforo para las plantas.

(Waugh y Pitts, 1966.)

6.5. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de fósforo.

Los resultados de la respuesta del maíz a las aplicaciones de fósforo se muestran en el cuadro 10, expresandolas en gramos de paja seca por bolsa para los rendimientos y en porcentaje de materia seca para las absorciones del elemento

Al comparar los resultados del rendimiento del control en los diferentes suelos se puede observar que oscilan entre 0.5 y 5.7 g/maceta.

La respuesta en rendimiento va de 14.90 a 5.9 g/maceta, correspondiendo las mayores respuestas a las aplicaciones de fertilizante, a los suelos que tuvieron el más bajo rendimiento control y las respuestas menores a los suelos con el mayor rendimiento control.

Los % de rendimiento van de 3.35 a 96.61%. Los suelos con menor rendimiento sin fertilizante y mayor respuesta en rendimiento son los más bajos en cuanto a % de rendimiento y al contrario, los suelos con mayor rendimiento sin fer -

Cuadro Número 10.

Respuesta en maíz a las aplicaciones de fósforoen macetas

Suelo N.-	Rendimiento del control g/maceta.	Rendimiento máximo g/maceta.	Respuesta en rendimiento g/maceta.	% Rendimiento (1)
1	0.5	15.4	14.90	3.35
2	1.0	11.30	10.30	9.70
3	1.2	9.10	7.90	15.18
4	3.5	13.00	9.50	36.84
5	2.4	11.60	9.20	26.08
6	1.9	10.40	8.50	22.35
7	1.8	10.00	8.20	21.90
8	2.5	9.20	6.70	37.31
9	1.7	7.70	6.00	28.33
10	5.7	11.60	5.90	96.61
11	5.0	11.11	6.10	81.96

Suelo N.-	Fósforo absorbido por el control. %m.s.	Fósforo absorbido en máximo rendimiento. %m.s.	Absorción adicional de fósforo. (2) %m.s.
1	0.12	0.68	0.56
2	0.14	0.70	0.56
3	0.20	0.78	0.58
4	0.67	0.97	0.30
5	0.25	0.85	0.60
6	0.14	0.70	0.56
7	0.20	0.77	0.57
8	0.20	0.78	0.58
9	0.26	0.89	0.63
10	0.27	0.90	0.63
11	0.78	0.98	0.20

(1) Peso seco promedio de 3 repeticiones .

(2)% P en materia seca promedio de 3 repeticiones.

tilizar y menor respuesta en rendimiento son los que presentan mayor % de rendimiento.

Los resultados de rendimiento mencionados concuerdan perfectamente con los análisis de fósforo disponible absorbido por la planta.

Las plantas control desarrolladas en los suelos sin fertilizar que presentan los más bajos rendimientos son aquellas que absorbieron menor cantidad de fósforo, y las de mayor rendimiento son las que absorbieron mayor cantidad de éste elemento. Como se puede apreciar en el cuadro 10, las cantidades de P absorbidas se encuentran entre 0.12 y 0.78% en materia seca.

Las cantidades de P absorbidas por las plantas que tuvieron los máximos rendimientos como respuesta a la fertilización fueron de 0.20 a 0.63 % m.s. se puede observar que -- en aquellos suelos en donde las plantas control absorben las más bajas cantidades de P disponible, cuando se les aplica fertilizante absorben las mayores cantidades adicionales de este elemento y viceversa.

Por otro lado al comparar los resultados de los análisis de fósforo disponible en los suelos, cuadro 6, con los resultados de rendimiento y de fósforo absorbido por las plantas se puede notar la relación que existe entre éstos.

Los suelos con menor cantidad de fósforo disponible son los que producen los más bajos rendimientos en las plantas control las cuales a su vez absorben las menores cantidades de fósforo, en estos suelos se observa mayor respuesta en rendimiento cuando son fertilizados y las plantas absorben mayores cantidades adicionales de fósforo. El efecto contrario se observa en los suelos que tienen las mayores concentraciones de fósforo disponible.

6.6 Respuesta del cultivo a las aplicaciones de potasio.

Los resultados de la respuesta del cultivo a las aplicaciones de potasio se presentan en el cuadro 11, expresados en gramos de paja seca por bolsa para los rendimientos y % de materia seca para las absorciones del elemento.

Al comparar los resultados del rendimiento control en los diferentes suelos se puede observar que oscilan entre 0.31 y 3.40 g/maceta.

La respuesta en rendimiento va de 11.29 a 1.10 g/maceta correspondiendo las mayores respuestas a las aplicaciones de fertilizante a los suelos que tuvieron el más bajo rendimiento control, y las respuestas menores a los suelos con el mayor rendimiento control.

Cuadro Número 11.

Respuesta en maíz a las aplicaciones de potasioen macetas

Suelo N.-	Rendimiento del control g/maceta.	Rendimiento máximo g/maceta.	Respuesta en rendimiento. g/maceta.	%Rendimiento (1)
1	0.31	11.60	11.29	2.67
2	0.47	10.73	10.26	4.38
3	1.20	9.01	7.81	13.31
4	1.19	9.30	8.11	12.79
5	1.87	8.25	6.38	22.66
6	1.22	9.45	8.23	12.91
7	1.89	7.42	5.53	25.47
8	1.99	6.25	4.26	12.91
9	2.20	5.30	3.10	25.47
10	3.40	4.50	1.10	31.84
11	2.10	5.20	3.10	41.50

Suelo N.-	Potasio absorbido por el control %m.s.	Potasio absorbido en máximo rendimiento. %m.s.	Absorción adicional de potasio(2) %m.s.
1	0.17	0.83	0.66
2	0.16	0.66	0.50
3	0.32	0.85	0.53
4	0.34	0.59	0.25
5	0.34	0.85	0.51
6	0.34	0.89	0.55
7	0.33	0.75	0.42
8	0.30	0.60	0.30
9	0.33	0.66	0.33
10	0.43	0.57	0.14
11	0.33	0.50	0.17

(1) Peso seco promedio de 3 repeticiones.

(2) % K en materia seca promedio de 3 repeticiones.

Los % de rendimiento se encuentran entre 2.67 y 41.50%, los suelos con menor rendimiento sin fertilizar y mayor respuesta en rendimiento son los más bajos en cuanto a % de rendimiento y al contrario, los suelos con mayor rendimiento sin fertilizar y menor respuesta en rendimiento.

Los resultados de rendimiento mencionados concuerdan con los análisis de potasio absorbido por las plantas.

Las plantas control desarrolladas en los suelos sin fertilizar y que presentan los más bajos rendimientos son aquellas que absorbieron menor cantidad de potasio aprovechable y las de mayor rendimiento son las que absorbieron mayores cantidades de éste elemento. Como se puede apreciar en el cuadro 11, las cantidades de K absorbidas se encuentran entre 0.16 y 0.43% en materia seca.

Las cantidades de K absorbidas por las plantas que tuvieron los máximos rendimientos sin fertilización están entre 0.50 y 0.89% m.s., siendo los valores más altos para las plantas con los rendimientos máximos.

La cantidad adicional de potasio que absorbieron las plantas con el máximo rendimiento como respuesta a la fertilización fué de 0.14 a 0.66% m.s., se puede observar que en aquellos suelos en donde las plantas control absorben las más bajas cantidades de K disponible, cuando se les aplica-

fertilizante absorben las mayores cantidades adicionales de este elemento, y viceversa.

