

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"DETERMINACION DEL RANGO Y NIVEL DE CONCENTRACION
CRITICA DE FOSFORO Y POTASIO CON DOS METODOLOGIAS DE
EXTRACCION, EN LAS SERIES DE SUELO
GUATEMALA Y PATZITE"

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JOSE MIGUEL BARILLAS FLORES

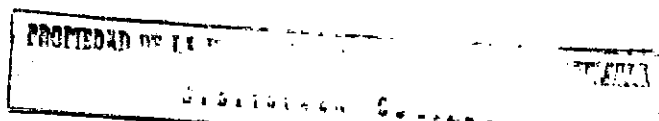
EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACÁDEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Abril de 1987



DL
01
T(976)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL PRIMERO	:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL SEGUNDO	:	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL TERCERO	:	Ing. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL CUARTO	:	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL QUINTO	:	T.U. Carlos Enrique Méndez M.
SECRETARIO	:	Ing. Agr. Luis A. Castañeda A.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	:	Dr. Antonio A. Sandoval S.
EXAMINADOR	:	Ing. Agr. Felipe Darío Rivera
EXAMINADOR	:	Ing. Agr. Manuel Martínez
EXAMINADOR	:	Ing. Agr. Rolando Aguilera
SECRETARIO	:	Ing. Agr. Carlos R. Fernández



Referencia
Asunto
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1543

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Ingeniero Agrónomo
César A. Castañeda S.
Decano de la Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

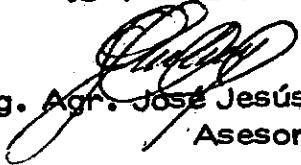
Señor Decano:

Atentamente me dirijo a usted, para informarle que he revisado el trabajo de tesis del estudiante José Miguel Barillas Flores, Carnet No. 49047, titulado "DETERMINACION DEL NIVEL CRITICO DE FOSFORO Y POTASIO, CON DOS METODOLOGIAS DE EXTRACCION, EN LAS SERIES DE SUELO GUATEMALA Y PATZITE", el cual reúne la calidad científica y características que la Facultad exige como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Por lo anterior, con todo respeto solicito a usted su autorización para que dicho trabajo sea publicado como tesis de grado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. José Jesús Chonay Pantzay
Asesor

JJChP/.
c.c. Archivo

Guatemala,
Abril de 1987.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a --
vuestra consideracion el trabajo de tesis titulado:

"DETERMINACION DEL RANGO Y NIVEL DE CONCENTRACION
CRITICA DE FOSFORO Y POTASIO CON DOS METODOLOGIAS
DE EXTRACCION, EN LAS SERIES DE SUELO GUATEMALA Y
PATZITE".

Présentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero
Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrí-
colas.

Atentamente.



José Miguel Barillas Flores

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODOPODEROSO

A MIS PADRES:

José Miguel Barillas Lechuga
Dora R. Flores de Barillas

A MI ESPOSA:

Aura Beatriz Lemus de Barillas

A MIS HIJOS:

Claudia Lorena y
José Miguel

A MIS HERMANAS:

Sonia Beatríz,
María del Carmen y
Dora Reyna

A MIS SOBRINOS:

Jorge Rodrigo,
Mario Estuando,
Gerogina,
Joseph y
Simmy

A MIS ABUELOS:

Francisco Barillas F. (Q.E.P.D.)
Cristina L. de Barillas (Q.E.P.D.)
Víctor Manuel Flores M.
Juana M. de Flores (Q.E.P.D.)

A MIS CUÑADOS

A MI FAMILIA EN GENERAL.

TESIS QUE DEDICO

- A: Mi patria Guatemala
- A: La Universidad de San Carlos
- A: La Facultad de Agronomía
- A: Colegio Salesiano "Don Bosco"

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

- Al:** Ing. Agr. José Jesús Chonay , por su valiosa orientación y ayuda en el desarrollo del presente trabajo.
- A:** Los Ingenieros Salvador Castillo y Mario Brauner por su desinteresada colaboración y ayuda.
- A:** Rudy Ramiro Sierra, co-autor de esta tesis.
- A:** Mi padre José Miguel Barillas Lechuga, por su incondicional apoyo y ayuda brindada durante toda mi vida.

CONTENIDO

PAGINA

	INDICE DE CUADROS.	
	INDICE DE FIGURAS	
	RESUMEN	i
I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	HIPOTESIS	4
IV.	REVISION DE LITERATURA	5
	1. Fósforo y Potasio en el suelo	5
	2. Comportamiento del fósforo y potasio en suelos de origen volcánico	6
	3. Procesos de Fijación en el suelo	8
	4. Nivel Crítico	9
	A. Nivel Crítico de Fósforo	9
	B. Nivel Crítico de Potasio	10
	5. Metodologías de Extracción	10
V.	MATERIALES Y METODOS	12
	1. Características del Material Experimental	12
	A. Suelos	12
	I. Serie de suelo Guatemala	12
	II. Serie de suelo Patzité	12
	B. Descripción de las series de suelo	12
	I. Serie de suelo Guatemala	12
	II. Serie de suelo Patzité	12
	C. Planta Indicadora	13

2. Metodología de Trabajo	14
A. Fase de Campo	14
I. Técnica de Muestreo	14
II. Selección de los puntos de muestreo	14
B. Fase de Laboratorio	17
I. Análisis de Disponibilidad de Nutrientes	17
II. Análisis Físicos y Químicos	17
III. Estudios de Sorción y Determinación de las Curvas de Fijación	17
IV. Niveles de Fósforo y Potasio a evaluar	18
3. Metodología Experimental	22
4. Manejo del Experimento	23
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	25
1. Análisis de Disponibilidad de Nutrientes	25
A. Serie de suelos Guatemala	25
B. Serie de suelos Patzité	25
2. Características Físicas y Químicas	28
A. Serie de suelos Guatemala	28
B. Serie de suelos Patzité	28
3. Peso de Materia Seca	31
A. Serie de suelos Guatemala	32
B. Serie de suelos Patzité	32
4. Cantidad de fósforo y potasio extraído con cada solución extractora y el porcentaje de rendimiento relativo	32
A. Serie de suelos Guatemala	32
B. Serie de suelos Patzité	35

	5. Correlación entre las soluciones extractor- ras de fósforo y potasio con el rendimiento relativo	38
	A. Serie de suelos Guatemala	38
	B. Serie de suelos Patzité	39
VII.	CONCLUSIONES	41
VIII.	RECOMENDACIONES	43
IX.	BIBLIOGRAFIA	44

INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO No.</u>		<u>PAGINA</u>
1	Metodologías de análisis de fósforo y su habilidad para extraer diversas fracciones de fósforo.	11
2	Uso del terreno al momento de efectuar el muestreo en las Series de suelo Guatemala y Patzité	16
3	Tratamientos de Sorción para determinar la Curva de Fijación	18
4	Niveles de Fijación de Fósforo y Potasio en el análisis de sorción para la serie de suelo Guatemala	19
5	Niveles de Fijación de Fósforo y Potasio en el análisis de sorción para la serie de suelo Patzité	20
6	Niveles evaluados para cada muestra de suelo en la serie de suelo Guatemala	21
7	Niveles evaluados para cada muestra de suelo en la serie de suelo Patzité	21
8	Componentes de la solución de micronutrientes	24
9	Disponibilidad de nutrientes extraídos con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I, en la serie de suelo Guatemala	26
10	Disponibilidad de nutrientes extraídos con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I, en la serie de suelo Patzité	27
11	Características Físico-químicas de la serie de suelo Guatemala	29
12	Características Físico-químicas de la serie de suelo Patzité	30
13	Análisis de varianza del rendimiento de biomasa para la serie de suelo Guatemala	31

INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO No.</u>		<u>PAGINA</u>
14	Análisis de varianza del rendimiento de biomasa para la serie de suelo Patzité	32
15	Fósforo y Potasio extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo en la serie de suelo Guatemala	33
16	Análisis de varianza de las metodologías de extracción de fósforo en la serie de suelo Guatemala	34
17	Análisis de varianza de las metodologías de extracción de potasio en la serie de suelo Guatemala	35
18	Fósforo y Potasio extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo en la serie de suelo Patzité	36
19	Análisis de varianza de las metodologías de extracción de fósforo en la serie de suelo Patzité	37
20	Análisis de varianza de las metodologías de extracción de potasio en la serie de suelo Patzité	37
21	Coefficientes de correlación entre las metodologías de extracción de fósforo y el rendimiento relativo en la serie de suelo Guatemala	44
22	Coefficientes de correlación entre las metodologías de extracción de potasio y el rendimiento relativo en la serie de suelo Guatemala	45
23	Coefficientes de correlación entre las metodologías de extracción de fósforo y el rendimiento relativo en la serie de suelo Patzité	46
24	Coefficientes de correlación entre las metodologías de extracción de potasio y el rendimiento relativo en la serie de suelo Patzité	46

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.

