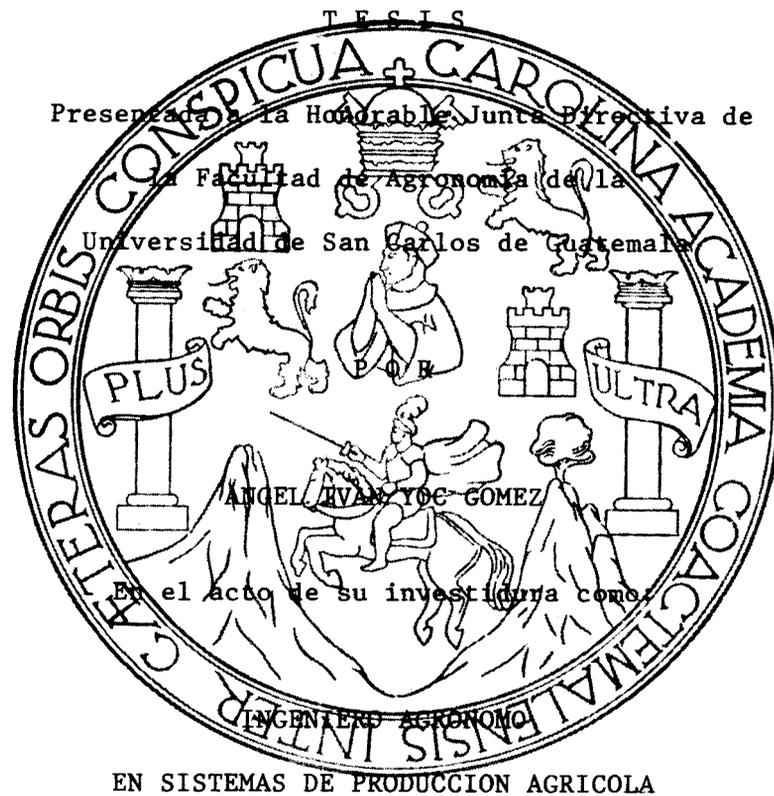


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

DETERMINACION DEL RANGO Y NIVEL CRITICO DE FOSFORO CON DOS
METODOLOGIAS DE EXTRACCION, Y POTASIO CON TRES METODOLOGIAS DE
EXTRACCION EN LA SERIE DE SUELOS SUCHITEPEQUEZ.



En el grado Académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, MAYO DE 1, 989.



DL

01

T(1185)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Mario Melgar
VOCAL CUARTO	Er. Marco Antonio Hidalgo
VOCAL QUINTO	P.A. Byron Milián
SECRETARIO	Ing. Arg. Rolando Lara Alecio



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

11 de mayo de 1989

Ingeniero Agrónomo
Aníbal Martínez
Decano Fac. de Agronomía

Señor Decano:

Tengo el honor de dirigirme a usted para hacer de su conocimiento que, atendiendo la designación que se me hiciera he procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante ANGEL IVAN YOC GOMEZ, carnet No. 81-10065, titulado: "DETERMINACION DEL RANGO Y NIVEL CRITICO DE FOSFORO CON DOS METODOLOGIAS DE EXTRACCION, Y POTASIO CON TRES METODOLOGIAS DE EXTRACCION EN LA SERIE DE SUELOS SUCHITEPEQUEZ".

Considero que el presente trabajo reúne todos los requisitos exigidos para su aprobación, por lo que me complace comunicárselo para los efectos consiguientes.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. M.Sc. José Jesús Chonay P.
ASESOR

Guatemala,
Mayo de 1989.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"DETERMINACION DEL RANGO Y NIVEL CRITICO DE FOSFORO CON DOS METODOLOGIAS DE EXTRACCION, Y POTASIO CON TRES METODOLOGIAS DE EXTRACCION EN LA SERIE DE SUELOS SUCHITEPEQUEZ".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Ángel Iván Yoc Gómez

DEDICO ESTE ACTO

A DIOS TODO PODEROSO

A MIS PADRES

Reyes Fernando Yoc Ramos
Edna A. Gómez de León

A MIS HERMANOS

Dr. Juan Manuel (Q.E.P.D.)
Ing. Agr. Edgar Fernando
Ing. Quim. Roberto Antonio
P.Mec.Automotriz José Leonel
S.Bilg. Edna Fabiola
Bach. C.C. Berta Dolores

A MIS ABUELOS

Prof. Rosalio A. Gómez (Q.E.P.D.)
Berta de León Barrios (Q.E.P.D.)
Marcelino Yoc y Yoc
Rafaela Ramos Romero

A MI ESPOSA

Profa. Norma J. Joaquín López

A MIS CUNADAS

A MIS SOBRINOS

A MIS TIOS

A MIS PRIMOS

TESIS QUE DEDICO

- A La Aldea Chanchicupé, Tajumulco San Marcos.
- A San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.
- A La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- A Los Agricultores de nuestra Patria.

RECONOCIMIENTO

- Al Ing. Agr. José Jesús Chonay P.
Por su orientación y asesoría durante
la realización del presente trabajo
de tesis.
- Al Ing. Agr. Salvador Castillo Orellana
Por su asesoría, revisión y observacio-
nes planteadas para el presente estudio.
- Al Personal Técnico de Laboratorio de sue-
los, de ANACAFE por su valiosa colaboraci
ción.

I N D I C E

CONTENIDO

PAGINA

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE APENDICE

RESUMEN	ic
I. INTRODUCCION	1
II. HIPOTESIS	3
III. OBJETIVOS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
A. Disponibilidad de fósforo en el suelo.	4
B. Disponibilidad del potasio en el suelo.	4
C. Comportamiento del fósforo y potasio en los suelos de origen volcánico.	5
D. Proceso de fijación en el suelo.	6
E. Metodologías de extracción.	7
F. Nivel Crítico	10
G. Método gráfico de Cate y Nelson para determinar el nivel crítico	13
V. MATERIALES Y METODOS	14
A. Ubicación del área experimental.	14
B. Características del material experimental.	14
C. Muestreo de suelos.	16
D. Selección de los puntos de muestreo.	16
E. Características físicas y químicas.	16
1. Análisis físico.	17
2. Análisis químico	17
F. Determinación de fósforo y potasio.	17
G. Sorción de fósforo y potasio en los sitios de muestreo	18

CONTENIDO**PAGINA**

H.	Niveles de fósforo y potasio a evaluar.	19
I.	Planta indicadora.	19
J.	VARIABLES de respuesta a medir.	21
K.	Metodología experimental.	21
L.	Análisis de datos.	22
M.	Manejo de experimento.	23
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION.	26
A.	Características físicas y químicas de la serie de suelos Suchitepéquez.	25
B.	Rendimiento de biomasa expresado en materia seca para cada nivel evaluado en cada sitio de muestreo.	29
C.	Rendimiento de biomasa por efecto de fósforo y potasio.	30
D.	Fósforo extraído con cada solución extractora.	35
E.	Rango y nivel de concentración crítica de fósforo.	37
F.	Correlaciones de fósforo.	39
	1. Correlación entre el fósforo extraído con las soluciones de extracción y el rendimiento relativo.	39
	2. Correlación entre el fósforo nativo extraído con las soluciones de extracción y el contenido de macronutrientes en la plántula.	39
	3. Correlación entre el fósforo adicionado y el contenido de macronutrientes en la plántula.	40
	4. Correlación entre el fósforo extraído con la metodología Carolina del Norte y fósforo extraído por Bray-2 para la serie de suelos Suchitepéquez.	41
G.	Potasio extraído con cada solución extractora.	42
H.	Rango y nivel de concentración crítica de potasio.	44
I.	Correlaciones de potasio.	46

CONTENIDO**PAGINA**

1. Correlación entre el potasio extraído con las soluciones de extracción y el rendimiento relativo.	46
2. Correlación entre el potasio nativo extraído con las soluciones de extracción y el contenido de macronutrientes en la plántula.	47
3. Correlación entre el potasio adicionado y el contenido de macronutrientes en la plántula.	48
4. Correlación entre las cantidades de potasio extraído con las metodologías extractoras Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio para la serie de suelos Suchitepéquez.	49
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. RECOMENDACIONES.	53
IX. APENDICE	54
X. BIBLIOGRAFIA	57

INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO</u>	<u>PAGINA</u>
1. Metodologías de análisis de fósforo y potasio.	8
2. Coeficientes de correlación entre el rendimiento relativo y el fósforo y potasio extraído para diferentes series de suelos de Guatemala.	9
3. Niveles y rangos críticos para fósforo y potasio, encontrados en algunas series de suelos de Guatemala.	12
4. Tratamientos del estudio de sorción de fósforo y potasio en la serie de suelos Suchitepéquez, para determinar las curvas de fijación.	19
5. Ubicación, uso actual y nivel de fósforo y potasio evaluados para cada sitio de muestreo, en la serie de suelos Suchitepéquez.	20
6. Cantidad de elementos compuestos utilizados en solución para los tratamientos.	24
7. Niveles críticos para nitrógeno y micronutrientes.	25
8. Características físicas y químicas de la serie Suchitepéquez.	27
9. Características físicas y químicas de la serie Suchitepéquez.	28
10. Análisis de varianza del rendimiento de biomasa para la serie Suchitepéquez.	29
11. Análisis de Efectos Factoriales Medios de rendimiento de biomasa, para la serie de suelos Suchitepéquez.	33
12. Rendimiento promedio de biomasa en g/maceta para los tratamientos con niveles de fósforo y potasio, y comparación de medias múltiples, para la serie Suchitepéquez.	34

13. Análisis de las metodologías de extracción de fósforo, para la serie Suchitepéquez. 35
14. Fósforo extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo, en la serie de suelos Suchitepéquez. 36
15. Rango de concentración crítica de fósforo para la serie Suchitepéquez, según cada metodología de extracción. 37
16. Coeficiente de correlación entre las metodologías de extracción y el rendimiento relativo, en la serie de suelos Suchitepéquez. 39
17. Coeficiente de correlación entre fósforo nativo y macronutrientes en plántula, en la serie de suelos Suchitepéquez. 40
18. Coeficiente de correlación entre el fósforo adicionado y los macronutrientes en plántula, en la serie Suchitepéquez. 41
19. Coeficiente de correlación entre el fósforo extraído con Carolina del Norte y con Bray-2, para la serie de suelos Suchitepéquez. 42
20. Potasio extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo en la serie de suelos Suchitepéquez. 43
21. Análisis de varianza de las metodologías de extracción de potasio, en la serie de suelos Suchitepéquez. 44
22. Rango de concentración crítica de potasio para la serie de suelos Suchitepéquez, según cada metodología de extracción. 45

CUADRO

PAGINA

23.	Coeficiente de correlación entre las metodologías de extracción de potasio y el rendimiento relativo, en la serie de suelos Suchitepéquez.	47
24.	Coeficiente de correlación entre el potasio nativo y los macronutrientes en plántula, en la serie de suelos Suchitepéquez.	48
25.	Coeficiente de correlación entre el potasio adicionado y los macronutrientes en plántula, en la serie de suelos Suchitepéquez.	49
26.	Coeficiente de correlación entre las cantidades de potasio extraído con las metodologías de extracción Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio, para la serie de suelos Suchitepéquez.	50

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
1. Nivel crítico de fósforo con la solución extractora de Carolina del Norte, en la serie de suelos Cauqué.	13
2. Ubicación de la serie de suelos Suchitepéquez.	15
3. Nivel crítico de fósforo con las soluciones extractoras de Carolina del Norte y Bray-2 en la serie de suelos Suchitepéquez.	38
4. Nivel crítico de potasio con las soluciones extractoras de Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio, en la serie de suelos Suchitepéquez.	46

INDICE DE APENDICE

APENDICE

PAGINA

1. Curvas típicas de sorción de fósforo, observadas en la serie de suelos Suchitepéquez. 55
2. Curvas típicas de sorción de potasio, observadas en la serie de suelos Suchitepéquez. 56

DETERMINACION DEL RANGO Y NIVEL CRITICO DE FOSFORO CON DOS METODOLOGIAS DE EXTRACCION, Y POTASIO CON TRES METODOLOGIAS DE EXTRACCION EN LA SERIE DE SUELOS SUCHITEPEQUEZ.