Por otra parte los resultados de los análisis de potasio fácilmente aprovechable en los suelos, cuadro 7, con los resultados de rendimiento y de potasio absorbido por las plantas, se puede notar la relación que existe entre éstos: Los suelos con menor contenido de K aprovechable son los que producen los más bajos rendimientos en las plantas control, las cuales a su vez absorben las menores cantidades del elemento, en estos suelos se observan mayores respuestas en rendimiento cuando son fertilizados y las plantas absorben mayores cantidades adicionales de potasio. El efecto contrario se observa en los suelos que tienen las mayores concentraciones de K aprovechable.

6.7 Correlaciones de los análisis de fósforo.

El cuadro 12 contiene los resultados de los coeficientes de correlación para la comparación de extractantes de fósforo aprovechable.

Comparando los coeficientes de correlación y niveles de significancia se encontró que los datos obtenidos con el extractante de Bray P1 presentan correlaciones altamente significativas, con niveles de significancia de 0.1% para el

Cuadro Número 12.

Coefficientes de correlación para la comparación de extractantes de fósforo disponible.

Extractantes	Coefficientes de correlación (r)				
	R.C	R.R	%R	FA	AAF
Bray I	0.93	-0.54	0.92	0.83	-0.66
Niveles de significancia. (%)	0.1	10	0.1	1	5
Nelson	0.51	-0.34	0.42	0.94	-0.87
Niveles de significancia. (%)	10	-	-	0.1	0.1

R.C Rendimiento control.

R.R. Respuesta en rendimiento.

%R. Porcentaje de Rendimiento.

FA Fósforo absorbido por el control

AAF Absorción adicional de fósforo.

rendimiento del control, de 10 % para respuesta en rendimiento, de 0.1% para porcentaje de rendimiento, de 1 % para fósforo absorbido por el control y de 5 % para la absorción adicional de fósforo.

El método de Nelson (Carolina del Norte) presenta correlaciones más bajas, con niveles de significancia de 10 % -- para el rendimiento del control, no significativas para la respuesta en rendimiento y porcentaje de rendimiento y con -- correlaciones altamente significativas de 0.1 % para la absorción adicional de fósforo y fósforo absorbido por el control.

6.8. Correlaciones de los análisis de potasio.

En el cuadro 13 se presentan las correlaciones de potasio extraído por 3 métodos en relación con la respuesta de la planta.

Podemos observar que el método de Acetato de Amonio es el que mejores correlaciones dió obteniéndose respuestas significativas en todos los parámetros, con 0.1 % en la respuesta del control y en el porcentaje de rendimiento, y correlaciones con el 10 % de significacancia en la respuesta en rendimiento y de 1 y 5 % respectivamente en fósforo absorbido por el control y absorción adicional de fósforo.

Cuadro Número 13.

Coefficientes de correlación para la comparación
extractantes de potasio fácilmente aprovechable.

Extractantes	Coeficientes de correlación (r).				
	R.C	R.R	%R	KA	AAK
Acetato de Amonio.	0.92	-0.95	0.91	0.76	-0.86
Nivel de significancia (%)	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1
Bray P1	0.37	-0.41	0.66	0.57	-0.45
Nivel de significancia (%)	-	-	5	10	-
Nelson	0.45	-0.52	0.68	0.63	-0.56
Nivel de significancia (%)	-	10	2	5	10

R.C Rendimiento control

R.R. Respuesta en rendimiento

%R Porcentaje de rendimiento

KA Potasio absorbido por el control.

AAK Absorción adicional de potasio.

El método de Bray P1 dió las correlaciones más bajas- obteniéndose solo niveles de significancia de 5 y 10% en el % de rendimiento y potasio absorbido por el control respectivamente, los otros parámetros no son significativos.

El método de Nelson (Carolina del Norte) tuvo también- niveles altos de significancia, de 10% en respuesta en rendimiento, de 2% en % de rendimiento, de 5% en potasio absor**u** bido por el control y de 10% en absorción adicional de pota**u** sio, no siendo significativa en respuesta del control.

6.9. Determinación de los niveles críticos en fósforo.

En cuanto a la determinación del nivel crítico podemos- observar los siguientes resultados para los análisis de fós**u** foro.

Para el método de Nelson (C.N.) los cuadrantes obtenidos en la gráfica de dispersión de valores (Gráfica 3) indican - que los resultados son positivos para los 11 suelos estudia- dos, siendo el nivel crítico de 5.62 ppm P, Esto nos indica- que si se obtienen valores de P (ppm) menores de 5.62 ppm,-- es decir con valores por abajo del nivel crítico, los culti- vos en estos suelos responderán a la fertilización, en cam-- bio si el valor del análisis nos da por arriba del 5.62 ppm de P extraído del suelo, es decir que está por encima del -

nivel crítico no se espera una respuesta significativa de los cultivos a la fertilización. Los suelos 1 y 2 tienen valores menores a los del punto crítico y los suelos 3,4-5,6,7,8,9 y 10 valores superiores al punto crítico.

Para el método de Bray P1 observamos que (Gráfica 2) el nivel crítico es de 4.00 ppm de fósforo, dos suelos el 1 y el 2 se encuentran por debajo del nivel crítico y los suelos 4,5,7,8,9,10 y 11 por arriba de este.

Desde el punto de vista del método matemático de Cate y Nelson el método de Bray P1 resulta ser menos exacto que el de Nelson (C.N.) por encontrarse dos suelos el 3 y 6 en los cuadrantes negativos.