PAGINA

1

Ubicación de las Series de
Suelo Guatemala y Patzité

15

RESUMEN

La creciente demanda de información básica que permita orientar programas de fertilización, constituye en Guatemala un problema de primera necesidad. La mayoría de nuestros suelos son de origen volcánico, siendo deficientes en fósforo y potasio, por lo que es necesario realizar estudios para evaluar su fertilidad.

Actualmente se han generado varias metodologías capaces de extraer nutrientes, y para el presente estudio se utilizarón las de Carolina del Norte y Bray I, siendo el propósito el de estudiar la correlación entre las metodologías de extracción, con el rendimiento relativo para establecer el nivel y rango de concentración crítica de fósforo y potasio en las series de suelo Guatemala y Patzité.

La metodología consistió en recolectar 15 muestras de suelo para cada serie, a las cuales se les realizó un análisis físico, químico y determinación del fósforo y potasio disponible, con las soluciones extractoras.

La determinación de los niveles de los nutrientes a evaluar en el invernadero, fué en base a la curva de fijación de cada uno de ellos, utilizandose el sorgo como planta indicadora, crecido en macetas de un litro de capacidad con 500 ml. de suelo.

Para darle respuesta a los objetivos, se utilizó el diseño experimental completamente al azar de estructura jerárquica de cuatro tratamientos por serie y tres repeticiones.

Para las metodologías de extracción de fósforo utilizando Carolina del Norte y Bray I en la serie de suelo Guatemala, reportan coeficientes de correlación de 0.05 y 0.04 respectivamente, mientras que para el potasio, se reportan coeficientes de correlación de -0.04 y de -0.05 siempre con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I.

Para la serie de suelo Patzité, los coeficientes de correlación entre el fósforo extraído por las metodologías de Carolina del Norte y Bray I y el rendimiento relativo, se reportan valores de 0.07 y 0.09, mientras que para el potasio los coeficientes reportados son de 0.125 y 0.118 respectivamente.

En base a los coeficientes de correlación obtenidos, tanto para el fósforo como para el potasio y el rendimiento relativo en las dos series de suelo bajo estudio, se puede observar que no existe correlación entre estos elementos y las soluciones extractoras utilizadas, en virtud de que sus valores son bajos e indican una gran dispersión entre su fertilidad natural y el rendimiento relativo, por lo que no es factible aplicar el método gráfico para la determinación de niveles críticos, por no contarse con diferentes categorías de -- suelo-cultivo al momento de hacer la dispersión de los puntos.

I. INTRODUCCION.

Siendo Guatemala un país situado en la América Tropical, se caracteriza por tener suelos con bajos niveles de fósforo, el cual es un nutriente básico dentro de los elementos que las plantas necesitan para su desarrollo, pero - debido a las reacciones que sufre con los coloides del suelo, su disponibilidad tiende a variar.

El fósforo es un elemento que se encuentra tanto en forma orgánica como inorgánica en el suelo. La presencia de cualquiera de estas formas depende de los factores físicos, químicos y biológicos presentes en el suelo; debido a ello, es que el elemento fósforo dentro del suelo ha constituido motivo de especial atención para pedólogos, químicos y agrónomos. Los pedólogos observando el papel que este elemento desempeña en la evolución genética de los suelos; los químicos caracterizando las diferentes formas de fósforo y estudiando las transformaciones a que están sujetas en el suelo; y los agrónomos por nuestra parte, realizando determinaciones de fósforo disponible y evaluando la respuesta de la planta a la aplicación de fertilizante fosforado.

El uso de fertilizantes como instrumento de tecnología aplicado a la producción, ha venido intensificándose en los últimos años; pero sigue prevaleciendo la costumbre de usar fórmulas sin considerar el suelo a fertilizar, debido a que aún se mantiene la idea de que los suelos de Guatemala, son en general ricos en fósforo y potasio; pero para obtener altos rendimientos en cualquier cultivo, es necesario conocer los factores de la producción que juegan un papel importante en la maximización de esa variable, dentro de estos factores se encuen-

tra el suelo y dentro del suelo, la fertilidad del mismo expresados en términos de disponibilidad y cantidad de nutrimentos determinados mediante análisis químicos de muestras de suelos, son unos de los más importantes.

Actualmente se han generado soluciones que tienen la propiedad de hacer extracciones de nutrientes, que de una manera simulan la acción de las plantas al momento que éstas extraen los diferentes nutrientes del suelo; dentro de estas soluciones podemos mencionar las metodologías de Carolina del Norte --- (H_2SO_4 0.025N+ HCl 0.05N) y la de Bray I (HN_4F 0.03N+HCl 0.025N), las -- que para ser utilizadas como enfoque para generar recomendaciones de fertilización de fósforo y potasio es necesario determinarles un nivel crítico a través de la correlación entre el elemento extraído y el porcentaje de rendimiento relativo, bajo condiciones de invernadero previo a las de campo.

Las series de suelo que se seleccionarán para realizar el presente estudio, fueron la serie Guatemala y la serie Patzité en virtud de que estos suelos son importantes en términos de producción ya que representan áreas bastante extensas y cultivadas en sus respectivas regiones, en tal sentido Simmons et al (22) manifiesta que la serie Guatemala está desarrollada sobre ceniza volcánica débilmente cementada, textura y consistencia franco arcilloso y de color café oscuro, ocupando 34,402 hectáreas equivalentes al 0.316% del área de la república.

La serie Patzité de acuerdo a Simmons et al (22) ocupa 102,380 hectáreas equivalentes al 0.94% del área de la república, desarrollada sobre ceniza volcánica pomácea, de color café oscuro y textura y consistencia franco árenosa.

II. OBJETIVOS

- a. Evaluar las soluciones extractoras de Carolina del Norte y Bray I para fósforo y potasio en las series de suelo Guatemala y Patzité.
- b. Establecer el rango de concentración crítica de fósforo y potasio, - para las series de suelo Guatemala y Patzité, con dos soluciones - extractoras de nutrientes.

III. HIPOTESIS

- a. Las dos metodologías a utilizar, son estadísticamente iguales en la extracción de fósforo y potasio en las series de suelo Guatemala y Patzité.
- b. El rendimiento relativo depende de la cantidad de fósforo y potasio extraído por cada metodología.

IV. REVISION DE LITERATURA.

1. Fósforo y Potasio en el suelo

Pacheco (17), manifiesta que el fósforo se encuentra en los suelos formando compuestos orgánicos é inorgánicos. La importancia de los fosfatos orgánicos reside en la alta proporción que ocurre en los suelos y en que a través de la mineralización se convierte en una fuente de fósforo disponible para las plantas.

Peannsfeld (18), indica que el origen del fósforo lo constituyen las rocas ígneas y dentro de éstas el fósforo se encuentra en la apatita microcristalina; pero el inmediato origen del fósforo para las plantas es el que es disuelto en la solución del suelo. Las plantas absorben fósforo como ión fosfato; de los cuales el ión $H_2PO_4^-$ es más rápidamente absorbido por la mayoría de las plantas.

Fassbender (7), manifiesta que la fuente original de fósforo inorgánico en los suelos, es producto de la desintegración y descomposición de los materiales de apatita, dicha fuente es un constituyente de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

Buckman (2), indica que una gran proporción del fósforo en el suelo es aportado en forma orgánica, la cual es atacada por los microorganismos y estos compuestos orgánicos del suelo, aún no son muy conocidos como aquellos del fósforo inorgánico presente en el mismo.

Estrada (6), manifiesta que el contenido total de potasio natural en el suelo, varía fundamentalmente, de acuerdo al tipo de mineral primario presente en el material parental.

Tisdale (23), por su parte manifiesta que los minerales que constituyen la fuente principal de potasio en el suelo son las micas y los feldespatos potásicos, los cuales durante el proceso de meteorización, liberan potasio que habrá de ser utilizado por las plantas en su nutrición.

Simmons (22), indica que el potasio en el suelo se encuentra en formas no disponible, lentamente disponible y disponible; estas formas de potasio mantienen un equilibrio dinámico de modo que un cambio en cualquier componente del sistema tiende a ser compensado por cambios apropiados para mantener dicho equilibrio. De estas formas, la fácilmente disponible corresponde al potasio que se encuentra en la solución del suelo y adsorvido en el complejo coloidal del mismo de donde la planta lo toma.

2. Comportamiento del fósforo y potasio en suelos de origen volcánico.

Malavolta et al (14), indica que el contenido total de fósforo no es un buen índice para evaluar la cantidad de fósforo en el suelo, pues posiblemente la fracción más pequeña será encontrada en forma de $H_2PO_4^-$ disponible y es la que rápidamente absorben las plantas.

Por su parte Galiano (10), manifiesta que el fósforo es uno de los elementos que mayor atención ha recibido de parte de los investigadores. Debido a bajos contenidos, escasa solubilidad y lo que se ha considerado más grave, el proceso de fijación o retención de este elemento cuando es adicionado al suelo, estos factores son mayores cuando se trabaja con suelos de origen volcánico. Así mismo indica que en cuanto a la magnitud y las formas de fijación se ha encontrado que latosoles del Brasil retuvieron entre el 26.8 y el 41.9% del fósforo añadido, suelos andosólicos de Costa Rica fijaban un promedio de 86.4% del fósforo añadido.