DETERMINATION OF RANK AND CRITICAL LEVEL OF PHOSPHORUS WITH TWO EXTRACTION METHODOLOGIES, AND POTASSIUM WITH THREE EXTRACTION METHODOLOGIES IN THE SERIES OF SOILS SUCHITEPEQUEZ.

RESUMEN.

El propósito principal de la presente investigación es determinar el nivel y rango crítico de concentración de fósforo y potasio, mediante el uso de las soluciones extractoras de Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio. Así también seleccionar la solución para el análisis de fósforo y potasio que mejor correlacione el rendimiento relativo, para la serie de suelos Suchitepéquez.

La metodología consistió en recolectar 30 muestras compuestas diferentes de suelo, en base a la distribución de la serie, en el territorio de la República de Guatemala.

Los niveles de fósforo y potasio evaluados en invernadero se establecieron con las curvas de fijación, como planta indicadora sorgo (Sorghum bicolor), las unidades experimentales consistieron en vasos plásticos de 500 cc de capacidad y 300 gramos de suelo.

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, con diseño de tratamientos 2^2 , para su análisis con estructura jerárquica 4×30 con 120 tratamientos y cuatro repeticiones para analizar las variables respuesta.

Los rangos y niveles críticos establecidos para fósforo son los siguientes: Con la solución Carolina del Norte es de 6 a 10 ppm y el

nivel de 7 ppm. Para Bray-2 el rango es de 12 a 22 ppm y el nivel de 15 ppm.

Los rangos y niveles para potasio son: Con Carolina del Norte de 80 a 95 ppm y el nivel de 88 ppm. Para Bray-2 de 120 a 130 ppm y el nivel de 125 ppm, y con Acetato de Amonio de 130 a 165 ppm y el nivel de 150 ppm.

En base a los coeficientes de correlación entre el rendimiento relativo y la cantidad de fósforo y potasio extraído con cada metodología de extracción en la serie de suelos Suchitepéquez, se concluye que se puede usar cualquiera de las metodologías evaluadas, siempre y cuando se ajusten los niveles y rangos establecidos en este estudio.

Se recomienda calibrar el valor del nivel y rango de concentración crítica de fósforo y potasio para la serie de suelos Suchitepéquez, en condiciones de campo y con diferentes cultivos.

I. INTRODUCCION

Para obtener una producción en los cultivos es necesario hacer una evaluación de la fertilidad del suelo, ya que ésta puede ser un factor limitante. Esto se puede lograr mediante el análisis químico de muestras compuestas de suelo, planta, pruebas de campo e invernadero. Lo anterior es básico e importante para recomendar fertilizantes.

Bray mencionado por Sánchez (21), considera que una metodología de extracción es adecuada si llena los siguientes requisitos: 1) Extraer todas las formas disponibles o una parte proporcional del nutrimento, en suelos con propiedades diferentes. 2) El procedimiento debe ser rápido y preciso. 3) Las cantidades extraídas deben correlacionar con el rendimiento y respuesta de cada cultivo bajo diversas condiciones.

Entre las soluciones que se utilizan para extraer nutrimentos del suelo se citan las siguientes: Carolina del Norte, Bray-1 y 2, Olsen Modificado, Acido Nítrico, Acetato de Amonio, EDTA y otras.

Actualmente, en Guatemala las recomendaciones sobre la aplicación de fertilizantes fosfatados y potásicos, se basa en niveles críticos establecidos en áreas dispersas usando la solución de Carolina del Norte.

Lo anteriormente expuesto hace evidente la necesidad de seleccionar una solución extractora para fósforo y potasio bajo diferentes condiciones de suelo y manejo, que sea confiable para el análisis de suelo en la serie Suchitepéquez, y así establecer

correlaciones entre el elemento químico extraído y el rendimiento relativo.

El propósito del presente estudio es determinar el nivel y rango crítico para fósforo y potasio. Así también, seleccionar la metodología que mejor correlaciones con el rendimiento relativo en la serie de suelos Suchitepéquez.

II. HIPOTESIS.

- A. El nivel y rango crítico de fósforo y potasio, es diferente para cada solución de extracción en la serie de suelos Suchitepéquez.
- B. Al menos una metodología de extracción es efectiva para el análisis de fósforo y potasio en la serie de suelos Suchitepéquez.

III. OBJETIVOS.

- A. Determinar el nivel y rango crítico de concentración de fósforo y potasio para la serie de suelos Suchitepéquez, mediante el uso de las soluciones extractoras de Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio.
- B. Seleccionar la solución de extracción para el análisis de fósforo y potasio que mejor correlacione con el rendimiento relativo, para la serie de suelos Suchitepéquez.

IV. REVISION DE LITERATURA.

A. Disponibilidad de fósforo en el suelo.

El fósforo es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En el tejido vegetal la concentración varia de 0.2 a 0.8 por ciento en base a peso, y en el suelo la cantidad de fósforo es baja, oscila en un rango de 1 ppm.

Las formas ionicas disponibles para la planta son: H_2PO_4^- , $\text{HPO}_4^{=}$ y $\text{HPO}_4^{=}$. Estos iones pueden formar compuestos insolubles dependiendo del pH del suelo, por ejemplo: en suelos alcalinos dominan los fosfatos de calcio y en suelos ácidos los fosfatos de hierro y aluminio (17, 18, 23).

Para diferentes tipos de suelos, el aporte de la fracción orgánica del fósforo es como sigue: suelos altamente meteorizados, hasta un 80 por ciento del total; Andosoles 90 por ciento; Vertisoles dos tercios del total y en suelos de reciente formación comunemente proporciones variables (2).

El fósforo que se elimina al retirar la cosecha, está usualmente entre 4 a 20 kg/ha, es obvio que si el fósforo en el suelo fuera continuamente reemplazado, el cultivo no tendría suficiente para crecer hasta la madurez (23).

B. Disponibilidad del potasio en el suelo.

El potasio es un elemento requerido en mayores cantidades por las plantas. Se distinguen las siguientes formas de potasio en el suelo: potasio no aprovechable, el cual constituye un 99 por ciento del potasio presente encontrándose en la estructura de minerales primarios y secundarios, como feldespatos (Ortoclasa y Microclinas) y formas de mica. Potasio lentamente aprovechable, fijado en los espacios intermicelares de arcilla tipo 2:1 como Illita, Vermiculita y Montmorillonita. Potasio fácilmente aprovechable, presente de 1 a 2 por ciento en el suelo y potasio hidrosoluble e intercambiable que puede ser absorbido por las plantas (10, 19).

A medida que el potasio intercambiable de los suelos es eliminado por lixiviación o por las cosechas, parte del potasio de "reserva" presente en feldespatos y micas, se vuelve intercambiable (13).

C. Comportamiento del fósforo y potasio en los suelos de origen volcánico.

En estudios realizados en suelos de América Central el fosfato de calcio y fosfato ocluido son formas predominantes, aunque la presencia del aluminio es significativa comprobándose por las interacciones que realizan los minerales arcillosos amorfos como la alófana (11).

En suelos de la vertiente del Pacífico de Centro América, la

Ilita, Vermiculita y Montmorillonita que se encuentran frecuentemente en Vertisoles y Alfisoles, la fijación de potasio es moderada (2).

Para Guatemala un estudio preliminar sobre el contenido de fósforo y potasio disponible en los suelos de la República, de un total de 80,746 muestras el 55.7 por ciento reportaron deficiencia de fósforo y el 14.5 por ciento de potasio. Lo anterior muestra la necesidad de aplicar fósforo, el potasio presente es atribuido al origen volcánico de estos suelos (3).

En Guatemala el potasio está bien abastecido naturalmente, sin embargo se puede extraer por intensidad de cultivo, precipitación pluvial, fijación, erosión y tipo de arcilla. Así mismo se han detectado zonas donde hay respuesta a este nutriente, cuando se adiciona como fertilizante (9, 10).

D. Proceso de fijación en el suelo.

La fijación es un proceso que sufren las formas solubles y disponibles de un nutriente, las que son convertidas en formas insolubles y no disponibles en el suelo para la planta (17).

Los factores que afectan la disponibilidad del fósforo en los suelos son: pH, tipo de arcilla, humedad, presencia de elementos químicos sinérgicos y antagónicos, humus y actividad microbiana.

La fijación del fósforo es mayor en arcillas Montmorilloníticas que en Caolíníticas. En suelos ácidos esta fijación es asociada a las altas cantidades de óxidos de hierro y aluminio, y en suelos calcareos el carbonato de calcio (10,17,21).

La concentración de iones fosfatos en las soluciones, está íntimamente relacionada al pH del medio, el ion H_2PO_4^- se favorece en un medio ácido: en tanto que el anion $\text{HPO}_4^{=}$ por encima del pH 7. Como regla general la máxima disponibilidad del fósforo para la mayoría de los cultivos ocurre a un pH de 5.5 a 7 (23).

La disponibilidad del potasio en el suelo está afectada por su composición mineral, textura, pH, humedad, iones interferentes, competencia específica y antagónica. La fijación de potasio es atribuida al atrapamiento de los iones entre las unidades básicas de los minerales de arcilla (10, 17).

E. Metodologías de extracción.

En el Cuadro 1, se muestran algunas soluciones extractoras para fósforo y potasio del suelo.

La solución de Carolina del Norte es ampliamente usada para suelos con un pH debajo de 6.5 y la solución Olsen para suelos con un amplio rango de pH desde ácido hasta alcalino (6).

Cuadro 1. Metodologías de análisis de fósforo y potasio.

Método	Solución extractora			Relación Suelo : Solución		
Carolina del						
Norte *	H ₂ SO ₄	0.025N	+ HCL	0.05N		1:5
Olsen **	NaHCO ₃	0.5M	a pH	8.5		1:20
Olsen-Modificado *	NaHCO ₃	0.5N	+ EDTA	0.01M		1:10
Bray-1 **	HN ₄ F	0.03N	+ HCL	0.025N		1:7
Bray-2 ***	HN ₄ F	0.3N	+ HCL	0.025N		1:7
Acetato de Amonio ***	NH ₄ COOH	1 N	a pH	7		1:5
NO ₃ H **	NO ₃ H	1 N				1:10

Fuentes: * Diaz y Hunter (6).
 ** Saiz del Río (19).
 *** Salinas y García (20).

El Programa Internacional de Fertilidad y Mejoramiento del Suelo (ISFEIP) mencionado por Sánchez (21), introdujo una solución extractora modificada de NaHCO₃ (Olsen), que parece ser ideal para indicar el estado de disponibilidad de P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, Cu y NH₄. Esta solución consiste en adicionar EDTA (ácido etilendiaminatetraacetato)).01N y).05 g/l de superfloc 127.

El método de Acetato de Amonio normal parece ser el más común para extraer el potasio. Los intentos de usar la misma solución ex-

tractora que se usa para fósforo, en la estimación del potasio disponible también han sido satisfactorios (21).

Los métodos de Carolina del Norte, Bray-2, Cloruro de potasio KCL 0.3N y Na-EDTA son efectivos para extraer fosfatos de calcio y de aluminio, mientras que el método alcalino de Olsen es sensitivo al fosfato de hierro (21).

En el Cuadro 2, se pueden apreciar algunos coeficientes de correlación entre fósforo y potasio extraído, con el rendimiento relativo, encontrados en diferentes suelos de Guatemala.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre rendimiento y fósforo y potasio extraído para diferentes series de suelos de Guatemala.

Solución	Elemento		Serie de Suelos
	P	K	
Carolina del Norte	0.93*		Tempisque
Carolina del Norte		0.70*	Alotenango
Carolina del Norte	0.05	-0.04	Guatemala
Bray-1	0.04	-0.05	Guatemala
Olsen-Modificado	0.76*		Culma
Olsen-Modificado	0.81*		Chicaj
Olsen-Modificado	0.56*		Ixtán

* = Significancia estadística al 1%.

Fuente: Barillas Flores (1), Díaz Moscoso (7), Gonzáles Spillari (12) y Meneses Ojeda (13).

F. Nivel Crítico.

El nivel del análisis de suelo se define como un punto de inflexión en una curva de respuesta a la adición creciente de nutrientes, debajo del cual la probabilidad de respuesta a la adición del nutriente es económica y por encima la probabilidad es baja (6).