6.10. Determinación de los niveles críticos en potasio.

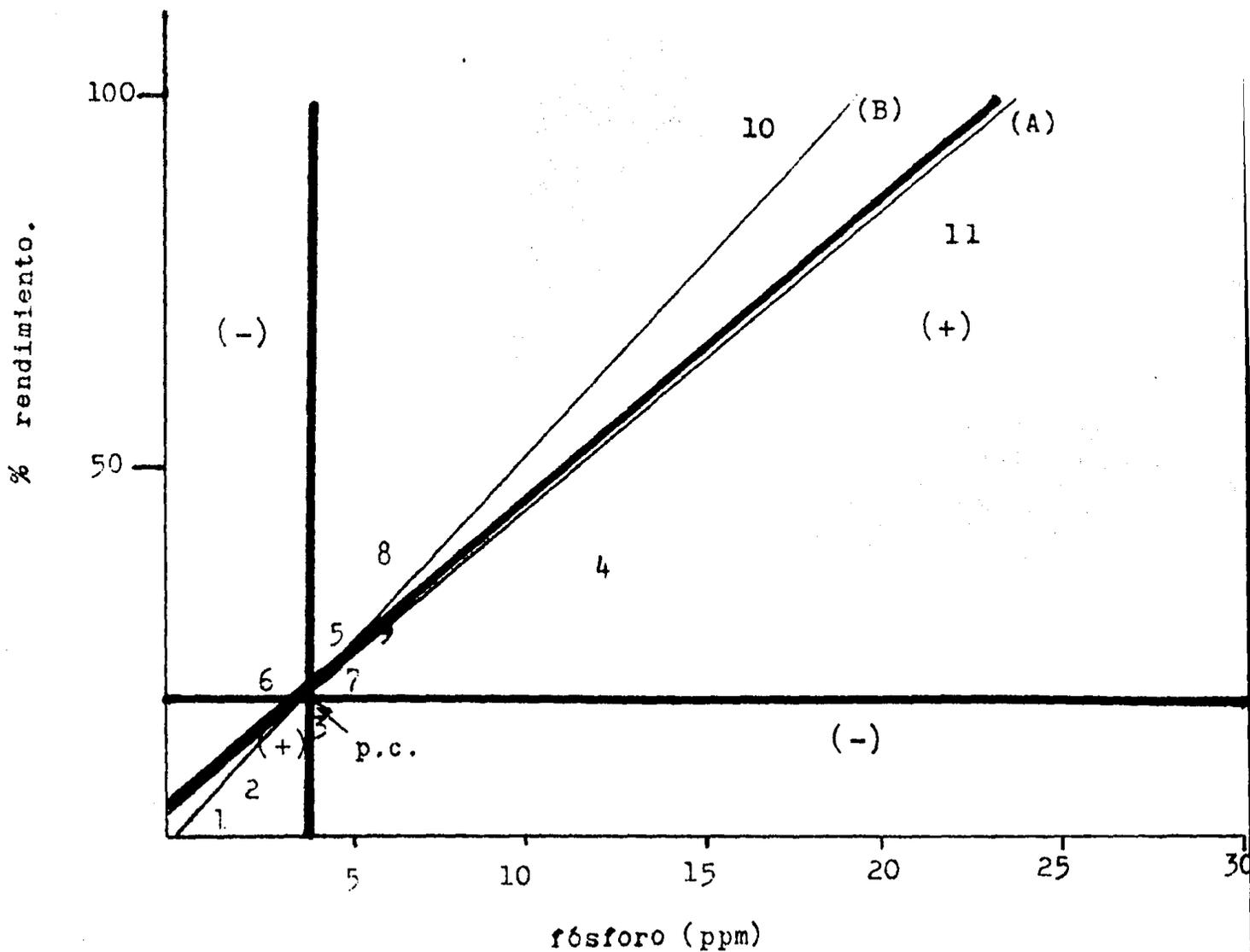
En las gráficas correspondientes a la determinación del nivel crítico para los valores de potasio podemos observar que en el método de Acetato de Amonio (Gráfica 4) el nivel crítico es de 188.00 ppm de potasio, los suelos 2,4,6,8,3,5 y 7 se determinaron como bajos y los suelos restantes 9,10, y 11 como altos, encontrándose el 100% de los suelos dentro de los cuadrantes positivos.

En el método de Bray P1 (Gráfica 5) el nivel crítico es de 55.00 ppm de potasio y observamos que 4 suelos se definen

como bajos el 1,2,3 y 8 y como altos el 5,7,10 y 11 resultando además 3 suelos fuera del cuadrante positivo el 4, 9 y 6.

Por el método de Nelson (Carolina del Norte) en la - (Gráfica 6) el nivel crítico es de 54.50 ppm de potasio, y observamos que 3 suelos el 1,2 y 3 también se definen como bajos, y los suelos 7,y 11 como altos, encontrándose los -- suelos 10,9,5,8,4 y 6 en los cuadrantes negativos.

Gráfica Relación comparativa de contenido de fósforo en
 2 los suelos vs % rendimiento y determinación del
 nivel crítico por el método de Bray Pl.



N. Suelos.

(+) cuadrante positivo.

(-) cuadrante negativo.

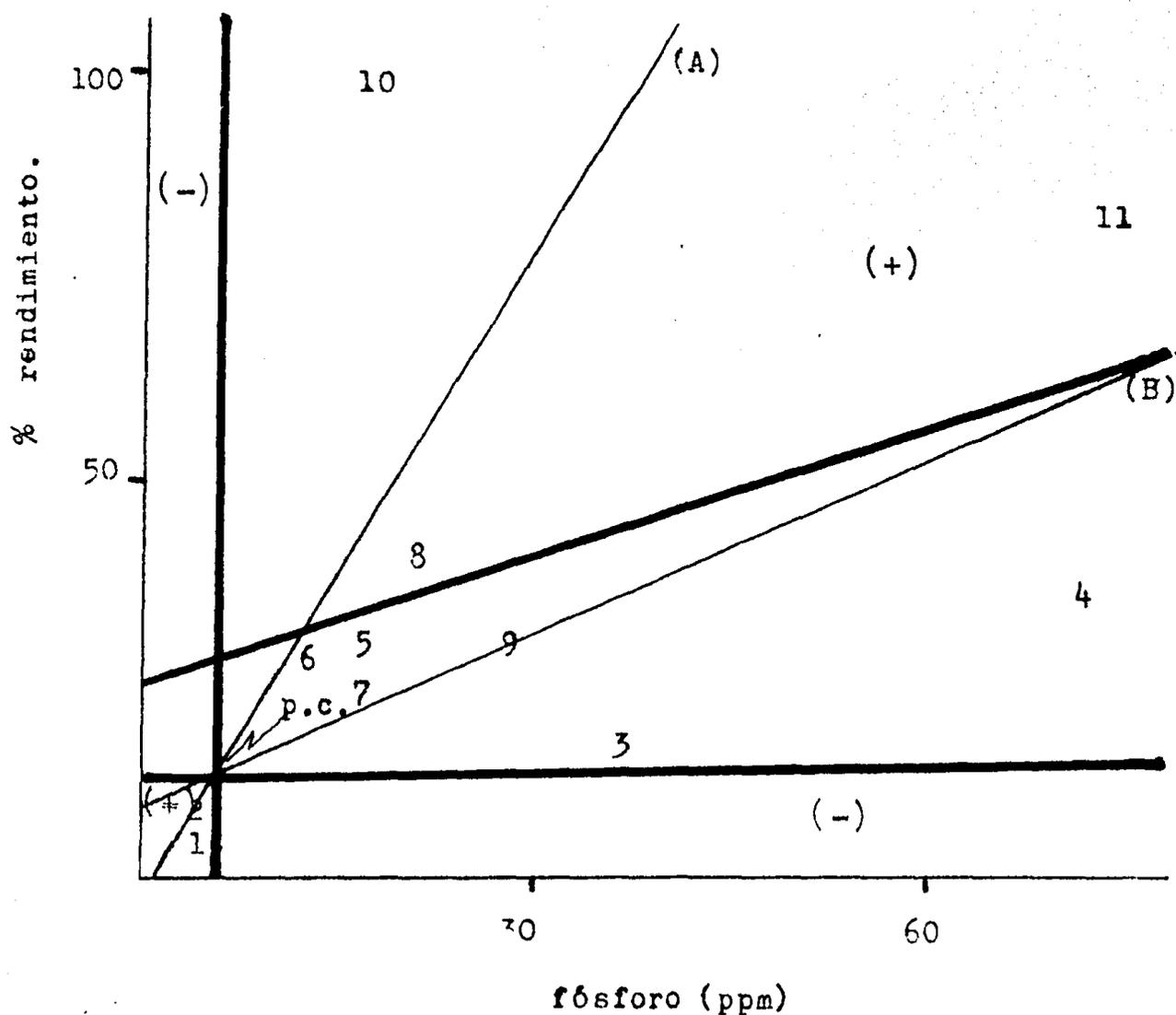
— nivel crítico.