La retención ocurre predominantemente en fosfatos de aluminio y hierro representando entre el 60 y 95% de la retención total, en tanto que la precipitación hacia la fracción P-Ca y la absorción representa un escaso porcentaje de la misma.

Para Guatemala, Brolo (1), determinó que en 80,746 muestras de suelos provenientes de la república de Guatemala, el 55.7% era deficiente en fósforo, - lo cual muestra la necesidad de su aplicación; esta deficiencia observada, ha sido notoria en otras latitudes y es así como Guerrero, Búrbano y Cabrera (12), - anotan que este nutriente ha sido de intensa atención por los investigadores, por el proceso de fijación o retención por el suelo cuando este nutriente se adiciona; fijación que es de gran magnitud cuando se aplica a suelos desarrollados sobre material volcánico, en donde se puede dar el proceso en forma de adsorción física o como precipitación química.

En relación al Potasio, Estrada (6), indica que éste elemento se encuentra bien abastecido en la mayoría de los suelos de Guatemala, sin embargo, se puede agotar, debido a la absorción por las plantas, lixiviación, fijación y la erosión, - además menciona que el contenido de potasio en la planta varía entre 1 al 8%. Al respecto Tissdale y Nelson (23), señalan que el potasio es uno de los elementos que mayor absorbe el vegetal y que el contenido en la corteza terrestre es de 2.4%.

Rodríguez y León (20), en su estudio de suelos negros derivados de ceniza volcánica, observaron que el potasio aumentó la productividad de papa. En maíz indican que los rendimientos decrecen al no aplicar potasio, en un período de 5 años. La disminución de estos rendimientos está entre 1.59 y 3.89 Ton/Ha. de

maíz.

Brolo (1), al analizar las 80,746 muestras de suelo, encontró que el -- 14.5% de las mismas presentan deficiencia de potasio, indicando que este elemento está presente en la mayoría de suelos de Guatemala, atribuido a su origen volcánico.

3. Procesos de Fijación en el suelo.

Perdomo (19), manifiesta que la fijación se refiere a cualquier procedimiento o mecanismo por medio del cual las formas solubles y disponibles de determinados elementos o nutrientes, son convertidas a formas insolubles y no disponibles en el suelo para las plantas.

La fijación del fósforo fué definida en el panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina (8), como el efecto de las interacciones -- del ión fosfato y otros componentes del suelo, los cuales producen su adsorción en el complejo coloidal o su precipitación en fosfatos menos solubles.

Milian (15), señala que aparentemente los suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas presentan un mayor índice de contenido de fósforo que los desarrollados de sedimentos meteorizados y redepositados, y que el fósforo fijado en el suelo es la porción no extractable con ácidos diluidos y no disponibles para las plantas.

Por su parte Sánchez (21), manifiesta que el proceso de fijación de fósforo en el suelo es un fenómeno que consiste en la transformación de fosfatos monocalcicos solubles en fosfatos de calcio menos solubles en suelos con reacción alcalina débil; mientras que en suelos ácidos los productos de fijación son fosfa-

tos complejos de hierro y aluminio.

4. Nivel Crítico.

Díaz-Romeu y Hunter (5), indican que el uso del análisis de suelos como un medio para determinar el estado de fertilidad, en términos de disponibilidad - adecuada o excesiva de los elementos presentes en el suelo para las plantas, está basado en la teoría de que existen ciertos niveles críticos en relación al método analítico utilizado. Cuando el nivel de un elemento medido en el suelo está por debajo de este "nivel crítico", el crecimiento de la planta estará restringido por el grado en que este elemento se encuentre debajo de dicho nivel.

Cate y Nelson (3), denominan al nivel crítico del análisis de suelos como el punto debajo del cual la probabilidad de una respuesta económica a la adición de fertilizantes es alta y por encima del cual la probabilidad es baja, citan además que por encima del valor crítico el elemento deja de ser un factor limitante.

A. Nivel crítico de fósforo.

Son varios los estudios que se tienen sobre el nivel crítico de fósforo y en los mismos se puede observar la variación de este nivel crítico.

González (11), al trabajar con 18 suelos de la República de Guatemala, -- con la solución extractora de Carolina del Norte, determinó que bajo condiciones de invernadero, el nivel crítico de fósforo es de 19 ppm. Por su parte, Hurtarte (13) determinó que para la serie de suelos Chicaj el nivel crítico de fósforo con Carolina del Norte es de 13.5 ppm y con Olsen modificado es de 2.5 ppm.

Moscoso (16), al evaluar el comportamiento de fósforo extraído con Carolina del Norte y Olsen modificado en tres series de suelo, concluyó que la correla-

ción del fósforo extraído y el porcentaje de rendimiento relativo, es diferente para cada serie de suelo y método de extracción.

B. Nivel Crítico de potasio.

Siendo un nutriente que se manifiesta en un equilibrio dinámico, el potasio difícilmente puede estar en condiciones de baja disponibilidad para las plantas, sin embargo, las zonas de alta precipitación pluvial son propensas a que este elemento esté sujeto a una mayor lixiviación, que en un momento dado puede localizarse como deficiente para el desarrollo de un cultivo.

Estos dos aspectos, muestran la necesidad de conocer cuál sería el nivel crítico a partir del cual el potasio no se presente deficiente para el desarrollo del cultivo. Esto llevó a Estrada (6), a determinar que bajo condiciones de invernadero y con la metodología de Carolina del Norte, el nivel crítico de potasio fuera de 140 ppm.

5. Metodologías de Extracción

En cuanto a la determinación de las metodologías de extracción, muchos tipos de soluciones han sido sugeridas y usadas, tales como ácidos fuertes y ácidos débiles en diversas concentraciones, soluciones de sales y soluciones de bases, soluciones amortiguadoras, soluciones frías y soluciones calientes.

Estas soluciones extraen diferentes cantidades de un nutriente en particular y al respecto, el cuadro 1 muestra los métodos, las soluciones extractoras y las fracciones extraídas con mayor eficiencia.

Cuadro 1. Metodologías de análisis de fósforo y su habilidad para extraer diversas fracciones de fósforo. Fuente Sánchez (21)

METODO	SOLUCION EXTRACTORA	FRACCIONES EXTRAIDAS CON MAYOR EFICIENCIA
Olsen	NaHCO_3 0.5M a pH 8.5	fosfatos de hierro
Trough	H_2SO_4 0.002N a pH 3.0	fosfatos de calcio
Carolina del Norte	H_2SO_4 0.025N + HCl 0.05N	fosfatos de calcio y fosfatos de aluminio
HCl	HCl 0.3N	fosfatos de calcio y fosfatos de aluminio
Bray I	HN_4F 0.03N + HCl 0.025N	fosfatos de calcio y fosfatos de aluminio
Bray II	HN_4F 0.03N + HCl 0.1N	fosfatos de calcio y fosfatos de aluminio
Schoefield	CaCl_2 0.01M	
Morgan	NaOAc + HOAc	fosfatos de calcio
EDTA	$\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 0.02N	fosfatos de calcio y fosfatos de aluminio

V. MATERIALES Y METODOS

1. Características del Material Experimental

A. Suelos

Para poder llevar a cabo el presente estudio, fueron seleccionadas las siguientes series de suelo:

- i. Serie de suelo Guatemala: se encuentran localizados en los Departamentos de Guatemala y Chimaltenango.
- ii. Serie de suelo Patzité: se encuentran localizados en los Departamentos de Quiché, Chimaltenango, Suchitepéquez, Totonicapán, San Marcos y Quetzaltenango.

B. Descripción de las series de suelo

Simmons et al (22), manifiesta que las principales características de las series estudiadas, son las siguientes:

i. Serie de suelo Guatemala

El área total de esta serie de suelo es de 34,402 hectáreas o sea el 0.316% del área de la república. El material de origen es ceniza volcánica débilmente cementada, relieve casi plano. La profundidad del suelo varía según el grado de erosión al cual ha estado sujeto durante su desarrollo; el color del suelo superficial es café muy oscuro, la textura y consistencia del suelo superficial es franco arcilloso.

El espesor del suelo superficial es de 25 centímetros y uno de los problemas que presenta es el control de deslaves.

ii. Serie de suelo Patzité

El área total de esta serie de suelo es de 102,380 hectáreas o sea el

0.94% del área de la república. El material de origen es ceniza volcánica pomácea, ocupando relieves inclinados. El suelo superficial presenta una coloración café oscuro y la textura y consistencia es franco arenoso. El espesor del suelo superficial es de 20 - centímetros y gran parte del área mostrada como suelos patzité - está severamente erosionada.

C. Planta Indicadora

Para poder determinar los niveles críticos de fósforo y potasio en las series de suelo Guatemala y Patzité, fué necesario el uso de una planta indicadora que manifestara el desarrollo alcanzado con los diferentes niveles de fertilizante que se aplicarón.