El nivel crítico es un punto difícil de establecer experimentalmente, por lo tanto es conveniente hablar de un rango de concentración. Se interpreta que por encima de este rango la concentración crítica, el cultivo es ampliamente suplementado por el nutriente en consideración, y abajo del cual, el cultivo no es abastecido adecuadamente (4).

En Guatemala, para calibrar los niveles críticos de fósforo y potasio en invernadero a condiciones de campo, Palencia (16), experimentó para granos básicos en distintas regiones del país, utilizando la solución extractora Carolina del Norte, y estableció que el nivel crítico para fósforo es de 5.7 ppm y para potasio 54 ppm.

Estrada (9), determinó en un estudio en condiciones de invernadero para seis series de suelos de Guatemala: Quiriguá, Chixocol, Chacón, Chocalté, Aluvial y Tecpán que el nivel crítico de potasio es de 125 ppm, utilizando el método de Carolina del Norte.

Meneses Ojeda (15), al evaluar el nivel crítico de fósforo y potasio extraído con tres metodologías en la serie de suelos Aloatenango, concluyó que la solución Carolina del Norte fue la que presentó el coeficiente de correlación mayor entre el rendimiento relativo y la extracción de fósforo y potasio. El nivel crítico con esta solución para el fósforo es de 12.4 ppm y para el potasio de 90 ppm.

González (12), usando el método de Carolina del Norte para el estudio de correlación de análisis químico de suelo y rendimiento de biomasa en el invernadero para catorce series de suelos de Guatemala, consideró que el nivel crítico para fósforo es de 19 ppm.

Al correlacionar el fósforo y potasio extraído con soluciones extractoras, y el rendimiento de biomasa a nivel de invernadero, se han encontrado ciertos niveles y rangos críticos para estos nutrientes en algunas series de suelos de Guatemala, los cuales se pueden apreciar en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Niveles y rangos críticos para fósforo y potasio, encontrados en algunas series de suelos de Guatemala.

Solución Extractora	Serie de suelos	Elemento	Rango crítico (ppm)	Nivel crítico (ppm)
C.N.	Cauqué	Fósforo	6.62 - 8.14	7.4
O.M.	Cauqué	Fósforo	3.0 - 3.40	3.20
C.N.	Tecpán	Fósforo	8.14 - 9.66	8.90
O.M.	Tecpán	Fósforo	4.70 - 6.00	5.35
C.N.	Alotenango	Fósforo		12.40
O.M.	Alotenango	Fósforo		15.40
M.M.W.	Alotenango	Fósforo		5.20
C.N.	Tempisque	Fósforo	10.0 - 16.0	13.00
O.M.	Tempisque	Fósforo	2.80 - 4.0	3.40
C.N.	Sinaneque	Fósforo	23.00 - 28.0	25.0
O.M.	Sinaneque	Fósforo	3.00 - 3.50	3.45
C.N.	Alotenango	Potasio		90.00
O.M.	Alotenango	Potasio		140.00
M.M.W.	Alotenango	Potasio		85.00

C.N. = Carolina del Norte O.M. = Olsen Modificado.

M.M.W. = Morgan Modificado por Wolf.

Fuente: Espinoza (8), Márquez (14) y Meneses (15).

G. Método gráfico de Cate y Nelson para determinar el nivel crítico.

Al realizar un diagrama de dispersión en un sistema de coordenadas rectangulares de puntos obtenidos entre el rendimiento relativo en el eje "y" (ordenadas), en función del contenido del nutriente en el eje "x" (abscisas). Sobre este diagrama se coloca una hoja transparente dividida en cuadrantes por líneas horizontales y verticales de tal manera que el máximo número de puntos se ubique en los dos cuadrantes positivos, tal como se observa en la Figura 1 (6).

El punto en que la línea horizontal corta al eje "y" separa a los suelos de respuesta alta, de los de respuesta baja. El punto en que la línea vertical corta el eje "x", se considera el nivel crítico para el método de análisis.

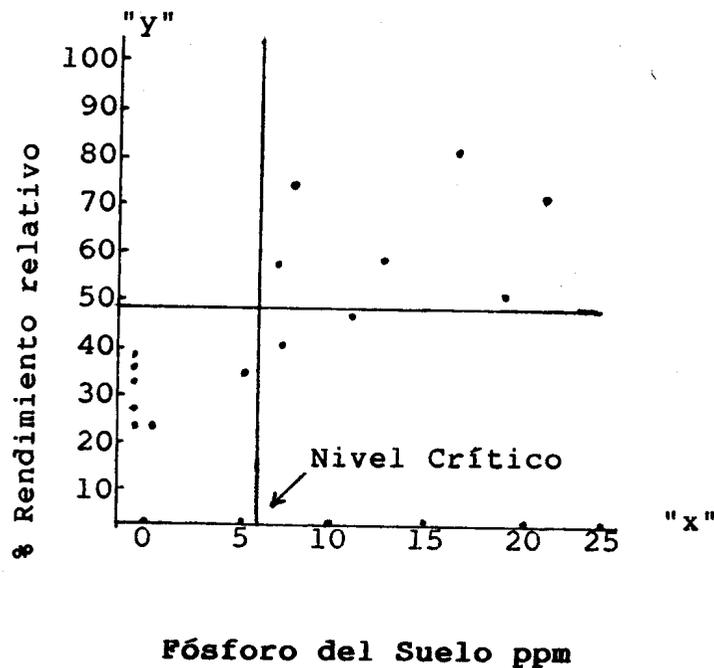


Figura 1. Nivel crítico para fósforo con la solución extractora de Carolina del Norte, en la serie de suelos Cauqué (14).

V. MATERIALES Y METODOS

A. Ubicación del área experimental.

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicados a una altitud de 1,502.32 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas de latitud norte $14^{\circ}35'11''$ y longitud oeste $90^{\circ}31'58''$ (1).

B. Características del material experimental.

Los suelos utilizados para el estudio corresponden a la serie Suchitepéquez. Simmons, Tarano y Pinto (22), indican que son suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica porosa y blanca, ocupan relieves suavemente inclinados a inclinados, donde el declive dominante va de 5 a 12 por ciento, cortados por muchas vías de drenaje, son de los suelos más productivos de Guatemala convenientes para cultivos de café, caña de azúcar, plantas adaptadas a la región y aquellas que necesitan suficiente agua.

Estos suelos se localizan en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez y Chimaltenango, comprendiendo 77,593 ha, o sea el 0.713 por ciento del área total de la República, como se observa en la Figura 2, donde está distribuida la mencionada serie.

MAPA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA

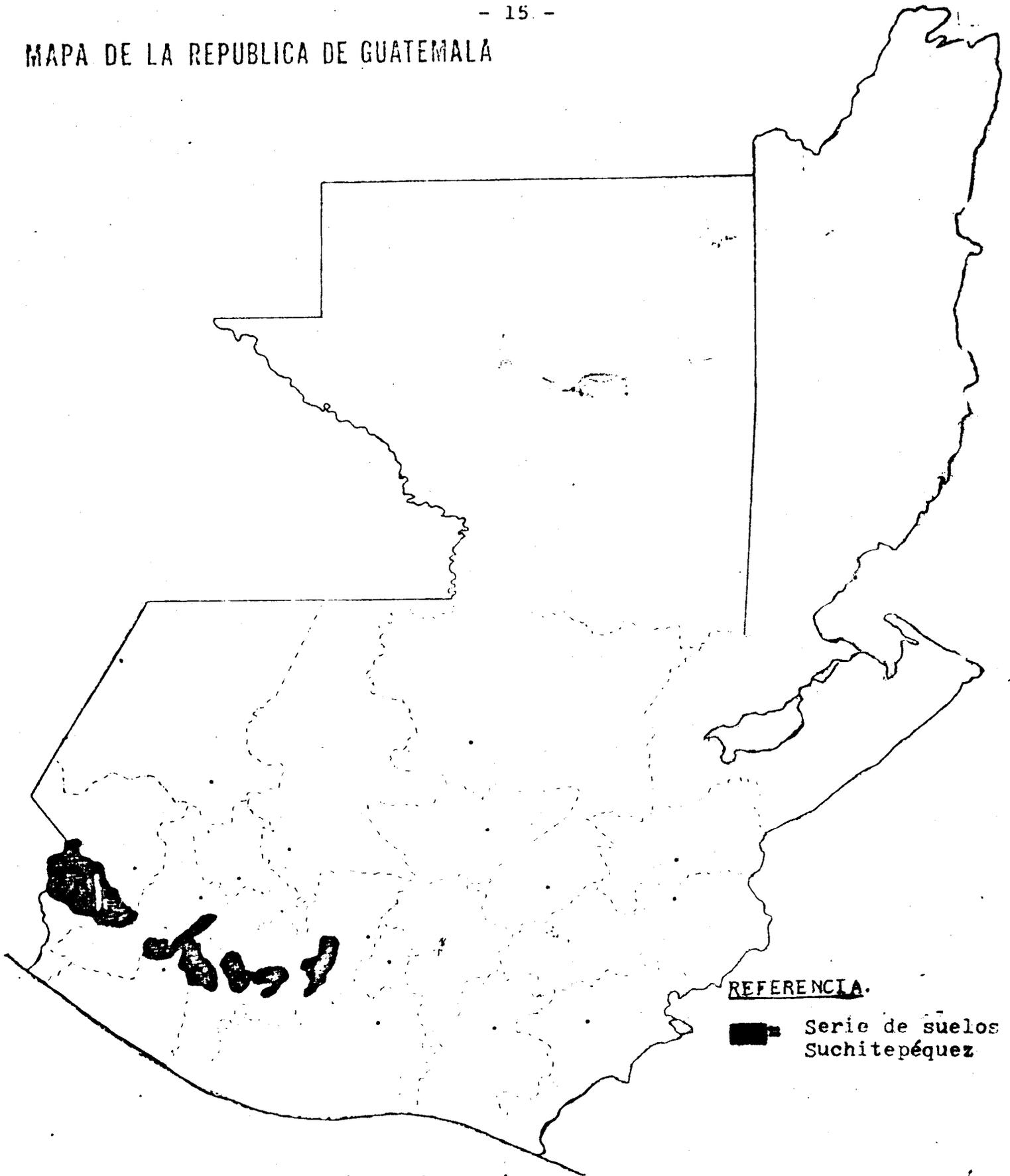


Figura 2. Ubicación de la serie de Suelos Suchitepéquez.

C. Muestreo de suelos.

Se recolectaron 30 muestras compuestas, las cuales fueron tomadas a una profundidad de 15 a 20 cms, y una cantidad de 25 kilogramos de suelo aproximadamente, por cada sitio seleccionado dentro de la serie de suelos Suchitepéquez. Luego se secaron, homogenizaron y tamizaron a 2 mm previo al análisis físico, químico y al estudio de invernadero (6).

D. Selección de los puntos de muestreo.

Para esta actividad, se consideró la distribución de la serie de suelos Suchitepéquez como se observa en la Figura 2, la cual abarca los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez y Chimaltenango, se tomó en cuenta el uso actual del suelo en función del cultivo observado al momento de efectuar el muestreo.

E. Características Físicas y Químicas.

Se tomó una submuestra de cada muestra compuesta para la caracterización. Las características cuantificadas se detallan en los Cuadros 8 y 9, las cuales fueron importantes para el manejo del ensayo en invernadero.

El análisis de las muestras se efectuó de acuerdo a las metodologías siguientes:

1. Análisis Físico.

La granulometría; determinada por el método del hidrómetro de Bouyoucos y la clase textural en base a la escala USDA modificada.

El color del suelo superficial; con la escala Munssell.

La densidad aparente y espacio poroso total; por el método de la probeta.

2. Análisis Químico.

Materia orgánica; por el método de combustión húmeda de Walkley-Black por reducción del dicromato ácido.

La capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables; extraído con acetato de amonio (NH_4COOH) 1N a pH 7.0. Los cationes K, Ca, Mg y Na leído por fotómetro de llama (5).

pH potenciométrico, con relación suelo:agua de 1:2.5.

F. Determinación de fósforo y potasio.

El contenido de fósforo y potasio para cada sitio muestreado se extrajo con cada una de las metodologías, determinándose el fósforo por el método de azul de Fosfomolibdeno y leído en el colorímetro Cenco y el potasio por fotómetro de llama.