/ recta de regresión en %R.

(A) subpoblación.

(B) subpoblación.

Gráfica Relación comparativa de contenido de fósforo en
 3 los suelos vs % rendimiento y determinación del
 nivel crítico por el método de Nelson (C.N.)



N. Suelos.

(+) cuadrante positivo.

(-) cuadrante negativo.

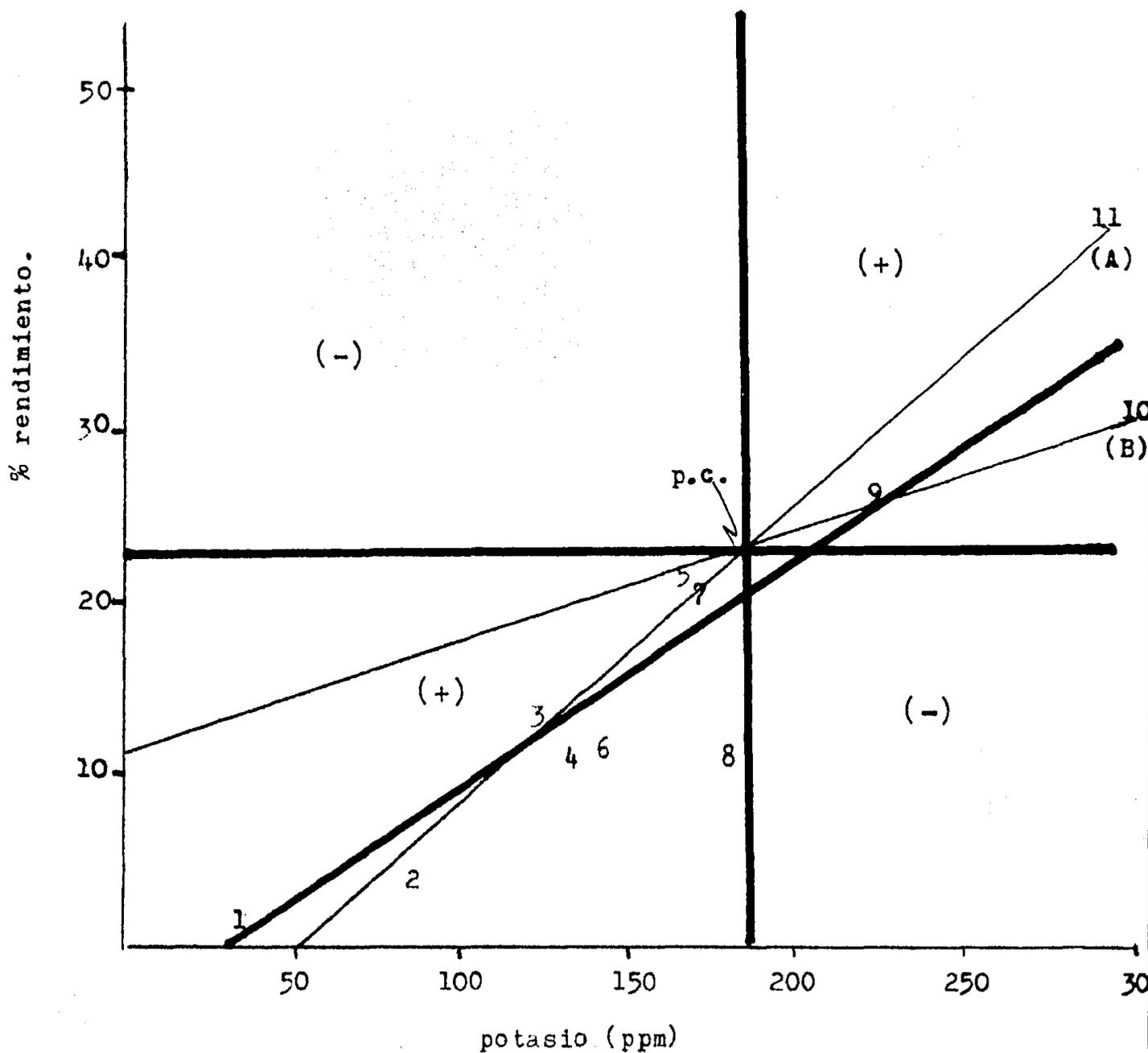
— nivel crítico.

/ recta de regresión en %R.

(A) subpoblación.

(B) subpoblación.

Gráfica Relación comparativa de contenido de potasio--
 4 en los suelos vs % rendimiento y determinación
 del nivel crítico por el método de Acetato de-
 Amonio.



N. Suelos.

(+)cuadrante positivo.

(-)cuadrante negativo.

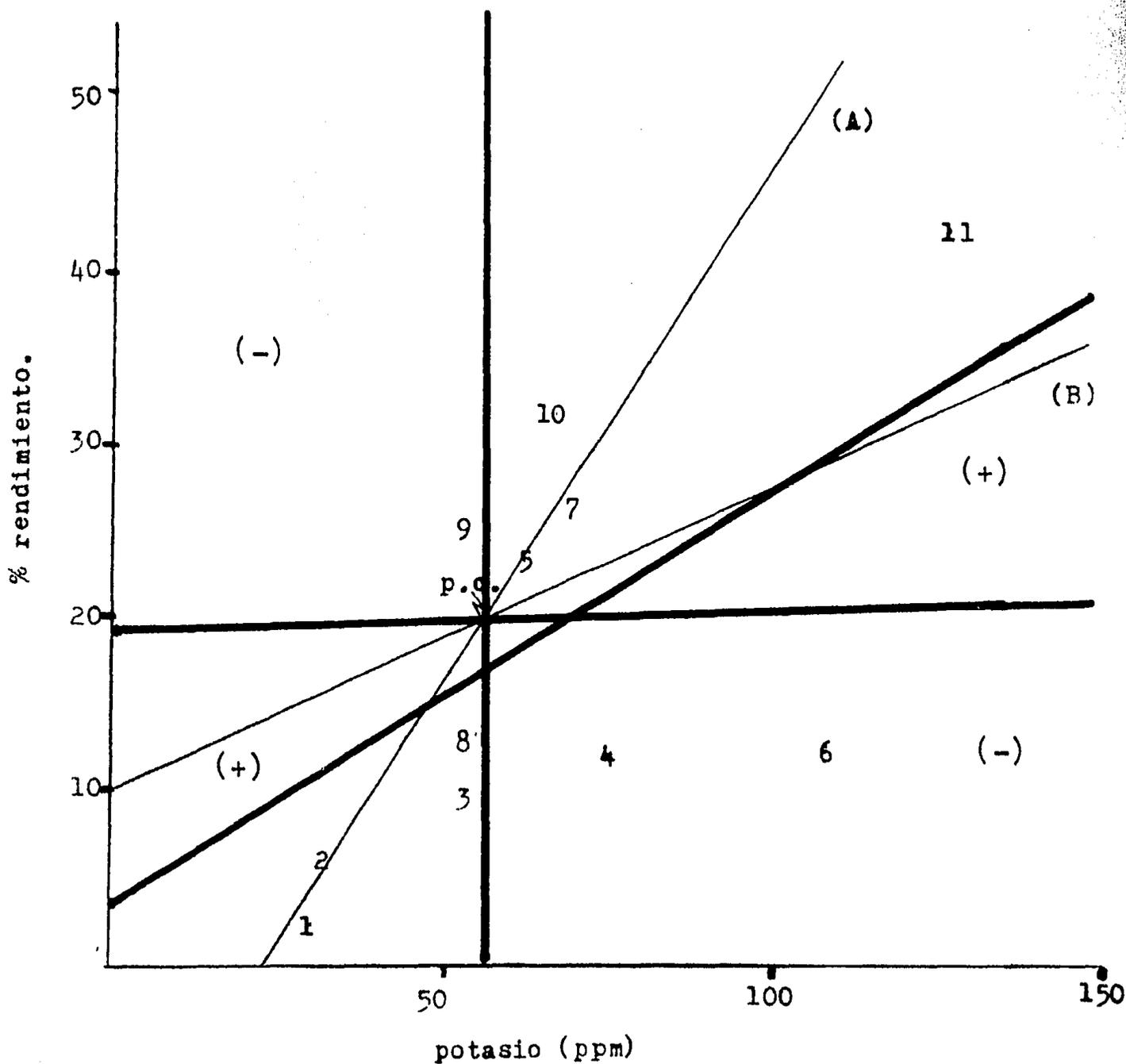
✂ nivel crítico.