Díaz-Romeu y Hunter (5), manifiestan que a nivel de Invernadero, - plantas como sorgo, arroz, trigo y girasol han sido utilizadas como indicadoras, pero quizá no haya una planta que sea la mejor indicadora para todos los elementos, pero el sorgo parece ser una de las mejores, siendo sensitiva a la mayoría de las deficiencias, crece rápido, tiene semillas pequeñas y crece bien en un amplio rango de condiciones climáticas.

Estas características determinarán que en el presente estudio se haya utilizado sorgo, cuyo nombre científico es Sorghum vulgare la cual pertenece a la familia de las gramíneas.

Dentro de las características botánicas del sorgo, podemos mencionar que posee tallos erectos, macizos desde 0.6 a 2.5 mts. de altura, en cada yema lateral se encuentra un nudo, en lados opuestos unos a otros.

Los nudos llevan acanaladuras alternadas de un lado a otro, junto con las yemas laterales y las hojas. Las hojas son de limbos sin vellosidades y de superficie c rea, el sistema readicular es muy ramificado y carece de raíz pivotante.

Para el presente estudio, se utilizó la variedad Jupiter, la cual produce grano blanco y se adapta a una altura de 1 a 1,200 metros sobre el nivel del mar.

2. Metodología de Trabajo

Para poder determinar el nivel crítico de fósforo y potasio en las series de suelo Guatemala y Patzité, por medio de las metodologías de extracción de Carolina del Norte y Bray I, se llevaron a cabo dos fases de trabajo, las cuales fueron la fase de campo y la fase de laboratorio, para poder montar el ensayo de invernadero; y los cuales se detallan a continuación:

A. Fase de Campo

i. Técnica de Muestreo

Para poder realizar el muestreo, secado y homogenización de las muestras recolectadas en las dos series bajo estudio, se siguieron las recomendaciones propuestas para el efecto por Fitts y Waugh (9).

ii. Selección de los puntos de muestreo

Para la selección de los puntos de muestreo, se consideró la distribución de las series de suelo que se observa en la Figura 1, en los Departamentos de Guatemala, Chimaltenango, Quiché, Suchitepéquez, Totonicapán, San Marcos y Quetzaltenango. Así mismo, se consideró

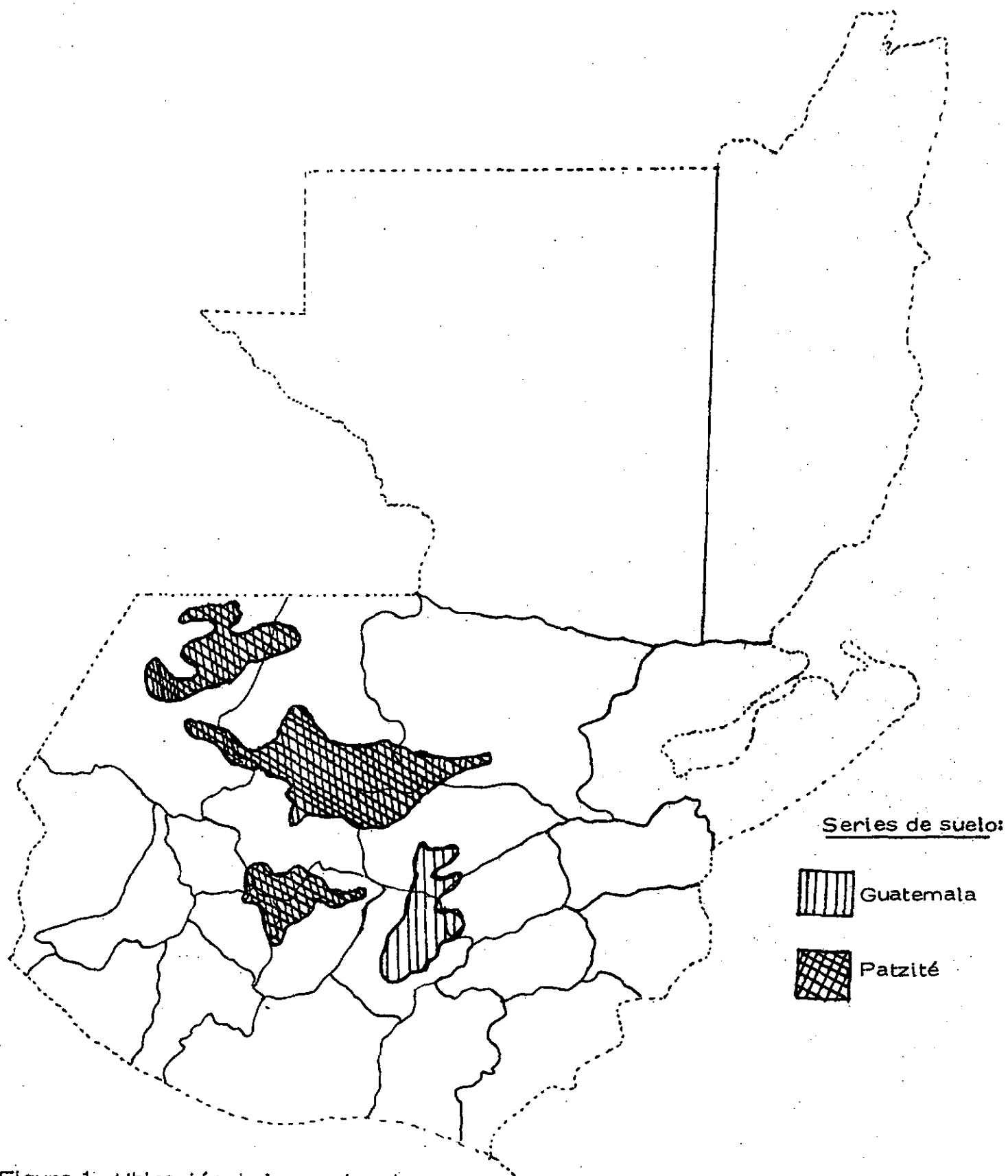


Figura 1. Ubicación de las series de suelo Guatemala y Patzité

el uso actual del suelo en función del cultivo observado al momento de efectuar el muestreo, tal como se muestra en el cuadro 2.

La determinación del número de muestras para cada serie de suelo, se hizo en base a las recomendaciones de Cate y Nelson (3).

Cuadro 2. Uso del terreno al momento de efectuar el muestreo en las Series de Suelo Guatemala y Patzité

Sitio de Muestreo	Manejo al momento del muestreo	
	Serie Guatemala	Serie Patzité
1	Pasto	Maíz
2	Frijol	Bosque
3	Bosque	Maíz
4	Maíz	Maíz
5	Maíz	Bosque
6	Hortalizas	Pasto
7	Frijol	Frijol
8	Bosque	Hortalizas
9	Rastrojo Maíz	Maíz
10	Pasto	Pasto
11	Hortalizas	Bosque
12	Frijol	Frijol
13	Hortalizas	Hortalizas
14	Maíz	Maíz
15	Pastos	Pastos

B. Fase de Laboratorio

I. Análisis de Disponibilidad de Nutrientes

En el laboratorio de la Disciplina de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA-, se analizaron las muestras de suelo de las dos series bajo estudio, a las cuales se les determinó el pH, fósforo y potasio disponibles.

Para la determinación del pH, se utilizó el potenciómetro con una relación de 1:2.5, ahora bien el fósforo y potasio se extrajeron con las soluciones de Carolina del Norte y Bray I, siendo la cuantificación del fósforo por medio de colorimetría, mientras tanto para el potasio la cuantificación se realizó por medio de espectofotometría de absorción atómica.

II. Análisis Físico Químicos

Con el propósito de caracterizar el suelo de las series Guatemala y Patzité, se analizaron las muestras recolectadas para cada serie, la textura se determinó por el método del hidrómetro de bouyoucos, la materia orgánica por el método de la combustión húmeda de Walkley-Black, las bases intercambiables fueron extraídas con acetato de amonio 1N a pH 7 y fueron leídas por medio del espectofotometro Perkin-Elmer.

III. Estudios de Sorción y Determinación de las Curvas de Fijación

Las muestras de suelo recolectadas, de las series bajo estudio, fueron sometidas al método de sorción según la técnica propuesta por Diaz y Hunter (5), la cual consiste en agregar al suelo distintos ni-

veles de elementos, el cual para el presente estudio, consistió en agregar concentraciones crecientes de fósforo y potasio, como se muestra en el cuadro 3. Seguidamente cuando la muestra estuvo completamente seca, se procedió a realizar la extracción del fósforo y potasio, niveles de fijación que se presentan en los cuadros 4 para la serie de suelo Guatemala y en el cuadro 5 para la serie de suelo Patzité; en base a estos análisis se elaboraron las curvas de fijación que evalúa el grado de fijación y liberación del fósforo y potasio al mismo tiempo.