Las soluciones de extracción usadas son:

- 1.- Carolina del Norte o de doble ácido diluidos:
HCL 0.05N + H₂SO₄ 0.025N (6).
- 2.- Bray-2 o Fluoruro Diluido-Acido Diluido:
HCL 0.1N + NH₄F 0.03N (20).
- 3.- Acetato de Amonio: NH₄COOH, 1N a pH 7.0.(20).

G. Sorción de fósforo y potasio en los sitios de muestreo.

Para determinar los niveles de fósforo y potasio que se aplicaron en el estudio de invernadero en cada tratamiento para cada sitio, se hizo en base a la capacidad de fósforo y potasio de la serie Suchitepéquez. Las muestras recolectadas se sometieron al método de sorción propuesto por Diaz y Hunter (6), el cual consiste en adicionar niveles progresivos de potasio y fósforo para cada sitio de muestreo como se indica en el Cuadro 4, para determinar la cantidad que es disponible en cada tratamiento.

En base a los valores de fósforo y potasio aplicado y extraído se elaboró una curva de fijación, las gráficas se observaron en el Apéndice 1 y 2.

Cuadro 4. Tratamientos del estudio de sorción de fósforo y potasio en la serie de suelos Suchitepéquez, para determinar curvas de fijación.

Tratamiento de sorción	Concentración de fósforo (P) y potasio (K) en cada tratamiento de sorción.	
	ugP/ml	meq. K/100 ml
1	0	0
2	35	0.11
3	70	0.22
4	140	0.45
5	280	0.90
6	560	1.80

Fuente: Díaz y Hunter 1982 (6)

H. Niveles de fósforo y potasio a evaluar.

Por medio de la curva de fijación de cada sitio se determinó el nivel de fósforo y potasio a evaluar en el ensayo de invernadero.

Los niveles de fósforo y potasio se muestran en el Cuadro 5. El criterio para establecerlos fue el de tres veces el nivel de 7 y 90 ppm fósforo y potasio respectivamente.

I. Planta indicadora.

Cuadro 5.

Ubicación, uso actual y nivel de fósforo y potasio evaluados para cada sitio de muestreo, en la serie de suelos Suchitepéquez.

#	Uso de la Tierra	Ubicación	Municipio	Departamento	ppm	ppm
					P	K
1	Pasto	Fca. Monte Cristo	Tajumulco	San Marcos	60	250
2	Bosque	Fca. Monte Cristo	Tajumulco	San Marcos	550	170
3	Café	Fca. San Ramón	Tajumulco	San Marcos	220	260
4	Cardamomo	Fca. Pompeya	Tajumulco	San Marcos	560	230
5	Café-Banano	El Trapiche	San Pablo	San Marcos	35	140
6	Café	Fca. La Ceiba	San Pablo	San Marcos	35	240
7	Pasto	Aldea Feria	San Rafael Pie de la Cuesta	San Marcos	35	45
8	Maíz	Aldea Colima II	San Pablo	San Marcos	115	280
9	Maíz	Cerro Redondo	El Rodeo	San Marcos	160	15
10	Cacao-Café	Fca. San Miguelito	El Rodeo	San Marcos	240	45
11	Mango	Aldea la Industria	El Rodeo	San Marcos	60	240
12	Naranja Dulce	Aldea la Industria	El Rodeo	San Marcos	200	240
13	Café	Fca. Mundo Nuevo	Malacatán	San Marcos	180	240
14	Hule	Fca. La Perla	El Tumbador	San Marcos	130	260
15	Café	Fca. Clarita	Malacatán	San Marcos	115	280
16	Café	Aldea Bethania	San Pedro	Chimaltenango	145	250
17	Pasto	Aldea Bethania	San Pedro	Chimaltenango	190	30
18	Café	Aldea La Patria	Yepocapa	Chicacao	430	120
19	Hule	San Miguel Panán	Chicacao	Suchitepéquez	560	250
20	Café	Fca. La Perla	Chicacao	Suchitepéquez	460	20
21	Cacao	San Antonio Such.	San Antonio	Suchitepéquez	550	45
22	Cardamomo	Yejuyup	Santo Tomás	Suchitepéquez	370	215
23	Banano	Yejuyup	La Unión	Suchitepéquez	560	235
24	Caña de Azúcar	Fca. Sta. Cecilia	Santo Tomás	Suchitepéquez	160	45
25	Café	Fca. Sta. Cecilia	La Unión	Suchitepéquez	560	235
26	Hoja de Mashán	San Francisco Pecul	Zapotitlán	Suchitepéquez	90	260
27	Banano-Café	Fca. Patio de Bolas	Pueblo Nuevo	Suchitepéquez	100	210
28	Cardamomo	El Palmar	Pueblo Nuevo	Suchitepéquez	35	230
29	Banano	Fca. La Esperanza	El Palmar	Quetzaltenango	20	20
30	Café	Fca. San Francisco Miramar	San Felipe	Retalhuleu	35	150
			Colomba	Quetzaltenango		

P = Nivel de fósforo evaluado en invernadero.

K = Nivel de potasio evaluado en invernadero.

Para el estudio de invernadero se utilizó sorgo (Sorghum bicolor), como planta indicadora debido a que es sensible a la mayoría de las deficiencias, crece rápido y tiene habilidad para crecer bajo condiciones de luz y temperatura predominantes en invernadero (6).

J. Variables de respuesta a medir.

Niveles de fósforo y potasio aplicado al suelo, rendimiento relativo, cantidades de fósforo y potasio extraídas con las soluciones de Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio, porcentaje de P, K, Ca y Mg en plántula.

K. Metodología experimental.

Para evaluar el efecto de los factores en estudio, los tratamientos seleccionados se sometieron a comparación mediante un diseño experimental completamente al azar, con arreglo de tratamientos 2^2 , para su análisis con estructura jerárquica 4x30, con 120 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental fue una maceta de 500 cc de capacidad, con 300 gramos de suelo tamizado a 2mm. El modelo lineal estadístico para el análisis del rendimiento y biomasa es el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + T_i + \epsilon_j(i) + E_{ijk}, \text{ en donde}$$

Y_{ijk} = Variable respuesta observada en la repetición K del tratamiento j.

U = Efecto de la media general.

- Ti = Efecto del i....ésimo sitio.
- $\alpha_j(i)$ = Efecto del nivel j dentro de cada sitio i.
- Eijk = Error experimental, asociado a la ijk-ésimo unidad experimental.

En donde:

- i = 1,2,3,.....,30. sitios.
- j = 1,2,3,y 4 niveles de fósforo y potasio dentro de cada sitio.
- k = 1,2,3 y 4 repeticiones.

Para el análisis del rendimiento de biomasa por efecto de fósforo y potasio aplicado al suelo, en cada uno de los sitios de muestreo, se realizó de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

- Yij = U + Ti + Eij, en donde
- Yij = Variable respuesta observada en la repetición j del tratamiento i.
- U = Efecto de la media general.
- Ti = Efecto del i....ésimo tratamiento.
- Eij = Error experimental asociado a la ij....ésima unidad experimental.
- i = 1,2,3 y 4 tratamientos.
- j = 1,2,3 y 4 repeticiones.

L. **Análisis de datos.**

Los análisis realizados corresponden a los siguientes aspectos:

1. Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca.
2. Comparación múltiple de medias de rendimiento de materia seca con el comparador de Tuckey al 5%.
3. Método gráfico de Cate-Nelson para determinar el nivel crítico de fósforo y potasio.
4. Modelo matemático discontinuo de 2 medias para determinar el rango crítico de fósforo y potasio.
5. Correlación lineal entre el contenido de extracción con las soluciones extractoras y el rendimiento relativo.
6. Correlación lineal entre el fósforo y potasio extraído del suelo y el contenido de macronutrientes (P, K, Ca y Mg) en plántulas.
7. Correlación lineal entre el fósforo y potasio adicionado al suelo y el contenido de macronutrientes (P, K, Ca y Mg) en plántula.
8. Correlación lineal para fósforo y potasio extraído con las soluciones extractoras.

M. Manejo del Experimento.

La fertilización en el invernadero, se determinó de acuerdo a los resultados de los análisis químicos y de curvas de sorción para fósforo y potasio. En el Cuadro 5, se indican las cantidades adicionadas a las unidades experimentales para llegar al nivel de

fósforo y potasio. Para la aplicación se colocó el suelo en las unidades experimentales y se agregaron los mililitros necesarios de cada elemento para obtener la concentración deseada. Luego se secó al aire sin mover el suelo y después se homogenizó. El nitrógeno se aplicó dos veces, una junto con los demás elementos y posteriormente a los 12 días de haber germinado la semilla. El Cuadro 6, indica la cantidad de elementos y compuestos utilizados en solución para los tratamientos del suelo.

Cuadro 6. Cantidad de elementos y compuestos utilizados en solución para los tratamientos.

Elemento	Compuesto	Compuesto/lts. de solución	Cantidad de elemento cuando 1 ml de solución se agrega a 100 ml de suelo.
N	NH_4NO_3	14.59 g	50 ug N/ml de suelo
P	H_3PO_4 85%	37.22 g	100 ug P/ml de suelo
K	KCL	14.90 g	0.2meq K/100 ml suelo
Mn	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	10.81 g	30 ug Mn/ml de suelo
Cu	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.54 g	2 ug Cu/ml de suelo
Zn	ZnCl_2	2.08 g	10 ug Zn/ml de suelo
S	H_2SO_4 96%	9.50 g	30 ug S/ml de suelo
B	H_3BO_3	1.11 g	2 ug B/ml de suelo

Fuente: Díaz y Hunter (6).

El nitrógeno y los micronutrientes se aplicaron en base a los niveles críticos propuestos por Díaz y Hunter (6), los cuales se observan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Niveles críticos para micronutrientes y nitrógeno.

Elemento	Nivel Crítico
Nitrógeno	50 ug N/ml de suelo
Manganeso	5 ug Mn/ml de suelo
Cobre	1 ug Cu/ml de suelo
Zinc	3 ug Zn/ml de suelo
Azufre	12 ug S/ml de suelo
Boro	0.2 ug B/ml de suelo

Fuente: Díaz y Hunter (6).

Para la siembra se colocaron 15 semillas de sorgo forrajero en la superficie por unidad experimental, a los 8 días se realizó el entresaque dejando 5 plántulas, 35 días después de la siembra se cortaron las plantas a 1 cm por encima de la superficie del suelo, secándose luego en un horno a 70°C (6). El material se pesó en balanza analítica para comparar la producción de materia seca de las plantas con respecto al tratamiento. Finalmente se efectuaron los análisis foliares para fósforo, potasio, calcio y magnesio.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los datos obtenidos para la determinación del límite y rango crítico de fósforo y potasio en la serie de suelos Suchitepéquez a continuación se presentan los siguientes resultados:

A. Características Físicas y Químicas de la serie de suelos Suchitepéquez.

En los Cuadros 8 y 9, se presentan las características físicas y químicas de los sitios de muestreo.

Las clases texturales corresponden a: franco-arenoso, arcilloso, franco-arcilloso, franco arcilloso-arenoso y franco.

Los valores de pH varían entre 4.0 a 5.9: considerándolos como suelos ácidos.

La materia orgánica varía entre 1.22 y 24.53 por ciento, que corresponden a niveles medios y altos.

La capacidad de intercambio catiónico tiene valores de 13.23 a 54.51 meq/100 gr.; considerada como adecuada a medianamente alta.

El contenido de bases intercambiables calcio, magnesio, sodio, y potasio es generalmente bajo.

El porcentaje de saturación de bases, se considera bajo, debido a que el valor más alto es de 54.74 por ciento, lo cual se debe a que los niveles de las bases intercambiables no satisfacen la capacidad de intercambio de los suelos.

Cuadro 8 Características físicas y químicas de la serie Suchitepéquez.