/ recta de regresión en %R.

(A)subpoblación.

(B)subpoblación.

Gráfica Relación comparativa de contenido de potasio en
5 los suelos vs % rendimiento y determinación del
nivel crítico por el método de Bray Pl.



N. Suelos.

(+) cuadrante positivo.

/ recta de regresión en %R.

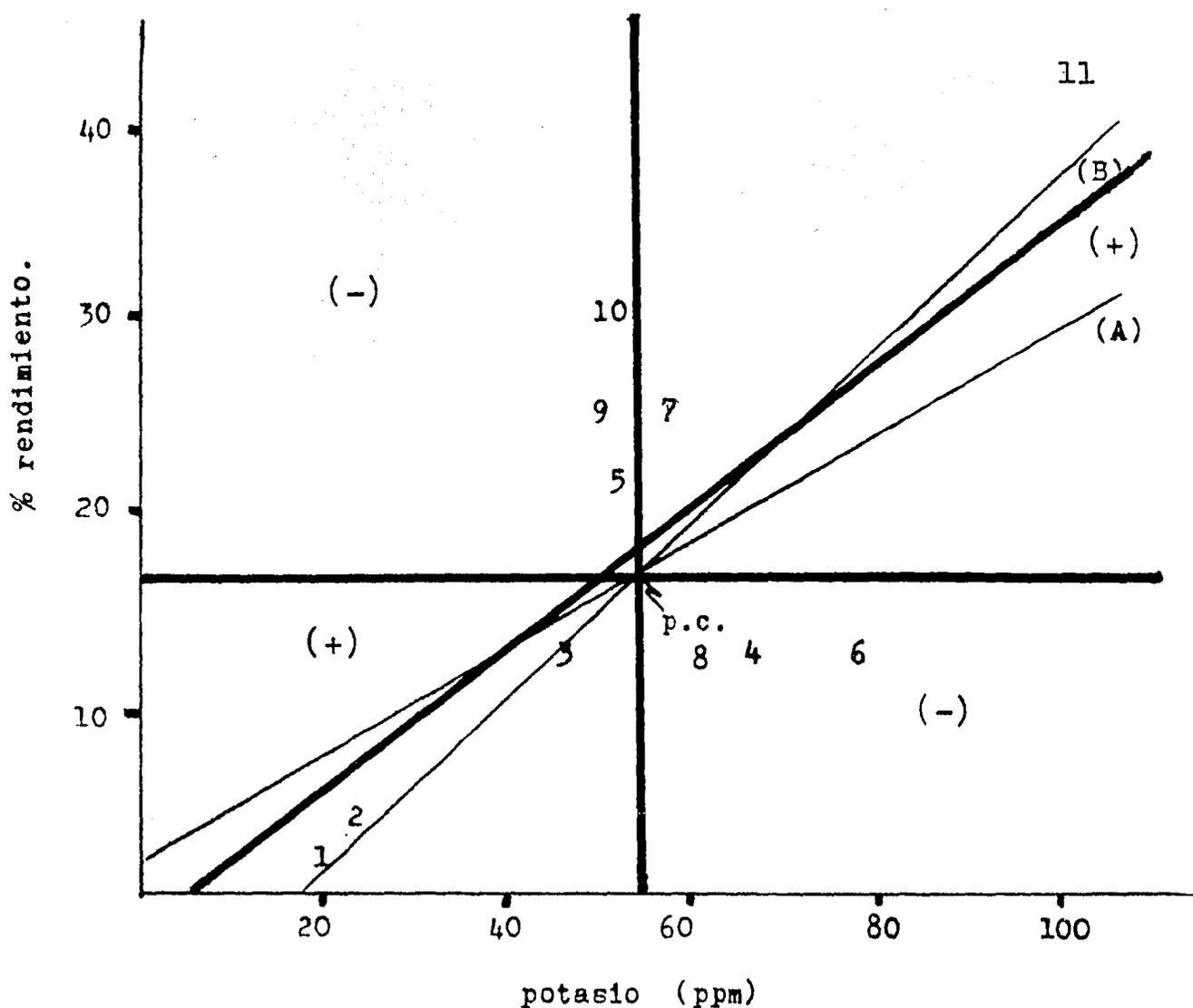
(-) cuadrante negativo.

(A) subpoblación.

✂ nivel crítico.

(B) subpoblación.

Gráfica Relación comparativa de contenido de potasio --
 6 en los suelos vs % rendimiento y determinación
 del nivel crítico por el método de Nelson (C.N.)



N. Suelos.

(+) cuadrante positivo.

(-) cuadrante negativo.

✂ nivel crítico

/ recta de regresión en %R.

(A) subpoblación.

(B) subpoblación

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.-Los resultados de las correlaciones obtenidas con los análisis de fósforo y potasio y las respuestas de las plantas bajo diferentes tratamientos no nos indican las dosis de fertilizantes que deben emplearse en la zona, pero si nos señalan el comportamiento de estos suelos a la fertilización.
- 2.-Para los análisis de fósforo disponible, se recomienda el método de extracción Bray P1 por ser éste el que obtuvo coeficientes de correlación con mayor grado de significancia, con las respuestas del cultivo a las diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de invernadero.
- 3.-Para analizar el contenido de potasio fácilmente aprovechable en los suelos de la zona se recomienda emplear el método de Acetato de Amonio 1.0 N pH 7 , por ser éste el que presenta correlaciones más significativas con la respuesta del cultivo a las diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de invernadero.
- 4.-Los ensayos efectuados en laboratorio indican que los suelos estudiados fijan fósforo, siendo necesario aplicar entre 125 y 375 Kg/Ha de fósforo para corregir el efecto de fijación en los suelos y obtener de esta manera respuesta significativa en el rendimiento de las plantas.