Cuadro 3. Tratamientos de Sorción para Determinar la Curva de Fijación

Tratamiento de Sorción	Concentración en cada tratamiento	
	P(ppm)	K(ppm)
1	0	0
2	35	42.90
3	70	85.80
4	140	175.50
5	280	351.00
6	560	702.00

Fuente: Díaz y Hunter (5)

iv. Niveles de Fósforo y Potasio a evaluar

Por medio de las curvas de fijación de cada sitio, se determinaron los niveles de fósforo y potasio a evaluar en el ensayo de invernadero, niveles que se muestran en el cuadro 6 para la serie Guatemala y en el cuadro 7 para la serie Patzité.

Cuadro 4 Niveles de Fijación de Fósforo y Potasio en el análisis de sorción para la serie de suelo Guatemala

Muestra	Nutrientes Aplicado	Nivel de fijación de fósforo en sorción						Nivel de fijación de potasio en sorción					
		0	35	70	140	280	560	0	42.9	85.80	175.50	351.0	702.0
1		46.55	60.76	67.45	108.22	114.75	122.52	282.75	332.55	365.10	425.10	600.30	910.20
2		19.50	25.45	38.94	63.35	70.05	76.48	402.75	409.30	450.0	535.0	680.10	997.95
3		59.15	79.95	87.98	105.08	95.45	100.05	270.0	307.65	354.0	411.38	580.20	887.85
4		67.19	83.11	108.21	135.20	140.30	149.04	220.20	235.20	295.20	370.20	512.70	755.10
5		67.99	86.10	95.39	118.21	127.42	130.92	590.40	655.90	787.90	820.20	960.30	997.95
6		35.00	42.16	79.04	89.51	95.45	118.86	180.0	215.10	251.33	295.20	442.65	787.95
7		84.37	101.53	113.88	135.20	90.20	120.29	299.2	286.43	326.43	393.98	527.95	889.30
8		64.74	69.99	100.85	103.99	109.1	107.87	257.55	280.05	335.1	395.1	512.70	855.00
9		64.74	84.41	90.13	108.84	115.1	117.42	530.4	627.75	662.55	780.3	910.20	980.40
10		61.95	78.00	109.79	110.11	115.1	122.25	245.10	258.98	292.65	352.65	502.65	862.65
11		38.94	66.37	87.91	106.4	108.21	117.42	215.1	257.55	280.05	340.20	488.78	780.30
12		19.50	51.87	81.12	98.35	103.99	109.25	345.0	368.93	398.93	460.05	590.40	902.89
13		106.24	108.55	116.48	135.20	120.29	134.09	720.0	805.20	805.20	885.30	980.40	870.0
14		105.30	126.50	111.90	130.0	136.45	140.09	505.50	535.50	560.40	580.20	845.40	850.20
15		5.08	16.15	38.58	55.07	68.31	106.90	335.10	381.38	360.0	410.0	547.65	772.65

Cuadro 5 Niveles de fijación de fósforo y potasio, en el análisis de sorción para la serie de suelo Patzité

Muestra	Nutrientes Aplicado	Nivel de fijación de fósforo en sorción						Nivel de fijación de potasio en sorción					
		0	35	70	140	280	560	0	42.9	85.80	175.00	35.10	702.0
1		10.40	11.51	20.06	21.45	24.18	43.23	100.20	122.55	118.75	178.86	248.93	442.50
2		6.48	8.03	9.57	22.30	31.61	81.41	252.43	271.43	322.65	373.88	527.55	830.10
3		38.94	49.66	76.16	84.08	121.75	157.17	105.00	135.15	165.15	197.55	393.93	485.10
4		3.36	8.40	16.87	18.97	29.40	102.12	435.00	446.48	465.30	547.95	602.85	987.75
5		11.51	16.78	33.58	52.85	66.99	118.86	172.65	200.10	245.25	300.15	442.65	762.75
6		8.00	16.75	35.69	72.58	76.48	132.48	435.00	445.10	477.75	552.75	652.65	940.20
7		5.60	16.87	51.17	77.56	97.08	101.64	377.55	422.55	485.40	490.20	650.30	950.10
8		13.72	19.50	36.79	55.32	70.79	121.67	167.55	190.20	223.88	267.60	402.75	627.75
9		3.12	3.12	3.12	4.16	24.24	4.0.37	470.10	430.20	465.30	547.65	680.10	807.75
10		1.36	2.08	4.08	5.21	6.48	26.20	162.75	187.65	211.43	267.60	413.93	597.75
11		3.36	8.40	16.87	18.97	28.92	102.12	385.20	422.85	425.10	470.40	630.30	862.65
12		6.45	7.30	8.21	22.99	32.76	80.29	402.75	425.20	452.85	540.30	655.50	902.85
13		3.36	11.80	17.15	18.97	32.52	104.64	92.55	130.20	141.38	182.55	267.60	465.00
14		6.80	20.49	60.02	91.17	104.09	109.22	167.55	208.88	238.88	297.60	451.43	745.20
15		2.72	3.00	4.08	4.08	8.64	28.49	155.10	173.78	206.33	263.78	390.15	637.95

Cuadro 6. Niveles evaluados para cada muestra de suelo, en la serie de suelo Guatemala.

Muestra	Niveles evaluados en ppm.							
	P ₀	K ₀	P ₁	K ₀	P ₀	K ₁	P ₁	K ₁
1	00	00	35	00	00	45	35	45
2	00	00	10	00	00	45	10	45
3	00	00	35	00	00	45	35	45
4	00	00	35	00	00	45	35	45
5	00	00	35	00	00	45	35	45
6	00	00	35	00	00	25	35	25
7	00	00	35	00	00	45	35	45
8	00	00	35	00	00	45	35	45
9	00	00	35	00	00	45	35	45
10	00	00	35	00	00	45	35	45
11	00	00	35	00	00	45	35	45
12	00	00	5	00	00	45	5	45
13	00	00	35	00	00	45	35	45
14	00	00	35	00	00	45	35	45
15	00	00	45	00	00	45	45	45

Cuadro 7. Niveles evaluados para cada muestra de suelo, en la serie de suelo Patzité.

Muestra	Niveles evaluados en ppm.							
	P ₀	K ₀	P ₁	K ₀	P ₀	K ₁	P ₁	K ₁
1	00	00	105	00	00	260	105	260
2	00	00	130	00	00	45	130	45
3	00	00	35	00	00	180	35	180
4	00	00	160	00	00	45	160	45
5	00	00	45	00	00	45	45	45
6	00	00	45	00	00	45	45	45
7	00	00	45	00	00	45	45	45
8	00	00	40	00	00	55	40	55
9	00	00	260	00	00	45	260	45
10	00	00	480	00	00	55	480	55
11	00	00	175	00	00	45	175	45
12	00	00	130	00	00	45	130	45
13	00	00	175	00	00	210	175	210
14	00	00	35	00	00	35	35	35
15	00	00	457	00	00	85	457	85

3. Metodología Experimental

Para el análisis de la variable respuesta, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con estructura jerárquica 15 X 4 con tres repeticiones.

El modelo líneal estadístico para el análisis del rendimiento y biomasa es el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + T_i + j(i) + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} : Biomasa (kg/maceta) en el sitio i, nivel j y repetición k.

U: Efecto de la media general

T_i : Efecto del i-ésimo sitio

$j(i)$: Efecto del nivel j, dentro del sitio i

E_{ijk} : Error experimental asociado a la ijk-ésima unidad experimental.

i: 1,2,3,.....15 sitios

j: 1,2,3,4, tratamientos dentro del sitio

k: 1,2,3 repeticiones.

Y para cada sitio de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = u + a_i + e_{ij}$$

donde:

Y_{ij} : Rendimiento en la repetición j del tratamiento i

u: Efecto de la media general

a_i : Efecto del i-ésimo tratamiento

e_{ij} : Error experimental, asociado a la ij-ésima unidad experimental.

Como unidad experimental, se utilizarón macetas de polyetileno de un litro de capacidad, con 500 ml de suelo tamizado a 2 mm.

4. Manejo del Experimento

A las unidades experimentales, antes de la siembra del sorgo, se le aplicaron niveles de fósforo y potasio que se detallan en los cuadros 6 y 7, la aplicación del fósforo se realizó en forma de ácido fosfórico (H_3PO_4) y la de potasio en forma de cloruro de potasio (KCl), así mismo se adicionó 50 ppm de nitrógeno en forma de nitrato de amonio (NH_4NO_3), una segunda dosis de nitrógeno de 100 ppm fué adicionada a los doce días de germinadas las plantas.

Los micronutrientes, fuerón aplicados en base al criterio de Fitts y Waugh (9), que indica aplicar 25 ml de la solución descrita en el cuadro 8, cada semana durante el período de crecimiento.