Sitio	Granulometría			Clase Textural	Color		Espacio Poroso %	Da	pH	M.O %	Cationes intercambiables meq/100g suelo					% Saturación de Bases
	Arcilla %	Limo %	Arena %		Seco	Humedo					CIC	Ca	Mg	Na	K	
1	12.97	22.40	64.63	Fran.Aren.	gris claro cafe-saceo.	Cafe obscuro	104	1.02	5.3	3.25	16.59	2.50	0.72	0.06	0.23	21.16
2	15.43	34.96	49.61	Franco	Café	Cafe muy obscuro	130	1.40	5.3	17.44	54.51	11.48	2.26	0.10	0.61	26.51
3	18.98	28.27	52.75	Franco	Gris claro cafe-saceo.	Cafe muy obscuro	107	1.18	4.6	1.22	23.24	1.62	0.41	0.08	0.14	9.68
4	13.14	31.05	55.51	Franco Arcilloso	Café	Negro	106	1.48	4.7	24.53	50.39	3.99	0.76	0.04	0.36	10.22
5	20.84	21.83	57.33	Fran.Arcillo-Aren.	Café obscuro	Café muy obscuro	87	0.99	4.8	5.17	18.27	4.49	0.90	0.04	0.68	33.44
6	20.73	19.68	59.59	Fran.Arcillo-Aren.	Café	Café obscuro	90	0.91	4.1	3.43	19.79	0.81	0.39	0.09	0.33	8.19
7	14.61	13.92	71.47	Fran.Aren.	Caf.Gris-saceo	Negro	98	0.95	5.6	5.48	13.23	2.18	0.72	0.05	0.95	29.48
8	41.43	23.00	35.57	Arcilloso	Cafe Obscuro	Cafe obscuro	81	0.94	4.8	4.79	20.57	5.93	2.14	0.09	0.35	41.37
9	39.39	18.74	41.87	Franco arcilloso	Café amarillento	Café muy obscuro	94	1.05	4.8	3.07	21.47	3.49	1.17	0.07	1.04	26.87
10	41.00	18.62	40.09	Arcilloso	Café Amarillento	Café muy obscuro	94	1.05	5.1	4.33	29.19	5.24	1.15	0.06	1.21	26.24
11	47.48	19.18	33.04	Arcilloso	Café rojizo	rojo Amarillento	94	1.05	4.6	2.68	24.11	2.37	1.07	0.08	0.41	16.30
12	53.10	16.97	30.11	Arcilloso	Café Amarillento	Café obsc. Amarillento	95	1.11	4.0	5.91	25.31	4.12	1.01	0.09	0.42	22.28
13	62.93	14.84	22.23	Arcilloso	Café Amarillento	Cafe obscuro	93	1.12	5.4	7.50	26.41	1.75	0.62	0.07	0.14	10.79
14	55.20	11.45	33.35	Arcilloso	Café obsc. Amarillento	Café muy obscuro	105	1.13	4.1	10.76	27.45	2.62	0.86	0.11	0.29	14.13
15	33.50	23.52	42.98	Franco Arcilloso	Café obsc. Amarillento	Café obscuro.	113	1.15	4.0	12.12	44.86	3.56	0.97	0.07	0.42	11.19

Cuadro 9. Características físicas y químicas de la serie Suchitepéquez.

Sitio	Granulometría			Clase Textural	Color		Espacio Poroso %	Da	pH	M.O %	Cationes intercambiables mg/100g suelo					% Saturación de Bases
	Arcilla %	Limo %	Arena %		Seco	Humedo					CIC	Ca	Mg	Na	K	
16	11.01	20.99	68.00	Franco Arenoso	Café muy oscuro grisáceo	Negro	84	0.92	4.0	19.74	18.74	8.48	1.42	0.10	0.24	54.64
17	10.84	20.67	68.49	Franco Arenoso	Café muy oscuro grisáceo	Negro	81	0.87	5.9	16.03	17.72	6.36	1.71	0.08	0.82	50.62
18	22.00	27.65	50.34	Franco Arenoso	Café obscuro	Negro	108	1.10	5.5	15.72	28.62	9.11	1.58	0.07	0.83	40.50
19	10.98	25.53	63.49	Franco Arenoso	Café muy oscuro grisáceo	Negro	111	1.14	5.1	19.29	36.65	5.36	0.90	0.05	0.25	17.90
20	22.09	19.56	58.35	Franco Arenoso	Café claro amarillento.	Café obscuro.	124	1.10	5.2	7.89	34.25	8.11	1.52	0.07	1.18	31.77
21	39.26	21.63	39.11	Franco Arcilloso	Café obscuro	Café muy Ob.	112	1.08	5.7	7.62	30.66	11.48	2.67	0.10	1.92	52.74
22	31.82	30.02	38.16	Franco Arcilloso	Café	Café muy Ob.	116	1.30	4.7	13.21	46.44	6.24	1.54	0.08	0.86	18.78
23	33.50	30.94	35.56	Franco Arcilloso	Café	Café muy Ob.	118	1.22	5.4	11.13	45.13	7.36	2.96	0.06	2.30	32.53
24	23.37	16.76	59.87	Fran-Arcil Arenoso	Café	Café Grisáceo	96	0.96	5.7	5.86	21.57	4.12	1.28	0.04	1.84	33.75
25	23.63	32.56	43.81	Franco	Café	Café muy obscuro	105	1.35	5.4	8.07	45.10	7.24	1.52	0.07	0.53	20.75
26	10.98	27.66	61.36	Franco Arenoso	Café	Café muy obscuro	104	1.04	5.1	7.15	25.66	4.80	1.15	0.13	0.36	25.10
27	19.14	25.51	55.31	Franco Arenoso	Café obscuro	Café muy obscuro	106	1.05	5.1	6.33	31.09	6.11	1.13	0.07	0.56	25.31
28	19.49	32.68	47.83	Franco	Café	Café muy obscuro	100	0.92	5.1	5.24	17.41	4.68	1.19	0.08	0.43	36.65
29	26.50	21.16	52.34	Franco Arcilloso Arenoso	Café	Café obscuro	94	0.93	4.9	3.13	17.96	3.74	0.78	0.08	1.02	31.29
30	25.44	14.44	60.12	Franco Arcilloso Arenoso.	Café	Café muy obscuro	110	1.01	4.0	3.05	17.49	0.99	0.31	0.06	0.58	11.09

B. Rendimiento de biomasa expresado en materia seca para cada nivel evaluado en cada sitio de muestreo.

El análisis de varianza de estructura jerárquica se presenta en el Cuadro 10, el cual indica que los sitios de muestreo presentan diferencia significativa, por lo que sus contenidos nativos de fósforo y potasio son diferentes.

Además, se puede observar, que en los niveles utilizados para los distintos tratamientos, existe diferencia atribuida ésta a los niveles usados, manejo, cultivo y ubicación de los puntos de muestreo.

Cuadro 10. Análisis de varianza del rendimiento de biomasa para la serie de suelos Suchitepéquez.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadro Medio	F Calculada	F Tabulada al 1%
Sitio de Muestreo	29	4.05	1.91**	1.71
Nivel/Sitio	90	2.12	106.00**	1.39
Error	360	0.02		
Total	479			

** = Significancia al 1% de probabilidad.

C.V. = 18.03%

C. Rendimiento de biomasa por efecto de fósforo y potasio.

En el Cuadro 11, se observa que los sitios 1, 11, 15, 29 y 30 en su rendimiento de biomasa no presentan significancia en los Efectos Factoriales Medios de fósforo, potasio y la interacción fósforo-potasio. Esto se debe a los niveles evaluados, origen de la muestra, cultivo y a la cantidad del nutriente nativo para cada uno de estos sitios. Por lo tanto los valores de P y K a considerar para cada uno de estos sitios son: (60-250), (60-250), (115-280), (20-20) y (35-150) ppm.

Los tratamientos se sometieron a la comparación de medias múltiples de Tuckey, según se presentan en el Cuadro 12. Los tratamientos no presentan diferencia significativa en su rendimiento.

En el Cuadro 11, se observa que los sitios 2,3 y 19 su rendimiento de biomasa presenta diferencia en los Efectos Factoriales Medios para fósforo y la interacción fósforo-potasio. Atribuido esto a los niveles de P y K evaluados, al cultivo y origen de las muestras. Por lo tanto los valores a tomar en cuenta de fósforo y potasio son: (550-170), (560-230) y (560-250) ppm.

Los tratamientos se sometieron a la comparación de medias múltiples de Tuckey, según se presentan en el Cuadro 12. Los tratamientos que mayor rendimiento presentan son P_1K_1 y P_1K_0 .

En el Cuadro 11, se observa que los sitios 3,8,16,18 y 26 los rendimientos de biomasa presentan diferencia en los Efectos Fac-

toriales Medios para fósforo y potasio. Esto se atribuye a los niveles de fósforo y potasio evaluados, cultivo, manejo y origen de las muestras. Por lo tanto los valores a tomar en cuenta de P y K son: (220-260), (115-280), (145-250), (430-120) y (90-260) ppm.

Los tratamientos se sometieron a la comparación de medias múltiples de Tuckey, según se presentan en el Cuadro 12. Los tratamientos que mayor rendimiento presentan son P_1K_1 y P_1K_0 . Excepto en el sitio 26 donde no existe diferencia significativa entre los rendimientos de cada tratamiento.

En el Cuadro 11, se observa que en el sitio 20 el rendimiento de biomasa presenta diferencia en los Efectos Factoriales Medios de fósforo y en la interacción fósforo-potasio. Esto se debe a los niveles evaluados de fósforo, origen de la muestra y manejo. Por lo tanto el nivel de fósforo a considerar es de 460 ppm y para potasio de 20 ppm.

Los tratamientos se sometieron a la comparación de medias múltiples de Tuckey, según se presenta en el Cuadro 12. Los tratamientos que mayor rendimiento presentan son P_1K_1 y P_1K_0 .

En el Cuadro 11, se observa que los sitios 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 27 y 28, su rendimiento de biomasa presentan diferencia en los Efectos Factoriales Medios para fósforo, atribuida a los niveles evaluados, origen de la muestra y uso de la tierra de estos sitios de muestreo, por lo tanto los niveles de fósforo a considerar para estos sitios son: 35, 35, 35,

160, 240, 200, 180, 130, 190, 550, 370, 560, 160, 560, 100 y 35 ppm.

Los tratamientos se sometieron a la comparación de medias múltiples de Tuckey, según el Cuadro 12. Los tratamientos que mayor rendimiento presentan son: P_1K_1 y P_1K_0 , excepto en el sitio 13 donde hay diferencia en los rendimientos que aportaron los tratamientos.

Cuadro 11. Análisis de efectos factoriales medios de rendimiento de biomasa, para la serie de suelos Suchitepéquez.

Sitio	Efectos Factoriales Medios (EFM)			
	EMS	Fósforo P	Potasio K	Fósforo-Potasio
1	0.049	0.040 NS	-0.053 NS	0.043 NS
2	0.198	2.732 *	0.293 *	0.252 *
3	0.024	0.092 *	0.052 *	0.008 NS
4	0.031	0.331 *	0.098 *	0.095 *
5	0.127	0.429 *	-0.050 NS	-0.008 NS
6	0.034	0.065 *	-0.017 NS	0.013 NS
7	0.031	0.089 *	0.016 NS	0.013 NS
8	0.122	1.212 *	0.165 *	0.095 NS
9	0.127	0.598 *	-0.133 NS	-0.107 NS
10	0.097	1.672 *	0.022 NS	-0.067 NS
11	0.049	0.047 NS	0.041 NS	-0.009 NS
12	0.184	0.683 *	0.112 NS	0.001 NS
13	0.028	0.060 *	-0.006 NS	-0.018 NS
14	0.033	0.233 *	-0.020 NS	-0.052 NS
15	0.034	-0.006 NS	-0.010 NS	-0.014 NS
16	0.137	1.178 *	0.044 *	0.082 NS
17	0.152	1.024 *	-0.098 NS	-0.120 NS
18	0.152	2.355 *	0.180 *	0.129 NS
19	0.214	1.482 *	0.370 *	0.334 *
20	0.111	2.460 *	0.109 NS	0.139 *
21	0.280	2.295 *	0.257 NS	0.204 NS
22	0.191	1.515 *	-0.072 NS	-0.070 NS
23	0.155	2.344 *	0.058 NS	0.047 NS
24	0.165	1.060 *	-0.010 NS	-0.010 NS
25	0.119	1.875 *	0.020 NS	-0.018 NS
26	0.055	0.126 *	0.064 *	0.001 NS
27	0.057	0.332 *	0.036 NS	0.034 NS
28	0.029	0.161 *	-0.014 NS	-0.004 NS
29	0.052	0.037 NS	0.022 NS	-0.016 NS
30	0.048	0.024 NS	-0.051 NS	0.024 NS

* = Significancia al 5% de probabilidad.
 NS = No significativo.