- 5.-Los métodos de análisis que mejor correlacionaron mediante el método matemático de Cate y Nelson, es decir los que tuvieron un 100% de valores dentro de los cuadrantes positivos fueron, para fósforo el método de Nelson (C.N.) y para potasio el método de Acetato de Amonio.
- 6.-Mediante el método de Nelson (C.N.) para la extracción de fósforo en estos suelos, el nivel crítico es de 5.62 ppm P, siendo los valores analíticos menores al nivel crítico bajos en fósforo y por lo tanto con mayor posibilidad de obtener respuesta a la fertilización con este elemento, los valores analíticos mayores que el nivel crítico, representan contenidos altos de fósforo y por lo tanto menor posibilidad de respuesta a la fertilización.
- 7.-Mediante el método de Acetato de Amonio 1.0 N pH 7 se obtuvo un valor crítico de 188.00 ppm de K, siendo los valores analíticos menores al nivel crítico bajos en potasio y por lo tanto con mayor posibilidad de obtener respuesta en la fertilización con este elemento, y los valores analíticos mayores que el nivel crítico representan contenidos altos de potasio y por lo tanto menor posibilidad de respuesta a la fertilización.

8.-Se recomienda realizar en estudios posteriores ensayos de campo directamente en las parcelas de los agricultores de la zona de Jilotepec para corroborar los datos obtenidos en este trabajo.

VIII. LITERATURA CITADA.

- 1.-ANDREW, J.R. & HAGEMAN, H.R. 1979. RELATIONS BETWEEN NITRATE UPTAKE AND ACCUMULATION OF REDUCED NITROGEN MAIZE (Zea mays L.). DEPARTAMENT OF AGRONOMY OF ILLINOIS. - ILLINOIS, USA.
- 2.-ANZASTIGA, A.P. ET AL. 1982. "CALIBRACION Y CORRELACION DE METODOS PARA LA DETERMINACION DE P DISPONIBLE EN SUELOS DEL ESTADO DE PUEBLA" .RESUMENES DEL XV CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO. MEXICO.
- 3.-BLACK, C.A. ET AL. 1965. METHODS OF SOIL ANALYSIS, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES. AGRONOMY N. 9 PART 11. AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, USA.
- 4.-CATE, R.B. & NELSON, L.A. 1970. A SIMPLE STATISTICAL PROCEDURE FOR PARTITIONING SOIL TEST CORRELATION DATA INTO TWO CLASES. SOIL SCIENCE. SOC. AM. PROC. 35, 658-670.
- 5.-CATE, R.B. & NELSON, L.A. 1971. A RAPID METHOD FOR CORRELATION OF SOIL TEST ANALYSES WITH PLANT RESPONSE DATA. TECHN. BULL N. -1, INTERN. SOIL TESTING SERIES, NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, USA.
- 6.-COLEGIO DE POSGRADUADOS. 1977. MANUAL DE CONSERVACION DEL SUELO Y DEL AGUA. CHAPINGO. MEXICO.

- 7.-COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA.1975.GUIA PARA LA INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS AGUAS Y FOLIARES PARA EL USO ADECUADO DE FERTILIZANTES QUIMICOS. SARH.MEXICO.
- 8.-HAUSER,G.F.1980.INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE SUELO-AL FORMULAR RECOMENDACIONES SOBRE FERTILIZANTES. BOLETIN DE SUELOS DE LA FAO.ROMA.
- 9.-DETENAL.1980.CCMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL Y PLANEACION, CARTA DE CLIMAS MEXICO 14 Q.V. INSTITUTO DE GEOGRAFIA.UNAM.MEXICO.
- 10.-DE LA TEJA ANGELES,C.O.1983.CORRELACION Y SELECCION DE METODOS PARA ANALIZAR FOSFORO Y POTASIO APROVECHABLES EN SUELOS DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS -- SUPERIORES CUAUTITLAN.En mineógrafo.FES-C.UNAM.MEXICO.
- 11.-DE LA TEJA ANGELES,C.O.1983.GUIA PARA LOS ANALISIS DE -- SUELOS Y SU INTERPRETACION AGRONOMICA.En mineógrafo. FES-C.UNAM.MEXICO.
- 12.-DE LA TEJA ANGELES,C.O.1983.GUIA PARA LOS ANALISIS FOLIARES Y SU INTERPRETACION AGRONOMICA.En mineógrafo.FES-C.UNAM.MEXICO.

- 13.-FERNANDEZ PAVIA, Y. L. Y VELAZQUEZ HERNANDEZ, A. 1981. CORRELACION Y CALIBRACION DE DIFERENTES METODOS DE ANALISIS QUIMICO DE FOSFORO ASIMILABLE EN SIETE SUELOS. MEMORIAS DEL XIV CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO. TOMO 1. SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. SAN LUIS POTOSI, MEXICO.
- 14.-GARCIA FERNANDEZ. 1980. FERTILIZACION AGRICOLA. 2a ed. AEDOS. ESPAÑA.
- 15.-GUANAJUATO, V. R. Y ORTEGA, T. E. 1968. ESTUDIOS DE CALIBRACION Y CORRELACION DE METODOS QUIMICOS PARA EL ANALISIS DE FOSFORO EN SUELOS DEL VALLE DEL YAQUI. AGRICULTURA TECNICA EN MEXICO. 2(9):396 - 401.
- 16.-GRIFFIN, G. F. & LORTON, R. E. 1970. PHOSPHORUS AVAILABILITY ON TWO SOILS AS DETERMINE BY SEVERAL METHODS. AGRONOMY JOURNAL 1970. 62(5):336-340.
- 17.-CHIEN, S. H. 1977. INTERPRETATION OF BRAY P1 EXTRACTABLE PHOSPHORUS FROM ACID SOIL TREATED WITH PHOSPHATE ROCKS. SOIL SCIENCE. INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER, ILLINOIS USA. 126(1):34-38.
- 18.-JACKSON, M. L. 1970. ANALISIS QUIMICO DE SUELOS, 2a ed. OMEGA ESPAÑA.

- 19.-JUGENHEIMER,W.R. 1980.MAIZ,VARIEDADES MEJORADAS,METODOS DE CULTIVO Y PRODUCCION DE SEMILLAS.LIMUSA.MEX.
- 20.-KLINGMAN,G.K.1980.ESTUDIOS DE LAS PLANTAS NOCIVAS PRINCIPIOS Y PRACTICA.LIMUSA.MEXICO.
- 21.-LAHNKE,W.C. 1971. USE OF THE NITRATE SPECIFIC ION ELECTRODE IN SOIL TESTING.SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS.2(2):73-84.
- 22.-MENGEL,K. & BUSCH,R. 1981.THE IMPORTANCE OF THE POTASSIUM BUFFER POWE ON THE CRITICAL POTASSIUM LEVEL- IN SOIL.SOIL SCIENCE,INSTITUTE OF PLANT NUTRITION,JUSTIS LIEBIG UNIVERSITY GIESSEN,WEST GERMANY GERMANY.
- 23.-MINISTERIO DE AGRICULTURA DE ESPAÑA.1974.METODOS DE DETERMINACION DE MACROELEMENTOS DEL SUELOS.PRIMER INFORME DE TECNOLOGIA AGRICOLA.UNIVERSIDAD DE BARCELONA.BARCELONA.ESPAÑA.
- 24.-PRIMO YUFERA,E. Y CARRASCO DORIEN,J.M.1973.QUIMICA AGRICOLA SUELOS Y FERTILIDAD.ALHAMBRA.BARCELONA.ESPAÑA.
- 25.-ROJAS,M.G.1981.FISIOLOGIA VEGETAL APLICADA.2a.ed.MC -- GRAW HILL.MEXICO.