Cuadro 8. Componentes de la solución de micronutrientes

COMPUESTO	grs./lt.	ppm del micro-nutriente
H_3BO_3	1.55	271 de B
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	0.99	250 de Mn
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.58	132 de Zn
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.08	20 de Cu

Fuente: Fitts y Waugh (9)

En cada unidad experimental, se usarón 20 semillas de sorgo, a los ocho días de germinadas las plantas, se realizó un entresaque para

dejar diez por maceta; para el riego se utilizó agua destilada vertiendo la misma sobre las macetas, y para poder evaluar el peso de materia seca, a los 37 días después de la siembra, se realizó el corte de las plántulas a 1 centímetro por encima de la superficie del suelo, luego fueron colocadas en bolsas de papel y secadas en horno a una temperatura de 70 °C.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos para las series de suelo Guatemala y Patzité, se presentan a continuación, los cuales son discutidos en el siguiente orden:

1. Análisis de disponibilidad de nutrientes
2. Características Físicas y Químicas
3. Peso de materia seca
4. Cantidad de fósforo y potasio extraído con cada solución y el porcentaje de rendimiento relativo
5. Correlación simple del fósforo (potasio) extraído por cada una de las metodologías con el rendimiento relativo.

1. Análisis de Disponibilidad de Nutrientes

A. Serie de suelo Guatemala

En el cuadro 9, se presentan los resultados de la disponibilidad de nutrientes, cuantificados en el Laboratorio de la Disciplina de Suelos - del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA-, nutrientes extraídos con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I.

Los valores de pH varían de un rango de 6.5 a 7.3, clasificándose como suelos neutros, mientras tanto el fósforo presenta una variación - de 2.08 a 50 ug/ml, valores considerados de deficientes a muy altos, con algunos valores intermedios. Los valores de potasio, presentan una variación de 20 a 600 ug/ml, considerándose valores deficientes- hasta valores muy altos.

B. Serie de suelo Patzité

En el cuadro 10, se presentan los resultados de la disponibilidad de nu-

Cuadro 9. Disponibilidad de nutrientes extraídos con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I, en la serie de suelo Guatemala.

Sitio de Muestreo	Carolina del Norte				Bray I	
	P (ug/ml)	K (ug/ml)	Ca (meq/100 ml)	Mg (meq/100 ml)	P (ug/ml)	K (ug/ml)
1	29.75	253	10.71	1.59	9.38	80
2	36.08	305	12.09	2.01	11.38	97
3	25.00	210	7.23	2.16	7.86	67
4	50.00	133	8.97	2.46	15.77	134
5	39.58	518	6.87	2.28	12.48	106
6	39.75	118	7.47	3.12	12.54	107
7	39.58	215	8.10	2.92	12.48	106
8	41.25	203	7.23	2.67	13.02	111
9	39.58	410	8.73	2.55	13.01	110
10	28.17	150	7.47	1.32	8.86	75
11	22.33	180	8.73	1.68	7.04	60
12	13.33	225	6.60	2.75	4.20	36
13	50.00	600	30.00	4.92	15.77	134
14	50.00	385	12.48	2.67	15.77	134
15	2.08	215	10.98	3.20	2.40	20

Cuadro 10. Disponibilidad de nutrientes extraídos con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I, en la serie de suelo Patzité.

Sitio de Muestreo	Carolina del Norte				Bray I	
	P (ug/ml)	K (ug/ml)	Ca (meq/100 ml)	Mg (meq/100 ml)	P (ug/ml)	K (ug/ml)
1	5.00	58	7.47	3.20	3.85	31
2	6.25	210	5.22	0.96	3.59	29
3	8.50	385	7.47	1.47	4.80	39
4	2.08	395	7.23	1.59	2.15	17
5	42.57	73	7.23	1.68	13.44	111
6	8.50	385	5.73	1.77	3.00	24
7	3.00	310	4.35	1.38	3.50	28
8	41.25	73	7.23	1.86	13.02	110
9	5.00	130	2.49	0.87	4.85	39
10	3.00	360	5.22	1.68	3.50	28
11	2.08	395	3.00	1.59	2.60	21
12	6.25	145	2.49	0.78	3.80	31
13	2.08	145	10.35	1.59	2.40	20
14	3.00	150	10.11	1.59	2.60	21
15	3.00	163	11.22	1.72	2.50	20

trientes para esta serie de suelo, notandose que los valores de pH varían de 6.2 a 6.9 clasificandolos de ligeramente ácidos a neutros, el fósforo presenta valores de 2.08 a 42.57 ug/ml, variación que va de deficientes a muy altos; ahora bien para el potasio, podemos notar que los valores que presenta, varían de 17 a 395 ug/ml los cuales se consideran de deficientes a adecuados.

2. Características Físico-químicas

A. Serie de suelo Guatemala:

En el cuadro 11, se presentan las características físico-químicas de los puntos muestreados en la serie Guatemala, las clases texturales corresponden a franco y franco arcilloso, los valores de materia orgánica se presentan bajos para todos los sitios. La capacidad de intercambio catiónico se encuentra en un rango de variación que va desde 10.74 a 37.32 meq/100 grs. considerandose de medianamente bajo a medianamente alto, situación que se muestra por la correlación con el contenido de materia orgánica y el contenido de arcillas.

Las bases intercambiables, en términos generales se consideran adecuadas; el porcentaje de saturación de bases es considerado medianamente bajo a alto, observandose una tendencia muy alta del límite superior de esa propiedad química.

B. Serie de suelo Patzité

En el cuadro 12, se presentan las características físico-químicas de los puntos muestreados en la serie Patzité, la textura encontrada para esta serie, corresponde a franco arenoso.

Cuadro 11. Características Físico-químicas de la serie de suelo Guatemala.

Muestra	Porcentaje			Clase Textural	% M.O.	Meq/100 grs.					% S.B.
	Arcilla	Limo	Arena			CIC	Ca	Mg	Na	K	
1	33.46	22.84	43.70	Fco. arc.	2.14	18.13	10.71	1.59	0.26	0.65	72.86
2	38.41	23.34	38.25	Fco. arc.	2.08	20.97	12.09	2.01	0.53	0.78	73.49
3	30.23	33.03	36.74	Fco. arc.	1.41	14.27	7.23	2.16	1.02	0.54	76.73
4	38.44	25.82	35.74	Fco. arc.	1.94	16.15	8.97	2.46	0.26	0.34	74.48
5	35.94	23.09	40.97	Fco. arc.	2.72	21.57	6.87	2.28	0.28	1.33	49.88
6	34.32	28.19	37.49	Fco. arc.	3.25	26.52	7.47	3.12	0.05	0.30	41.25
7	21.50	33.34	45.16	Franco	2.48	12.02	8.10	2.92	0.11	0.55	97.17
8	22.48	30.82	46.70	Franco	2.97	10.74	7.23	2.67	0.12	0.52	98.13
9	35.46	24.65	38.89	Fco. arc.	0.98	12.90	8.73	2.55	0.19	1.05	97.05
10	37.26	23.84	38.90	Fco. arc.	2.81	18.52	7.47	1.32	0.14	0.38	50.26
11	32.41	22.34	45.25	Fco. arc.	2.88	19.43	8.73	1.68	0.15	0.46	56.72
12	34.83	23.10	42.07	Fco. arc.	2.69	12.96	6.60	2.75	1.14	0.58	85.42
13	38.32	28.42	33.26	Fco. arc.	4.23	37.32	30.00	4.92	0.76	1.54	99.73
14	34.94	27.22	37.84	Fco. arc.	1.77	17.84	12.48	2.67	0.16	0.99	91.36
15	35.46	24.64	39.90	Fco. arc.	1.48	17.82	10.98	3.20	0.28	0.55	84.23

Cuadro 12. Características Físico-químicas de la serie de suelo Patzité

Muestra	Porcentaje			Clase Textural	% M.O.	Meq/100 grs.					% S.B.
	Arcilla	Limo	Arena			CIC	Ca	Mg	Na	K	
1	17.00	29.78	53.22	Fco. aren.	3.34	16.74	7.47	3.20	0.26	0.15	66.19
2	18.10	23.90	58.00	Fco. aren.	2.84	12.07	5.22	0.96	0.40	0.54	58.98
3	19.10	19.68	61.22	Fco. aren.	2.78	18.59	7.47	1.47	0.40	0.99	55.56
4	16.78	21.01	62.21	Fco. aren.	3.05	19.66	7.23	1.59	0.20	1.01	51.02
5	17.74	19.35	65.91	Fco. aren.	3.25	17.71	7.23	1.68	0.24	0.19	52.74
6	15.87	18.64	65.49	Fco. aren.	2.90	18.45	5.73	1.77	0.14	0.98	46.71
7	13.83	12.27	73.90	Fco. aren.	1.95	12.40	4.35	1.38	0.24	0.79	54.52
8	15.35	14.89	68.76	Fco. aren.	4.23	20.42	7.23	1.86	0.46	0.19	47.69
9	17.73	19.68	62.69	Fco. aren.	1.28	6.25	2.49	0.87	0.18	0.33	61.92
10	14.74	14.45	70.81	Fco. aren.	2.94	15.00	5.22	1.68	0.18	0.92	53.33
11	16.84	16.51	66.99	Fco. aren.	2.00	12.05	3.00	1.59	0.22	1.01	48.30
12	12.18	19.71	68.11	Fco. aren.	1.53	6.50	2.49	0.78	0.12	0.37	57.85
13	17.50	22.52	59.98	Fco. aren.	3.41	20.42	10.35	1.59	0.10	0.37	60.77
14	16.01	21.21	62.78	Fco. aren.	4.01	22.40	10.11	1.59	0.17	0.38	58.68
15	17.98	22.50	59.52	Fco. aren.	5.12	26.28	11.22	1.72	1.12	0.42	55.09

El porcentaje de materia orgánica, tiene un rango de variación que va desde 1.28 a 5.12%, considerandose valores bajos a valores altos, la capacidad de intercambio catiónico es variable, ya que se reportan valores bajos y adecuados, dentro de un rango que va desde 6.25 a 26.68; las bases intercambiables, se consideran en un rango de bajo a alto, mientras que el porcentaje de saturación de bases está considerado en términos medios.