Cuadro 12. Rendimiento promedio de biomasa en g/maceta para los tratamientos con niveles de fósforo y potasio, y comparación de medias múltiples, para la serie de suelos Suchitepéquez.

Sitio	Rendimiento promedio de biomasa en g/ maceta				Comparador Estadístico Tuckey
	P ₁ K ₁	P ₁ K ₀	P ₀ K ₁	P ₀ K ₀	
1	.39a	.35a	.29a	.34a	.17
2	3.52a	2.98a	.54b	.50b	.70
3	.47a	.41ab	.37bc	.33c	.08
4	.80a	.60b	.37c	.37c	.11
5	1.01a	1.07a	.59ab	.63b	.45
6	.40a	.41a	.32a	.36a	.12
7	2.04a	2.05a	1.63b	1.75c	.11
8	1.82a	1.86a	.51b	.44b	.43
9	.87a	1.11a	.37b	.40b	.45
10	2.20a	2.25a	.60b	.51b	.34
11	.45a	.41a	.41a	.36a	.17
12	1.15a	1.03ab	.46bc	.35c	.65
13	.32a	.32a	.28a	.27a	.10
14	.68a	.75a	.45b	.42b	.11
15	.35a	.35a	.34a	.36a	.12
16	1.73a	1.60a	.47b	.51b	.49
17	1.38a	1.60a	.48b	.46b	.54
18	3.05a	2.74a	.56b	.51b	.54
19	2.75a	1.55a	.44b	.40b	.73
20	3.12a	2.87a	.52b	.55b	.39
21	3.90a	2.62a	.59b	.53b	1.00
22	1.92a	2.06a	.48b	.48b	.68
23	2.87a	2.77a	.48b	.47b	.17
24	1.48a	1.50a	.43b	.43b	.59
25	2.34a	2.34a	.48b	.44b	.42
26	.56a	.50a	.43a	.37a	.19
27	.80a	.73a	.43b	.43b	.20
28	.63a	.65a	.48b	.49b	.10
29	.51a	.50a	.49a	.45a	.18
30	.45a	.48a	.40a	.48a	.17

P₁K₁ = Tratamiento con el nivel de fósforo y potasio.

P₁K₀ = Tratamiento con el nivel de fósforo.

P₀K₁ = Tratamiento con el nivel de potasio.

P₀K₀ = Tratamiento testigo.

NOTA: Los tratamientos de un sitio con igual letra, no presentan diferencia significativa.

D. Fósforo extraído con cada solución extractora.

En el Cuadro 13, se aprecia el análisis de varianza para las metodologías de extracción de fósforo. Se concluye que existe diferencia entre las metodologías, por lo tanto el valor del rango y nivel de concentración crítica de fósforo será diferente con Carolina del Norte y Bray-2.

Cuadro 13. Análisis de varianza de las metodologías de extracción de fósforo, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 1%
Sitios	29	471.75	0.13 NS	2.42
Metodologías	1	3553.08	16.50 **	7.60
Error	29	215.24		
Total	59			

NS = No significativo.

** = Significancia al 1% de probabilidad.

C.V. = 101.87%

En el Cuadro 14, se presentan las concentraciones de fósforo nativo extraído por cada solución extractora, y el porcentaje de rendimiento relativo. Existe diferencia entre las cantidades extraídas por sitio y solución extractora, en tanto que los rendimientos relativos tienden a ser altos, medios y bajos lo cual indica que los suelos de la serie Suchitepéquez presentan alta probabilidad de respuesta a la aplicación de fósforo.

Cuadro 14. Fósforo extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Uso del Sitio al momento del muestreo	Carolina del No. Bray-2 ppm		Porcentaje rendimiento relativo
Pasto	13.33	37.89	98.42
Bosque	4.17	8.50	16.87
Café	9.17	24.57	79.78
Cardamomo	3.33	3.78	61.21
Café-Banano	17.50	29.40	59.07
Café	19.42	42.00	87.41
Pasto	12.50	31.92	85.32
Maíz	5.83	12.50	28.55
Maíz	2.50	9.24	36.48
Cacao-Café	4.17	6.72	22.78
Mango	2.50	14.18	86.41
Naranja Dulce	4.17	12.29	34.35
Café	1.67	3.78	77.64
Hule	2.50	8.50	54.74
Café	9.17	37.80	104.41
Café	3.33	12.29	31.86
Pasto	3.33	21.74	28.69
Café	0.83	7.56	18.84
Hule	1.67	3.78	26.08
Café	1.67	5.67	19.40
Cacao	1.67	2.84	20.44
Cardamomo	4.17	8.50	23.35
Banano	4.17	3.78	17.10
Caña de Azúcar	4.17	12.29	28.71
Café	4.17	37.56	19.09
Hoja de Mashán	9.17	33.08	74.79
Banano-Café	8.33	26.46	59.43
Cardamomo	14.58	83.16	74.68
Banano	4.17	28.35	89.32
Café	24.00	122.85	100.12

B. Rango y nivel de concentración crítica de fósforo.

En el cuadro 15, se presenta el rango de concentración crítica de fósforo en función de la metodología de extracción. Con la metodología de Carolina del Norte el rango crítico obtenido es de 6 a 10 ppm y con Bray-2 de 12 a 22 ppm.

Cuadro 15. Rango de concentración crítica de fósforo para la serie de suelos Suchitepéquez.

Metodología de extracción	Rango de concentración * crítica (ppm)	Coficiente R
Carolina del Norte	6.0 - 10.0	0.93
Bray-2	12.0 - 22.0	0.99

En la Figura 3, se aprecia el método de Cate-Nelson que determina del nivel crítico de fósforo respecto a cada metodología de extracción. Con la metodología de Carolina del Norte el nivel crítico es de 7 ppm, y con Bray-2 es de 15 ppm.

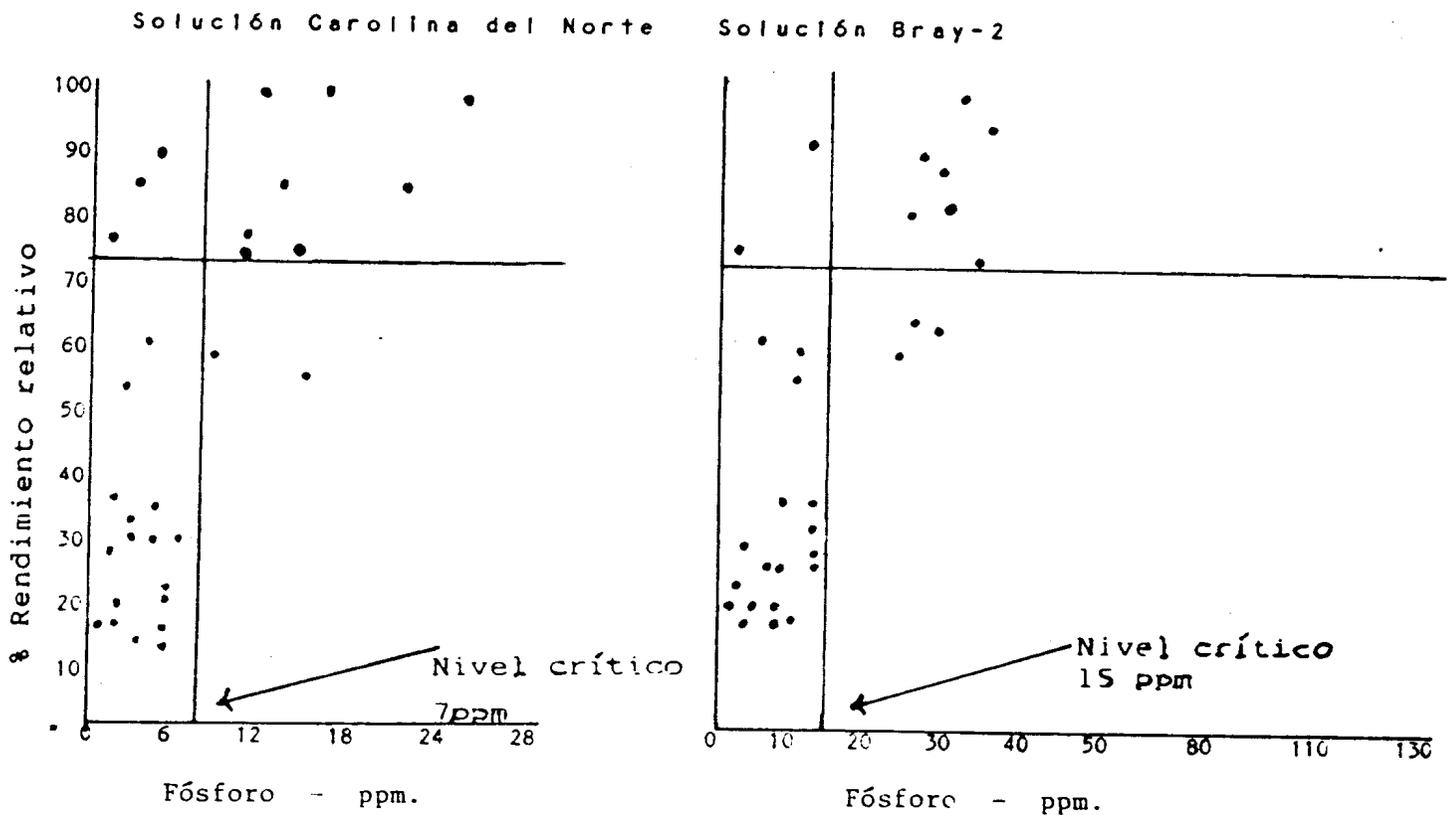


Figura 3. Nivel crítico de fósforo con las soluciones extractores de Carolina del Norte y Bray-2, en la serie Suchitepéquez.

F. Correlaciones de fósforo.

1. **Correlación entre el fósforo extraído con las soluciones de extracción y el rendimiento relativo.**

En el Cuadro 16, se observan los coeficientes de correlación lineal entre el fósforo que extrae cada metodología y el rendimiento relativo. La solución de Carolina del Norte presenta un coeficiente de 0.86 y Bray-2 de 0.80. Estos coeficientes son significativos, por lo que se concluye que ambas metodologías pueden utilizarse para el análisis de fósforo en los suelos de la serie Suchitepéquez, tomando en cuenta que el límite crítico para la solución Carolina del Norte es de 7 ppm y de Bray-2 15 ppm.

Cuadro 16. Coeficiente de correlación entre las metodologías de extracción y el rendimiento relativo, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Metodología de extracción	Rendimiento relativo %	r
		Tabulada 1%
Carolina del Norte	0.86 **	0.46
Bray-2	0.80 **	

** = Significancia al 1% de probabilidad.

2. **Correlación entre el fósforo nativo extraído con las soluciones de extracción y el contenido de macronutrientes en la plántula.**

En el Cuadro 17, se presentan los coeficientes de correlación lineal, entre el fósforo nativo extraído en las muestras de suelo de la serie Suchitepéquez, con cada solución extractora y el contenido de macronutrientes en plántulas. Se aprecia que el fósforo y potasio en la planta y el rendimiento de biomasa manifiesta una correlación significativa con el fósforo extraído por la solución extractora Carolina del Norte. Mientras el fósforo, potasio, calcio y magnesio en la planta tienen correlación significativa con el fósforo nativo extraído mediante la solución Bray-2.

Cuadro 17. Coeficiente de correlación entre el fósforo nativo y los macronutrientes en plántula, en la serie de suelos Suchitépequez.

Nutriente	Análisis de Plántula				Rendimiento Biomasa	r Tabulada al 1%
	P	K	Ca	Mg		
P-nativo con Carolina del Norte	.88**	.70**	.18NS	.42NS	.74**	.46
P-nativo con Bray-2	.76**	.61**	.59**	.61**	.20NS	

NS = No significativo.
 ** = Significativo al 1% de probabilidad.

3. Correlación entre el fósforo adicionado y el contenido de macronutrientes en la plántula.

En el Cuadro 18, se observan los valores de correlación

lineal entre el fósforo adicionado al suelo y el contenido de macronutrientes en plántula.