- 26.-RUSSEL,E.J. & RUSSEL.E.W.1968.LAS CONDICIONES DEL SUELO Y EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.AGUILAR.MEX.
- 27.-SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS.1982.
AGENDA TECNICA AGRICOLA ZONA 1 DEL ESTADO DE MEXICO.DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS DE TEMPORAL.MEXICO.
- 28.-SOPER,R.J.1971.SOIL TESTS AS A MEAN OF PREDICTING RESPONSE OF RAPE TO ADDED N,P AND K. AGRON J.63.No. 4.564-566.
- 29.-TISDALE Y NELSON,1970.FERTILIDAD DE LOS SUELOS Y FERTILIZANTES. MONTANER Y SIMON.ESPAÑA.
- 30.-TAMHANE,R.V. Y MOTIRAMANI.D.P.1979.SUELOS SU QUIMICA Y FERTILIDAD EN ZONAS TROPICALES.DIANA.MEXICO.
- 31.-VAUGHN,E.CH & JONES,B.M. 1980.SOIL PHOSPHORUS TESTS ON-CALIFORNIA SUBILOVER-ANNUAL GRASS PASTURE.SOIL-SCIENCE.DEPARTAMENT OF AGRONOMY AND RANGE SCIENCE. UNIVERSITY OF CALIFORNIA.CALIFORNIA.USA.
- 32.-VEGA ROJAS, E.J.1979.EVALUACION DE FUENTES DE FERTILIZANTE FOSFORICO EN SUELOS CON DIFERENTE CAPACIDAD DE FIJACION DE FOSFORO.TESIS M.C. FACULTAD-DE CIENCIAS.UNAM.MEXICO.

- 33.-VILLANUEVA.O.B. 1977. FERTILIDAD DE SUELOS.UNIVERSIDAD -
AUTONOMA DE CHAPINGO.MEXICO.
- 34.-VERMA,T.S. & TRIPATHI,B.R. 1981. EVALUACION OF CHEMICAL-
METHODS FOR THE DETERMINATION ALFISOLS:1.-PHOS-
PATE AVAILABILITY.SOIL SCIENCE. DEPARTAMENT OF-
HIMACHL PRADESH AGRICULTURAL UNIVERSITY,PALAPUR
INDIA.2(6):258-264.
- 35.-WAUGH,D.L. Y FITTS,J.W.1966.ESTUDIOS DE INTERPRETACION-
DE ANALISIS DE SUELO: LABORATORIO Y MACETAS. -
BOLETIN TECNICO N.-3.CHAPINGO.MEXICO.

A N E X O S

ANEXO Número 1.

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en
fósforo mediante el extractante de Bray P1.

Suelo	Análisis de	R.C	R.R	%R	FAC	AAF
N.-	suelo (ppm P)					
1	1.35	1.08	9.70	10.04	0.12	0.60
2	2.10	1.25	9.60	13.13	0.14	0.59
6	2.45	1.33	9.53	14.57	0.15	0.59
3	4.20	1.74	9.14	21.78	0.20	0.59
5	4.30	1.77	9.12	22.20	0.20	0.56
7	4.55	1.83	9.07	23.23	0.21	0.56
8	5.60	2.07	8.84	27.55	0.24	0.54
9	5.70	2.10	8.81	27.97	0.24	0.54
4	12.00	3.57	7.44	53.93	0.42	0.45
10	16.40	4.60	6.47	72.07	0.54	0.39
11	21.50	5.80	5.36	93.09	0.69	0.38

Ecuaciones de las rectas corregidas.

Rendimiento control (R.C)	$0.23(x)+0.76$
Respuesta en rendimiento (R.R.)	$-0.21(x)+10.06$
Porcentaje en rendimiento (%R)	$4.12(x)+4.47$
Fósforo absorbido por el control(FAC)	$0.02(x)+0.08$
Absorción adicional de fósforo (AAF)	$-0.01(x)+0.60$

ANEXO Número 2.

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas)
en fósforo mediante el extractante de Nelson (C.N)

Suelo N.-	Análisis de suelo (ppm P)	R.C.	R.R.	%R	FAC	AAF
1	5.00	1.67	9.32	22.85	0.09	0.63
2	5.00	1.67	9.32	22.85	0.09	0.63
6	14.00	2.00	8.97	27.64	0.17	0.59
10	15.00	2.04	8.93	28.17	0.18	0.58
7	16.00	2.07	8.89	28.70	0.19	0.58
5	16.00	2.07	8.89	28.70	0.19	0.58
8	20.00	2.22	8.74	30.09	0.23	0.66
9	28.00	2.51	8.43	35.09	0.30	0.51
3	35.00	2.76	8.15	38.81	0.36	0.48
4	70.00	4.03	6.80	57.42	0.67	0.30
11	72.00	4.10	6.72	58.48	0.69	0.28

Ecuaciones de las rectas corregidas.

Rendimiento del control (R.C)	$0.03(x) + 1.48$
Respuesta en rendimiento (R.R.)	$-0.03(x) + 9.51$
Porcentaje de rendimiento (%R)	$0.53(x) + 20.19$
Fósforo absorbido por el control (FAC)	$0.00(x) + 0.04$
Absorción adicional de fósforo (AAF)	$-0.00(x) + 0.61$

ANEXO Número 3

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas)
en potasio mediante el extractante de Acetato de Amonio.

Suelo Análisis de

N.-	suelo (ppm K)	R.C	R.R.	%R.	KAC	AAK
1	37.00	0.30	11.32	1.03	0.21	0.63
2	85.00	0.78	9.47	7.53	0.24	0.54
3	125.00	1.19	7.92	12.95	0.27	0.47
4	137.00	1.31	7.46	14.58	0.28	0.45
6	140.00	1.34	7.35	14.98	0.28	0.44
5	160.00	1.54	6.57	17.69	0.30	0.41
7	162.00	1.56	6.50	17.96	0.30	0.40
8	187.00	1.81	5.53	21.35	0.32	0.36
11	290.00	2.85	1.56	35.31	0.40	0.17
9	220.00	2.15	4.26	25.82	0.34	0.29
10	300.00	2.95	1.17	36.66	0.40	0.15

Ecuaciones de las rectas corregidas.

Rendimiento del control (R.C)	$0.01(x) - 0.06$
Respuesta en rendimiento (R.R)	$-0.03(x) + 12.75$
Porcentaje de rendimiento (%R)	$0.13(x) - 3.98$
Potasio absorbido por el control (KAC)	$0.00(x) + 0.18$
Absorción adicional de potasio (AAK)	$-0.00(x) + 0.70$

ANEXO Número 4.

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas)
en potasio mediante extractante de Bray Pl.

Suelo	Análisis de					
N.-	suelo (ppm K)	R.C.	R.R.	%R	KAC	AAK
1	27.00	1.21	7.95	8.93	0.25	0.49
2	28.00	1.22	7.91	9.20	0.25	0.49
3	51.00	1.47	6.87	15.28	0.28	0.43
8	51.00	1.47	6.87	15.28	0.32	0.37
9	51.00	1.47	6.87	15.28	0.30	0.40
5	59.00	1.56	6.51	11.39	0.37	0.28
10	66.00	1.64	6.19	19.24	0.31	0.38
7	68.00	1.66	6.10	19.77	0.28	0.43
4	73.00	1.72	5.88	21.09	0.28	0.43
6	105.00	2.07	4.43	29.55	0.31	0.39
11	125.00	2.29	3.53	34.84	0.40	0.23

Ecuaciones de las rectas corregidas.