3. Peso de Materia Seca

A. Serie de suelo Guatemala

En el cuadro 13, se observa el análisis de varianza para el rendimiento de materia seca, obtenido en función de los niveles adicionados, se concluye que si existe diferencia significativa entre los sitios de muestreo al 1% de probabilidad, y además entre los niveles evaluados en cada sitio.

Cuadro 13. Análisis de varianza del rendimiento de biomasa para la serie de suelo Guatemala.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada
Sitios de Muestreo	14	1.205	2.91*	2.19
Niveles/sitio	45	0.4135	3.73*	1.76
Error	120	0.1110		
Total	179	0.2727		

* : Significancia al 1% de probabilidad
C.V.: 52.47%

B. Serie de suelo Patzité

En el cuadro 14, se observa el análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en función de los niveles adicionados de los nutrientes bajo estudio. Se concluye que si existe diferencia significativa al 1% de probabilidad y también dentro de los niveles evaluados en cada sitio. Este comportamiento se debe al contenido inicial de nutrientes en el suelo.

Cuadro 14. Análisis de varianza del rendimiento de biomasa para la serie de suelo Patzité.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 1%
Sitios de Muestreo	14	2.7515	6.7971*	2.19
Niveles/sitio	45	0.4048	7.3600*	1.76
Error	120	0.0550		
Total	179	0.3539		

* : Significancia al 1% de probabilidad

C.V.: 22.24%

4. Cantidad de Fósforo y Potasio extraído con cada solución extractora y el Porcentaje de Rendimiento Relativo.

A. Serie de suelo Guatemala

En el cuadro 15, se presentan las concentraciones de fósforo y potasio nativo, extraído con cada solución, así como el porcentaje de rendimiento relativo. Se puede apreciar diferencias significativas en las cantidades que extrae cada solución, en tanto que el porcentaje de rendimiento relativo varía entre el 37.78 al 100% para el fósforo y del 29.31 al 100%

para el potasio, los cuales son considerados de medianamente bajos a altos y manifiestan que los suelos de la serie Guatemala, tienen una alta probabilidad de responder a la aplicación de fósforo y potasio.

Cuadro 15. Fósforo y Potasio extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo en la serie de suelos Guatemala.

Sitio	Metodologías				% Rendimiento Relativo	
	Carolina del Norte		Bray I			
	P	K	P	K	P	K
1	29.75	253	9.38	80	59.52	40.32
2	36.08	305	11.38	97	62.34	68.57
3	25.00	210	7.86	67	68.97	90.00
4	50.00	133	15.77	134	82.69	49.43
5	39.58	518	12.48	106	74.60	63.49
6	39.75	118	12.54	107	70.18	95.00
7	39.58	215	12.48	106	37.78	29.31
8	41.25	203	13.02	111	100.00	100.00
9	39.58	410	13.01	110	75.76	71.43
10	28.17	150	8.86	75	64.52	72.73
11	22.33	180	7.04	60	95.00	87.72
12	13.33	225	4.20	36	95.00	61.29
13	50.00	600	15.77	134	81.82	81.11
14	50.00	385	15.77	134	91.95	60.15
15	2.08	215	2.40	20	68.75	66.66

En el cuadro 16, se observa el análisis de varianza para las metodologías de extracción de fósforo en la serie de suelo Guatemala, concluyéndose que existe diferencia significativa al 5% de probabilidad entre las metodologías de extracción, por lo tanto, el valor del rango y nivel de concentración crítica de fósforo, será diferente con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I.

Cuadro 16. Análisis de varianza de las metodologías de extracción de fósforo en la serie de suelos Guatemala.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 5%
Sitios	14	159.99	3.38 *	2.46
Metodologías	1	3956.46	83.73 *	4.60
Error	14	47.25		
Total	29			

* : Significancia al 5% de probabilidad
CV.: 30.85%

En el cuadro 17, se observa el análisis de varianza para las metodologías de extracción de potasio en la serie de suelo Guatemala, concluyéndose que existe diferencia significativa al 5% de probabilidad entre las metodologías y por lo tanto el valor del rango y nivel de concentración crítica de potasio será diferente con Carolina del Norte y Bray I.

Cuadro 17. Análisis de varianza de las metodologías de extracción de potasio en la serie de suelo Guatemala.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 5%
Sitios	14	12777.49	1.45 NS	2.46
Metodologías	1	250801.6	28.52 *	4.60
Error	14	8792.06		
Total	29			

NS : No Significativo

* : Significativo al 5% de probabilidad

C.V.: 51.17%

B. Serie de Suelo Patzité

En el cuadro 18, se presentan las concentraciones de fósforo y potasio nativo, extraído con las soluciones de Carolina del Norte y Bray I, así como el porcentaje de rendimiento relativo; pudiendose observar diferencias en las cantidades de elementos que extrae cada solución, en tanto que el porcentaje de rendimiento relativo varía entre el 47.62 al 94.34% para el fósforo; mientras que para el potasio, el porcentaje de rendimiento relativo varía en un rango del 40.46 al 95.00%, los cuales son considerados rendimientos de medianos a altos y manifiestan que los suelos de la serie Patzité, tienen una alta probabilidad de responder a la aplicación de fósforo y potasio.

Cuadro 18. Fósforo y Potasio extraído con las soluciones extractoras y el porcentaje de rendimiento relativo en la serie de suelo Patzité.

Sitio	Metodologías				% Rendimiento Relativo	
	Carolina del Norte		Bray I			
	P	K	P	K	P	K
1	5.00	58	3.85	31	64.29	64.29
2	6.25	210	3.59	29	94.34	94.34
3	8.50	385	4.80	39	82.19	95.00
4	2.08	395	2.15	17	90.00	78.75
5	42.57	73	13.44	111	82.30	69.92
6	8.50	385	3.00	24	57.50	48.94
7	3.00	310	3.50	28	60.00	78.08
8	41.25	73	13.02	110	73.91	78.26
9	5.00	130	4.85	39	84.62	91.67
10	3.00	360	3.50	28	71.67	54.77
11	2.08	395	2.60	21	88.33	84.13
12	6.25	145	3.80	31	48.95	40.46
13	2.08	145	2.40	20	78.67	69.41
14	3.00	150	2.60	21	47.62	55.12
15	3.00	163	2.50	20	89.55	72.29

En el cuadro 19, se observa el análisis de varianza para las metodologías de extracción de fósforo en la serie de suelo Patzité, y se concluye que no existe diferencia significativa al 5% de probabilidad entre las metodologías.

Cuadro 19. Análisis de varianza de las metodologías de extracción de fósforo en la serie de suelo Patzité.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 5%
Sitios	14	142.788	2.93 NS	2.46
Metodologías	1	172.608	3.55 NS	4.60
Error	14	48.569		
Total	29			

N.S. : No Significativo

C.V. : 99.01%

En el cuadro 20, se observa el análisis de varianza para las metodologías de extracción de potasio en la serie de suelo Patzité, y se concluye que existe diferencia significativa al 5% de probabilidad entre las metodologías de extracción, por lo tanto el rango y nivel de concentración crítica de potasio, será diferente para las metodologías.

Cuadro 20. Análisis de varianza de las metodologías de extracción de potasio en la serie de suelo Patzité.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 5%
Sitios	14	7087.96	0.646 NS	2.46
Metodologías	1	262828.8	23.950 *	4.60
Error	14	10970.80		
Total	29			

N.S. : No significativo

* : Significativo al 5% de probabilidad

C.V. : 79.63%

5. Correlación entre las soluciones extractoras de fósforo y potasio con el Rendimiento Relativo.

A. Serie de suelo Guatemala

En el cuadro 21, se presentan los coeficientes de correlación entre el fósforo que extrae cada metodología y el rendimiento relativo.

La solución de Carolina del Norte reporta un coeficiente de 0.05, el cual muestra un coeficiente bajo, mientras que la solución de - Bray I reporta un coeficiente de 0.04 el cual también es considerado como un coeficiente bajo.

Cuadro 21. Coeficientes de correlación entre el fósforo extraído y el rendimiento relativo para la serie de suelo Guatemala.