Se aprecia que el fósforo, potasio, calcio y magnesio, y el rendimiento de biomasa manifiestan una correlación significativa, atribuida a los niveles de fósforo adicionados, determinados por el método de sorción, esto para cada sitio de muestreo en la serie de suelos Suchitepéquez.

Cuadro 18. Coeficiente de correlación entre el fósforo adicionado y los macronutrientes en plántula, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Nutriente	Análisis de planta				Rendimiento de Biomasa	r Tabulada 1%
	P	K	Ca	Mg		
Fósforo adicionado	.80**	.80**	.68**	.79**	.90**	.46

** = Significancia al 1% de probabilidad.

4. Correlación entre el fósforo extraído con la metodología Carolina del Norte y fósforo extraído por Bray-2, para la serie de suelos Suchitepéquez.

En el Cuadro 19, se observa el valor de correlación lineal entre el fósforo nativo extraído con la solución Carolina del Norte y fósforo nativo extraído con la solución Bray-2.

Se aprecia que manifiestan una correlación altamente significativa al 1% de probabilidad.

Cuadro 19. Coeficiente de correlación entre el fósforo extraído con Carolina del Norte y con Bray-2, para la serie de suelos Suchitepéquez.

Metodologías	Carolina del Norte
Bray-2	0.84 **

** = Significancia al 1% de probabilidad.

G. Potasio extraído con cada solución extractora.

En el Cuadro 20, se presentan las concentraciones de potasio nativo que se extrae con cada solución extractora. Existe diferencia entre las cantidades extraídas por sitio y solución extractora, en tanto que los porcentajes de rendimiento relativo tienden a ser altos lo cual indica que los suelos de la serie Suchitepéquez presentan baja probabilidad de respuesta a la aplicación de potasio.

Cuadro 20:

Potasio extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo, en la serie de suelos Suchitepequez.

Uso del sitio al momento del muestreo	Carolina del Norte	Bray-2 ppm	Acetato de Amonio	Porcentaje rendimiento relativo
Pasto	60	126	90	117
Bosque	150	280	238	92
Café	38	88	55	88
Cardamomo	80	175	141	92
Café-Banano	143	273	266	107
Café	63	133	129	110
Pasto	245	393	371	107
Maíz	63	133	129	87
Maíz	265	420	407	107
Cacao-Café	283	525	473	85
Mango	45	140	160	88
Naranja Dulce	60	158	164	76
Café	60	158	160	96
Hule	50	119	113	93
Café	68	165	164	107
Café	55	119	94	108
Pasto	180	333	321	95
Café	185	326	325	91
Hule	45	119	98	92
Café	385	434	461	106
Cacao	450	665	751	91
Cardamomo	120	319	336	101
Banano	490	1064	899	98
Caña de Azúcar	470	924	719	100
Café	80	217	207	92
Hoja de Mashán	71	144	141	85
Banano-Café	105	210	219	100
Cardamomo	71	151	168	102
Banano	278	455	399	92
Café	93	210	227	119

En el Cuadro 21, se puede apreciar el análisis de varianza para las metodologías de extracción de potasio. Se concluye que existe diferencia significativa entre las metodologías de extracción y por lo tanto el valor del rango y nivel de concentración crítica de potasio será diferente para Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio.

Cuadro 21. Análisis de varianza de la metodologías de extracción de potasio, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 1%
Sitio	29	110914.18	.93 NS	2.06
Metodologías	2	175601.60	46.63 **	5.00
Error	58	3765.36		
Total	89	42540.51		

NS = No significancia.

** = Significancia al 1%

C.V. = 24.93%

H. Rango y nivel de concentración crítica de potasio.

En el Cuadro 22, se presenta el rango de concentración crítica en función de la metodología de extracción. Con la meto-

dología de Carolina del Norte el rango crítico es de 80 a 95 ppm. con Bray-2 el rango es de 120 a 130 ppm y con la metodología de Acetato de Amonio es de 130 a 165 ppm.

Cuadro 22. Rango de concentración crítica de potasio para la serie de suelos Suchitepéquez, según cada metodología de extracción.

Metodología de extracción	Rango de concentración crítica (ppm).	Coefficiente R
Carolina del Norte	80 - 95	0.99
Bray-2	120 - 130	0.94
Acetato de Amonio	130 - 165	0.99

En la Figura 4, se observa el nivel crítico respecto a cada metodología de extracción. Con la metodología de Carolina del Norte es de 88 ppm, nivel que se compara con el obtenido por Meneses Ojeda (15) de 90 ppm. Para Bray-2 se reporta un nivel de 125 ppm nivel también reportado por Estrada (9). Con Acetato de Amonio el nivel obtenido es de 150 ppm.

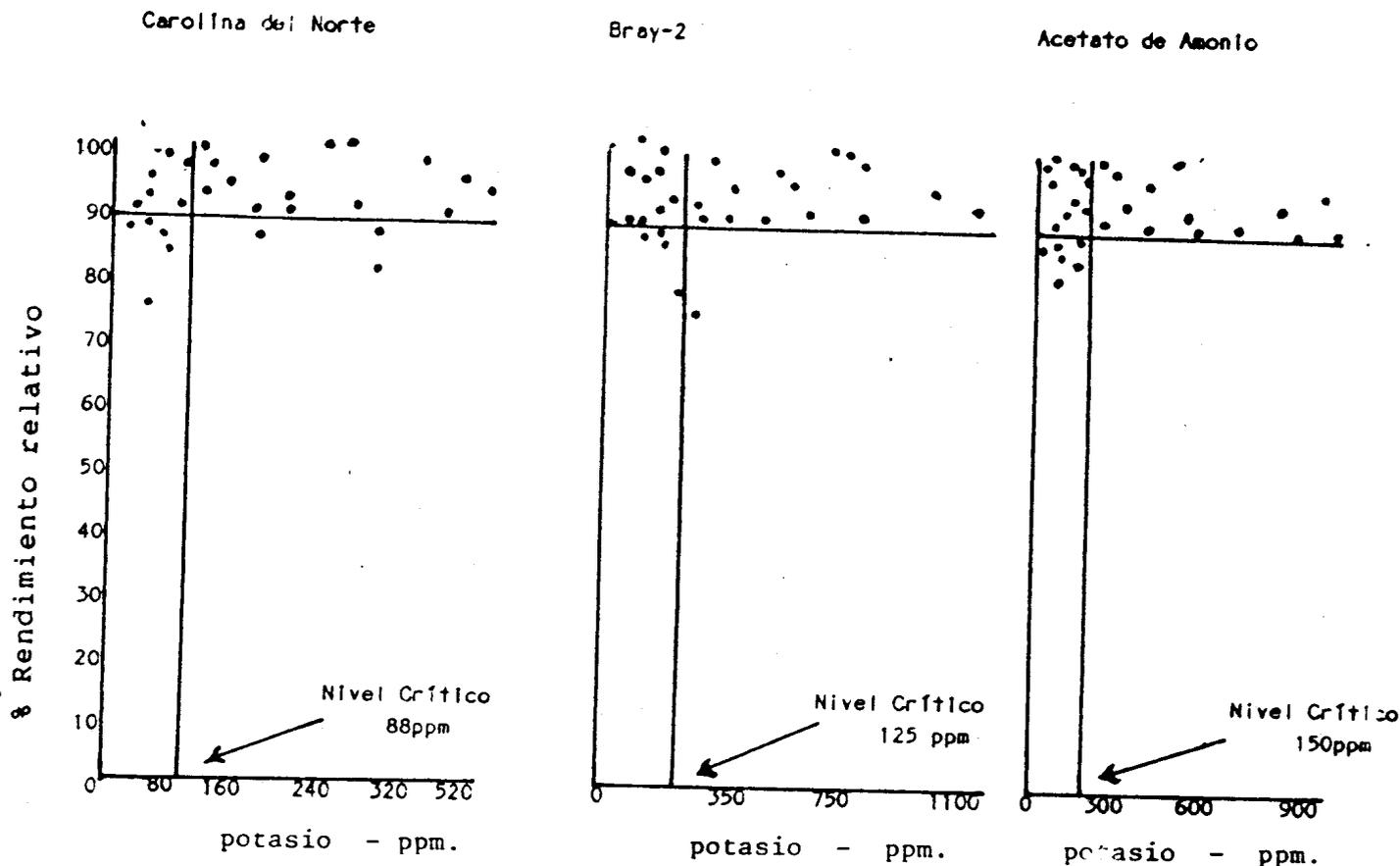


Figura 4. Nivel crítico de potasio con las soluciones de Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio, en la serie Suchitepéquez.

- I. Correlaciones de Potasio.
 - 1. Correlación entre el potasio extraído con las soluciones de extracción y el rendimiento relativo.

En el Cuadro 23, se observan los coeficientes de correlación

entre el potasio que extrae cada metodología y el rendimiento relativo. La solución de Acetato de Amonio presenta un coeficiente de correlación lineal de 0.80. Carolina del Norte de 0.75 y Bray-2 un coeficiente de 0.78. Los coeficientes que corresponden a estas soluciones son significativas al 1% de probabilidad, por lo que se concluye que cualquiera puede utilizarse para el análisis de potasio en los suelos Suchitepéquez.

Cuadro 23. Coeficiente de correlación entre las metodologías de extracción y el rendimiento relativo, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Metodología de Extracción de potasio	Rendimiento Relativo %	r Tabulada 1%
Carolina del Norte	0.75 **	0.46
Bray-2	0.78 **	
Acetato de Amonio	0.80 **	

** = Significancia al 1% de probabilidad.

2. Correlación entre el potasio nativo extraído con las soluciones de extracción y el contenido de macronutrientes en la plántula.

En el Cuadro 24, se presentan los coeficientes de correlación lineal entre el potasio nativo extraído a través de las soluciones

extractoras y el contenido de macronutrientes en plántulas.

Se aprecia que el calcio, magnesio y el rendimiento de biomasa manifiesta una correlación significativa con el potasio extraído por Carolina del Norte. Mientras que los macronutrientes: fósforo, potasio, calcio y magnesio, y el rendimiento de biomasa presentan correlación significativa para el fósforo nativo extraído con las soluciones de Bray-2 y Acetato de Amonio.

Cuadro 24. Coeficiente de correlación entre el potasio nativo y los macronutrientes en plántula, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Nutriente	Análisis de planta				Rendimiento Biomasa	r Tabulada 1%
	P	K	Ca	Mg		
K-nativo Carolina del Norte	.45 NS	.26 NS	.61**	.72**	.79**	.46
K-nativo Bray-2	.48**	.84**	.68**	.75**	.81**	
K-nativo Ac. de Amonio	.49**	.87**	.69**	.77**	.83**	

NS = No significativo.

** = Significativo al 1% de probabilidad.

3. Correlación entre el potasio adicionado y el contenido de macronutrientes en la plántula.

En el Cuadro 25, se observan los valores de correlación lineal entre el potasio adicionado al suelo y el contenido de macronutrientes en plántula.

Se aprecia que el fósforo, potasio, calcio y magnesio, y el rendimiento de biomasa manifiestan una correlación significativa con los niveles de potasio adicionado para las muestras de suelo pertenecientes a la serie Suchitepéquez.

Cuadro 25. Coeficiente de correlación entre el potasio adicionado y los macronutrientes en plántula, en la serie de suelos Suchitepéquez.

Nutriente	Análisis de planta				Rendimiento Biomasa	r Tabulada 1%
	P	K	Ca	Mg		
K adicionado	.66**	.81**	.79**	.86**	.81**	.46

** = Significancia al 1% de probabilidad.

4. Correlación entre las cantidades de potasio extraído con las metodologías extractoras Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio, para la serie de suelos Suchitepéquez.

En el Cuadro 26, se observan los valores de correlación lineal entre las cantidades de potasio, extraídas con las metodologías Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio.

Se aprecia que existe correlación altamente significativa al 1% de probabilidad entre las cantidades de potasio nativo extraído con cada una de estas metodologías.

Cuadro 26. Coeficiente de correlación entre las cantidades de potasio extraído con las metodologías Carolina del Norte, Bray-2 y Acetato de Amonio, para la serie de suelos Suchitepéquez.