Rendimiento del control (R.C)	$0.01(x)+0.92$
Respuesta en rendimiento (R.R)	$-0.04(x)+9.17$
Porcentaje de rendimiento (%.R)	$0.26(x)+1.80$
Potasio absorbido por el control (KAC)	$0.00(x)+0.15$
Absorción adicional de potasio (AAK)	$-0.00(x)+0.56$

ANEXO Número 5.

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas)
en potasio mediante el extractante de Nelson(C.N)

Suelo Análisis de						
N.-	suelo (ppm K)	R.C.	R.R.	%R	KAC	AAK
1	20.00	0.99	8.96	5.86	0.22	0.54
2	24.00	1.06	8.66	7.30	0.23	0.53
3	48.00	1.48	6.85	15.98	0.29	0.42
9	50.00	1.52	6.70	16.71	0.33	0.35
10	52.00	1.55	6.55	17.43	0.30	0.39
5	56.00	1.62	6.24	18.88	0.35	0.30
7	57.00	1.64	6.17	19.24	0.31	0.39
8	61.00	1.71	5.87	20.69	0.32	0.37
4	66.00	1.80	5.50	22.50	0.29	0.42
6	77.00	2.00	4.67	26.47	0.30	0.41
11	100.00	2.40	2.94	34.79	0.40	0.20

Ecuaciones de las rectas corregidas.

Rendimiento del control (R.C.)	$0.01(x) + 0.70$
Respuesta en rendimiento (R.R.)	$-0.07(x) + 9.46$
Porcentaje de rendimiento (%R)	$0.36(x) - 1.37$
Potasio absorbido por el control (KAC)	$0.00(x) + 0.18$
Absorción adicional de potasio (AAK)	$-0.00(x) + 0.63$

ANEXO Número 6.

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas) en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel crítico de fósforo por el método de Bray P1.

Recta A.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento (Y corregida)	
N.	(ppm P)		
4	12.00	36.84	52.96
10	16.40	96.31	71.26
11	21.50	81.96	92.49
9	5.70	28.33	26.72

Recta B.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento (Y corregida)	
N.	(ppm P)		
1	1.35	3.35	6.21
2	2.10	9.70	10.80
3	4.20	15.18	23.64
5	4.30	26.08	24.25
6	2.45	22.35	12.94
7	4.55	21.90	25.78
8	5.60	37.31	32.20

Ecuaciones de las rectas

Nivel de(r)

Recta A: $4.16(x)+2.99$

0.83

Recta B: $6.11(x)-2.03$

0.84

ANEXO Número 7.

Valores para las rectas de regresión (Y corregida)
en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel
crítico de fósforo por el método de Nelson (C,N).

Recta A.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento	(Y corregida)
N.	(ppm P)		
1	5.0	3.35	7.74
2	5.0	9.70	7.74
6	14.00	22.35	37.05
5	16.00	26.08	43.56
10	15.00	96.61	40.30
7	16.00	21.90	43.56

Recta B.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento	(Y corregida)
N.	(ppm)		
3	35.00	15.18	33.30
4	70.00	36.84	56.47
8	20.00	37.31	23.37
9	28.00	28.33	28.66
11	72.00	81.96	57.79

Ecuaciones de las rectas

Niveles (r)

Recta A: $3.25(x) - 8.53$

0.51

Recta B: $0.66(x) + 10.13$

0.64

ANEXO Número 8.

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas)
en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel
crítico de potasio por el método de Acetato de Amonio

Recta A.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento	(Y corregida)
N.	(ppm K)		
1	37.00	2.67	-1.32
2	85.00	4.38	6.41
3	125.00	13.31	12.87
4	137.00	12.79	14.80
6	140.00	12.91	15.29
11	290.00	41.50	39.49

Recta B.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento	(Y corregida)
N.-	(ppm K)		
5	160.00	22.66	20.38
7	162.00	25.47	20.52
8	187.00	12.91	22.32
9	220.00	25.47	24.68
10	300.00	31.84	30.43

Ecuaciones de las rectas

Nivel (r)

Recta A: $0.16(x) - 7.29$

0.98

Recta B: $0.07(x) + 8.90$

0.60

ANEXO Número 9.

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas)
en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel
crítico de potasio por el método de Bray Pl.

Recta A.

Suelo	Análisis de suelo	% Rendimiento (Y corregida)	
N.	(ppm K)		
1	27.00	2.67	3.13
2	28.00	4.38	3.79
3	51.00	13.31	17.44
5	59.00	22.66	22.20
8	51.00	12.91	17.44
9	51.00	25.47	17.44

Recta B.

Suelo	Análisis de suelo	% Rendimiento (Y corregida)	
N.-	(ppm K)		
4	73.00	12.79	22.67
6	105.00	12.91	27.62
7	68.00	25.47	21.89
10	66.00	31.84	21.59
11	125.00	41.50	30.72

Ecuaciones de las rectas.

Recta A: $0.59(x) - 12.95$

Nivel (r) 0.87

Recta B: $0.15(x) + 11.37$

Nivel (r) 0.32

ANEXO Número 10

Valores para las rectas de regresión (Y corregidas)
en las subpoblaciones A y B para calcular el nivel
crítico de potasio por el método de Nelson (C.N.)

Recta A.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento (Y corregida)	
N.	(ppm K)		
1	20.00	2.67	7.80
2	24.00	4.38	8.96
3	48.00	13.31	15.91
9	50.00	25.47	16.49
10	52.00	31.84	17.00
6	77.00	12.91	24.31

Recta B.

Suelo	Análisis de suelo	%Rendimiento (Y corregida)	
N.	(ppm K)		
4	66.00	12.79	22.08
5	56.00	22.66	17.16
7	57.00	25.47	17.65
8	61.00	12.91	19.62
11	100.00	41.50	38.80

Ecuaciones de las rectas

Nivel (r)

Recta A: $0.28(x) + 2.01$

0.52

Recta B: $0.49(x) - 10.37$

0.76

ANEXO Número 11.

FACTORES DE CONVERSION UTILIZADOS

1.- Para convertir los óxidos en elementos.

multiplique el valor de P_2O_5 x 0.4364.

multiplique el valor de K_2O x 0.8302.

2.- Para convertir los elementos en óxidos.

multiplique el valor de P x 2.2914.

multiplique el valor de K x 1.2046.

(Villanueva, 1977.)

3.- Conversión de ppm a Kg/Ha.

Ejemplo.

Convertir 10 ppm a Kg/Ha.

1.- 1 ppm es igual a 1 mg/Kg.

2.- 10ppm es igual a 10 mg/Kg.

3.- 1/Ha es igual a 2.5×10^6 Kg (considerando una densidad aparente de 1.25g/cm^3 y una profundidad de 20 cms).

4.- 2.5×10^6 (10) es igual a 25000000 mg/Ha.

5.- 25000000/1000 es igual a 25000 g/Ha.

6.- 25000/1000 es igual a 25 Kg/Ha.

Resultado. 10ppm = 25 Kg/Ha.