Metodología de extracción	r
Carolina del Norte	0.05
Bray I	0.04

En el cuadro 22, se presentan los coeficientes de correlación entre el potasio que extrae cada metodología y el rendimiento relativo.

La solución de Carolina del Norte reporta un coeficiente de -0.04 que en términos estadísticos es considerado como un coeficiente bajo, mientras que la solución de Bray I reporta un coeficiente de --- -0.056 el cual también es considerado como un coeficiente bajo.

Cuadro 22. Coeficientes de correlación entre el potasio extraído y el rendimiento relativo para la serie de suelo Guatemala.

Metodología de extracción	r
Carolina del Norte	-0.04
Bray I	-0.05

B. Serie de suelo Patzité

En el cuadro 23, se presentan los coeficientes de correlación entre el fósforo que extrae cada metodología y el rendimiento relativo.

La solución de Carolina del Norte reporta un coeficiente de 0.07 mientras que la solución de Bray I reporta un coeficientes de 0.09 los cuales son considerados estadísticamente como coeficientes bajos.

Cuadro 23. Coeficientes de correlación entre el fósforo extraído y el rendimiento relativo para la serie de suelo Patzité.

Metodología de extracción	r
Carolina del Norte	0.07
Bray I	0.09

En el cuadro 24, se presentan los coeficientes de correlación entre el potasio que extrae cada metodología y el rendimiento relativo.

La solución de Carolina del Norte reporta un coeficiente de 0.125 y la metodología de Bray I reporta un coeficiente de 0.118, los cuales son considerados estadísticamente como coeficientes bajos.

Cuadro 24. Coeficientes de correlación entre el potasio extraído y el rendimiento relativo para la serie de suelo Patzité.

Metodología de extracción	r
Carolina del Norte	0.125
Bray I	0.118

VII. CONCLUSIONES

Al analizar los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

A. Para la serie de suelo Guatemala, las metodologías de extracción de fósforo con Carolina del Norte y Bray I, reportan coeficientes de correlación de 0.05 y 0.04 respectivamente, los cuales estadísticamente son considerados como coeficientes bajos, concluyéndose por lo tanto que no existe correlación entre el fósforo extraído por cada metodología y el rendimiento relativo.

En lo referente al potasio, las metodologías de Carolina del Norte y Bray I, reportan coeficientes de correlación de -0.04 y de -0.05 respectivamente, los cuales también son considerados como coeficientes bajos, por lo que no existe correlación entre el potasio extraído por cada metodología y el rendimiento relativo.

B. En la serie de suelo Patzité, las metodologías de extracción de fósforo con Carolina del Norte y Bray I, reportan coeficientes de correlación de 0.07 y 0.09 respectivamente, mientras que para el potasio, los coeficientes de correlación son de 0.125 y 0.118 para Carolina del Norte y Bray I, coeficientes considerados bajos y por lo tanto se concluye que no existe correlación entre los elementos evaluados por cada metodología y el rendimiento relativo.

C. Basado en los valores de los coeficientes de correlación, entre el fósforo, potasio y el rendimiento relativo, se concluye que no existe correlación entre estos elementos y las soluciones extractoras utilizadas, pues sus valores son bajos e indican una gran dispersión entre su fertilidad

natural y el rendimiento relativo respectivo.

D. Dado a que los valores de los coeficientes de correlación son bajos y la fertilidad natural de las dos series sometidas a estudio son valores altos, no es factible aplicar el método gráfico para la determinación de niveles críticos propuestos por Cate y Nelson, ya que no se cuenta con diferentes categorías de suelo-cultivo al momento de hacer la dispersión de puntos.

VIII. RECOMENDACIONES

- A. Realizar estudios para determinar el rango de concentración crítica de fósforo y potasio en las series de suelo Guatemala y Patzité, con las metodologías de Carolina del Norte y Bray I, seleccionandose para el efecto puntos que presenten diferentes categorías de fertilidad natural, estudios que deberán efectuarse a nivel de invernadero.
- B. Realizar estudios para determinar el rango de concentración crítica de fósforo y potasio en las series de suelo Guatemala y Patzité, utilizando otras metodologías de extracción de nutrientes y seleccionando puntos que presenten diferentes categorías de fertilidad, pues de esa manera será posible conocer el comportamiento de otras soluciones extractoras con las series de suelo antes mencionadas.
- C. Realizar este tipo de investigación a nivel de campo y con otro cultivos, con el propósito de obtener un rango de concentración crítica de fósforo y potasio más ajustado a la realidad, para las series de suelo Guatemala y Patzité.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. BROLO LUNA, J. 1973. Evaluación preliminar del contenido de fósforo y potasio disponibles en los suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 50 p.
2. BUCKMAN, H. ; BRADY, N. 1971. Naturaleza y propiedad de los suelos. Barcelona, España, Montander y Simón. p. 146-151
3. CATE, R. ; NELSON, L. 1965. Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelos y las respuestas a los fertilizantes. Traducido por Isabel de Mendoza. Carolina del Norte, Universidad Estatal. Boletín Técnico no. 7. p. 106
4. DIAZ, M.R. 1984. Comportamiento del fósforo extraído por Carolina del Norte y Olsen Modificado en tres series de suelo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 88 p.
5. DIAZ, R. ; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos; análisis e investigación en invernaderos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
6. ESTRADA, L. 1973. La disponibilidad de potasio en seis series de suelo de Guatemala. Tesis Ing. Agr., Guatemala, Universidad de San Carlos. 47 p.
7. FASSBENDER, H.W. 1969. Deficiencias y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. In Panel sobre Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina. (1969, Turrialba, C.R.) Turrialba, Costa Rica, IICA. p. B.4.1
8. _____. 1980. Química de suelos; con énfasis en suelos de América Tropical. San José, Costa Rica, IICA. p. 301-302
9. FITTS, J.W. ; WAUGH, D.L. 1966. Estudios de interpretación de análisis de suelos: laboratorio y macetas. Carolina del Norte, Universidad Estatal. Boletín Técnico no. 3. 36 p.
10. GALIANO, S.F. 1974. Estimación del fósforo asimilable en el suelo por análisis de tejidos vegetales. In Coloquio sobre suelos. (3., 1973., Bogotá, Colombia). Suelos Ecuatoriales; el fósforo en zonas tropicales. Medellín, Colombia, Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. v. 6, p.329-344

11. GONZALES, J.A. 1970. Evaluación de la fijación y disponibilidad del fósforo en 14 series de suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr., Guatemala, Universidad de San Carlos. 31 p.
12. GUERRERO, R. ; BURBANO, J. ; CABRERA, T. 1972. Estado y fijación del fósforo en suelos volcánicos del sur de Colombia. In Panel sobre suelos volcánicos de América. (2., 1972, Pasto, Colombia). Pasto, Colombia, IICA. p. 59-83
13. HURTARTE, M.M. 1984. Determinación del nivel crítico de fósforo en la serie de suelos Chicaj, La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr., Guatemala, Universidad del Valle. 42 p.
14. MALAVOLTA, E. et al. 1964. La nutrición en algunas cosechas tropicales. Sao Paulo, Brasil, Escuela Superior de Agricultura "Luis de Queiroz". 163 p.
15. MILIAN, F.H. 1984. Evaluación de la capacidad de fijación de fósforo a través de la Isoterma de Langimur de tres suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr., Guatemala, Universidad de San Carlos. 33 p.
16. MOSCOSO DIAZ, M.R. 1984. Comportamiento del fósforo extraído por Carolina del Norte y Olsen Modificado en tres series de suelo. Tesis Ing. Agr., Guatemala, Universidad de San Carlos. 88 p.
17. PACHECO, R. 1977. La nutrición fosfórica en dos suelos de diferente fertilidad. Tesis Ing. Agr., Universidad de Costa Rica. 20 p.
18. PEANNSFIELD, D.C. 1975. Phosphorous and crop production. Texas, The Texas A & M University System/Texas Agricultural Extension Service. 16 p.
19. PERDOMO, R. 1970. Ciencia y Tecnología del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos, Centro de Producción de Materiales. 366 p.
20. RODRIGUEZ, M. ; LEON, L.A. 1972. Fertilización del Maíz en suelos negros derivados de cenizas volcánicas de la península central de Antioquía, Colombia. (2., 1972, Pasto, Colombia). Pasto, Colombia, IICA. p. 351-365
21. SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. San José, Costa Rica, IICA. 634 p.

22. SIMMONS, Ch. ; TARANO, M. ; PINTO, J. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Edición en español por Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
23. TISDALE, S.L. ; NELSON, L. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Madrid, España, Montaner y Simón. p. 84, 216, 302
24. URLICH, A. ; HILLS, F. 1982. Plant analysis as an aid in fertilizing Sugar crops: Part I. Sugar beet. U. S., Science Society of America. 491 p.

Vo. Bo.

Barballe



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"



JAN 1963
ING. AGR. CESAR CASTANEDA S.
D.E.C. A. N. G. R. O. N. O. M. I. A

SECRETADO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central