Metodologías	Carolina del Norte	Bray-2	Acetato de Amonio
Carolina del Norte	-----	0.96**	0.97**
Bray-2	-----	-----	0.98**

** = Significancia al 1% de probabilidad.

VII. CONCLUSIONES.

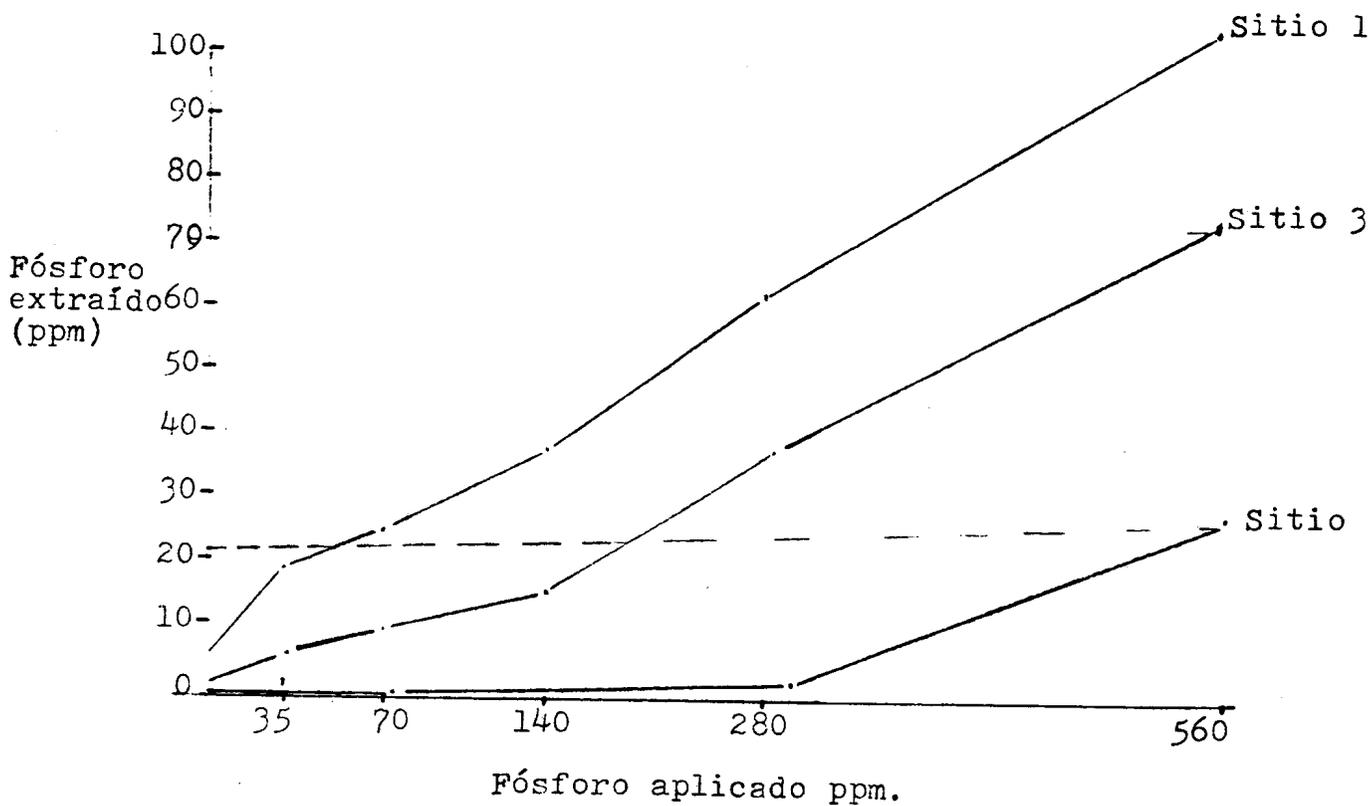
- 1.- Para la serie de suelos Suchitepéquez, el rango y nivel de concentración crítica de fósforo es el siguiente: Con la metodología Carolina del Norte, el rango es de 6 a 10 ppm y el nivel de 7 ppm. Para Bray-2 el rango es de 12 a 22 ppm y el nivel de 15 ppm.
- 2.- Para la serie Suchitepéquez, el rango y nivel de concentración crítica de potasio es el siguiente: Solución de Carolina del Norte el rango es de 80 a 95 ppm y su nivel de 88 ppm. Con Bray-2 el rango es de 120 a 130 ppm y el nivel crítico de 125 ppm. La solución de Acetato de Amonio su rango es de 130 a 165 ppm y el nivel de 150 ppm.
- 3.- Para la serie de suelos Suchitepéquez, las metodologías presentaron los siguientes coeficientes de correlación entre fósforo extraído y rendimiento relativo: Carolina del Norte 0.86 y Bray-2 de 0.80. Se concluye que se puede utilizar cualquiera de las dos metodologías para el análisis de fósforo siempre y cuando se utilicen los niveles y rangos críticos establecidos en el presente estudio.
- 4.- Para la serie de suelos Suchitepéquez, las metodologías presentaron los siguientes coeficientes de correlación entre potasio extraído y rendimiento relativo: Acetato de Amonio 0.80, Bray-2 0.78 y Carolina del Norte 0.75. Se concluye que

se pueden utilizar cualquiera de estas metodologías para análisis de potasio, siempre y cuando se utilicen los niveles y rangos críticos establecidos en el presente estudio.

IX. APENDICE.

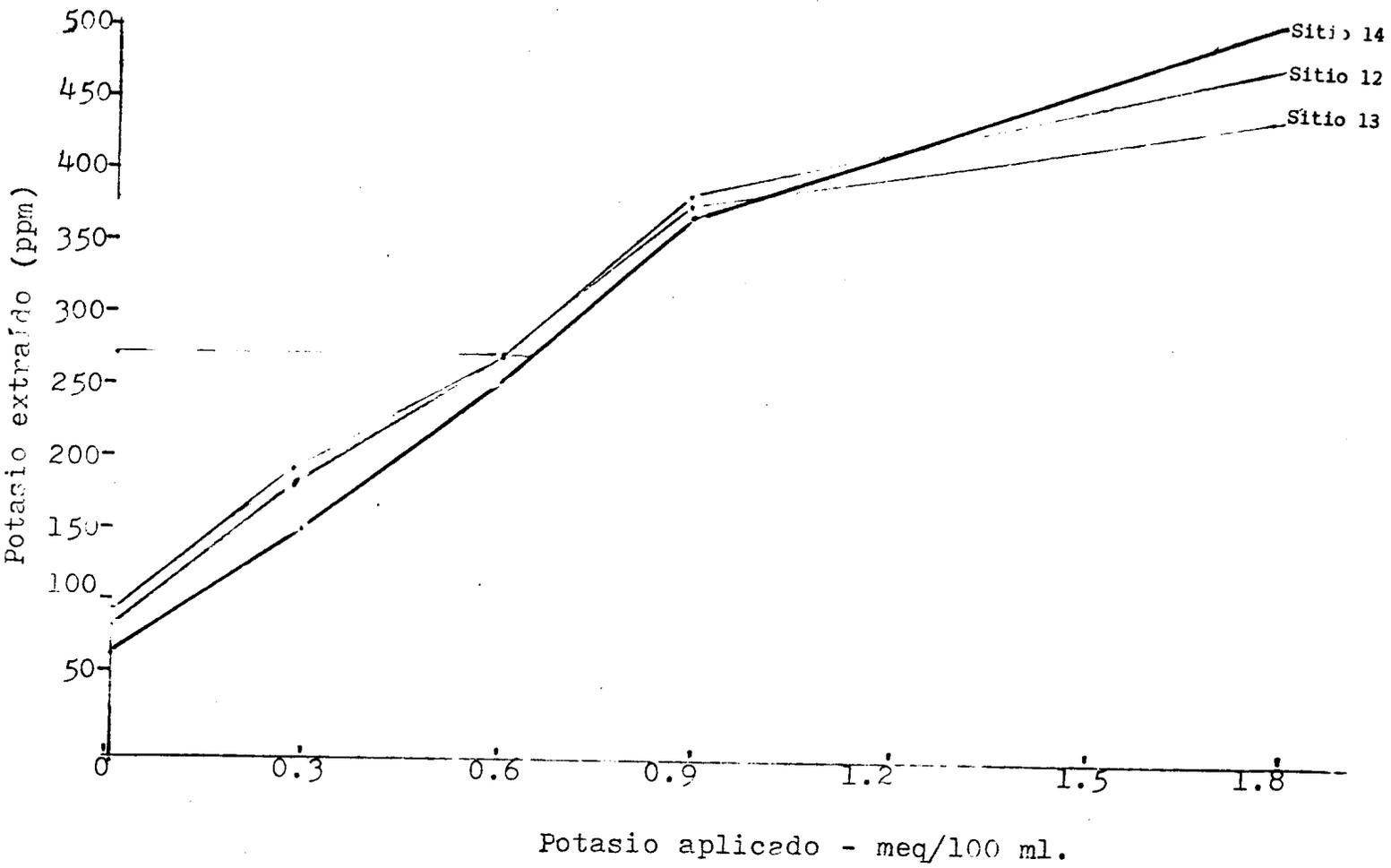
Apéndice 1.

Curvas típicas de sorción de fósforo, observadas en la serie de suelos Suchitepéquez.



Apéndice 2.

Curvas típicas de sorción de potasio, observadas en la serie de suelos Suchitépequez.



BIBLIOGRAFIA.

1. BARIILLAS FLORES, J.M. 1987. Determinación del rango y nivel de concentración crítica de fósforo y potasio con dos metodologías de extracción, en las series de suelos Guatemala y Patzite. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 46 p.
2. BORNEMISZA, E. 1982. Introducción a la química de suelos. Washington, OEA, Monografía no. 25. p. 6, 74.
3. BROLO LUNA, J. 1973. Evaluación preliminar del contenido de fósforo y potasio disponible en los suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 50 p.
4. CATE, R.B.; NELSON, L.A. 1965. Un método rápido para la correlación de análisis de suelos con ensayos de fertilizantes. Estados Unidos, Universidad de Carolina del Norte. Boletín Técnico no. 1. p. 5-8.
5. CHAPMAN, H.; PRATT, P. 1984. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. 4 ed. México, Trillas. 196 p.
6. DIAZ, R.; HUNTER, A. 1982. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p.
7. DIAZ MOSCOSO, M. 1973. Comportamiento de fósforo extraído con Carolina del Norte y Olsen Modificado en tres series de suelos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p.
8. ESPINOZA NAVARRO, R. 1986. Determinación del nivel crítico de fósforo con dos metodologías de extracción en las series de suelos Tempisque y Sinaneque, La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 37 p.
9. ESTRADA LIGORRIA, I. 1973. La disponibilidad de potasio en seis series de suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p.
10. _____ . 1983. Fósforo. In Curso de Fertilidad y Fertilizantes. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. p 45-57.

11. FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica, IICA. 420 p.
12. GONZALES SPILLARI, J. 1970. Evaluación de la fijación y disponibilidad de fósforo en catorce series de suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 31 p.
13. JACKSON, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. Trad. José Beltrán Martínez. 3 ed. Barcelona, España, Omega. 662 p.
14. --- y nivel de concentración crítica de fósforo con tres metodologías de extracción, en las series de suelos Cauqué y Tecpán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p.
15. MENESES OJEDA, A. 1986. Determinación del nivel crítico de fósforo y potasio con tres soluciones extractoras en la serie de suelos Alotenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 46 p.
16. PALENCIA, J.A. 1974. Correlación para análisis de fósforo y potasio en suelo; programa de nutrición vegetal. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. p. 5-14.
17. PERDOMO, R. 1970. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Producción de Materiales USAC. 366 p.
18. ROJAS GARCIDUEÑAS, M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, McGraw-Hill. 262 p.
19. SAIZ DEL RIO, J.F.; BORNEMISZA, S. 1961. Análisis químico de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA. p. 1-69.
20. SALINAS, J.; GARCIA, L. 1979. Métodos analíticos para suelos ácidos y plantas. Cali, Colombia, CIAT. 54 p.
21. SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico: características y manejo. Trad. Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA. 660 p.

22. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
23. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1980. Fertilidad y fertilizantes. España, Omega. p. 220-233.

Vo. Bo.
Latualla



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

18 - V - 1989

"IMPRIMASE"



Anibal B. Martinez M.
ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
Biblioteca Central