

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"DETERMINACION DEL NIVEL CRITICO DE POTASIO POR
ANALISIS FOLIAR, EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS
DEL MAIZ (Zea mays L.)"



EN EL ACTO DE INVESTIDURA

COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, septiembre de 1984

D.L.
01
T(770)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda
VOCAL I	Ing. Agr. Oscar René Leiva R.
VOCAL II	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez
VOCAL III	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
VOCAL IV	Prof. Héber Arana
VOCAL V	Prof. Leonel Gómez
SECRETARIO	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda
EXAMINADOR	Ing. Agr. José Jesús Chonay
EXAMINADOR	Ing. Agr. Alvaro Hernández
EXAMINADOR	Ing. Agr. Domingo Amador
SECRETARIO	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez



Referencia
Asunto
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1646

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

30 de agosto de 1984

Ing. Agr. César A. Castañeda
Decano de la
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
de Guatemala

Señor Decano:

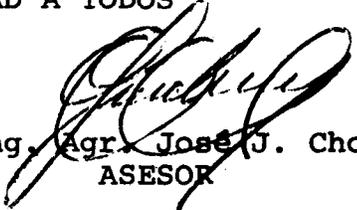
En atención al nombramiento que emitiera, para asesorar al estudiante Hugo Leonel Estrada Ortiz, en su trabajo de tesis "DETERMINACION DEL NIVEL CRITICO DEL POTASIO POR ANALISIS FOLIAR EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS DEL MAIZ (Zea mays L.)", informamos a usted que ha sido concluida la asesoría y revisión del documento final.

Por lo antes expuesto, consideramos que el trabajo presentado por el estudiante Estrada Ortiz, llena los requisitos de una tesis universitaria, además aporta conocimientos básicos sobre la nutrición de plántulas de maíz. Asimismo para que sea sometida a discusión en su Examen General Público.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Hugo A. Tobías
ASESOR


Ing. Agr. José J. Chonay
ASESOR

Guatemala, 6 de septiembre de 1984

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 NIVEL CRITICO DE POTASIO POR ANALISIS FOLIAR, EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS DEL MAIZ (Zea mays L.)".

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

Atentamente,



P.A. Hugo Leonel Estrada

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

CON INFINITA GRATITUD

A MI MADRE

HORTENSIA ORTIZ VDA. DE ESTRADA

A LA MEMORIA DE MI PADRE

JOSE TORIBIO ESTRADA

A LA MEMORIA DE MI HERMANO

RAUL AMILCAR

A MIS HERMANOS

IRMA YOLANDA

OLGA DEL TRANSITO

MARIO ROLANDO

HILDA ARGENTINA

CONSUELO DE JESUS

ELMER FEDERICO

NORA HORTENSIA

JORGE AUGUSTO

A MIS CUÑADOS

MANUEL LEMUS

MARITZA FLORIAN

DANIEL CARDONA

MARCO A. CONTRERAS

A MIS SOBRINOS

A MI FAMILIA EN GENERAL

TESIS QUE DEDICO

A

MI PATRIA GUATEMALA

A

MI QUERIDO JALAPA

A

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

A

LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL

INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A

LA PROMOCION DE PERITOS AGRONOMOS

1976 - 1978

AL

**PROGRAMA DE BECAS DEL MINISTERIO DE
AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION**

A

LOS TRABAJADORES DEL AGRO GUATEMALTECO

A

**MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION Y AMIGOS EN
GENERAL**

MIS MAS SINCEROS AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES

Ing. Agr. José Jesús Chonay P.

Ing. Agr. Hugo A. Tobías

AL

Ing. Agr. Salvador Castillo

AL

P.A. Lester H. Muñoz

AL

Laboratorio de Suelos del ICTA

Y A LAS PERSONAS QUE EN UNA U OTRA FORMA COLABORARON EN
LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO

INDICE DE CONTENIDO

	PAG
Resumen-----	i
I. Introducción-----	1
II. Objetivo-----	2
III. Hipótesis-----	3
IV. Revisión de Literatura-----	4
A. Antecedentes-----	4
B. Muestreo foliar de la planta de maíz---	5
C. Concentración de potasio en la planta de maíz-----	6
D. Epoca de muestreo en la planta de maíz	8
E. Relación en la aplicación de sales y el crecimiento de la planta-----	10
V. Materiales y Métodos-----	17
A. Descripción del área experimental-----	17
B. Descripción del experimento-----	17
C. Factores evaluados-----	19
D. Características medidas-----	19
E. Análisis foliar-----	21
VI. Resultados y Discusión-----	23
A. Concentración de potasio en la hoja del maíz y porcentaje de rendimiento relati <u>v</u> vo del grano-----	23
B. Análisis estadístico-----	25
C. Curva de concentración de potasio en la hoja de maíz-----	25
D. Relación entre Ca, Mg, P/K, Ca/K, Mg/K, Ca/Mg y (Ca+Mg)/K y el porcentaje rendi <u>m</u> iento relativo en grano seco de maíz	28

INDICE DE CONTENIDO

	PAG
E. Influencia de la concentración de potasio sobre el diámetro de las plantas de maíz-----	36
VII. Conclusiones-----	37
VIII. Bibliografía-----	39
IX. Anexos-----	42

INDICE DE CUADROS

	PAG
1 Rango normal en la concentración de nutri <u>men</u> tos en varias partes de la planta de ma <u>íz</u> -----	6
2 Contenido de nutrimentos en algunos culti <u>vos</u> tropicales-----	7
3 Mé <u>todo</u> de muestreo para análisis foliar en ma <u>íz</u> propuesto por Jones-----	9
4 Niveles de nutrimentos en la hoja de ma <u>zorca</u> a la iniciación de la formación del <u>cabello</u> , en varios estados nutricionales de la planta-----	13
5 Valores críticos de nutrimentos en varias partes de la planta de ma <u>íz</u> -----	14
6 Rangos de concentración de nutrimentos en partes de la planta de ma <u>íz</u> -----	16
7 Condiciones ambientales internas del inver <u>nadero</u> en la fase experimental-----	17
8 Características del híbrido H5 de ma <u>íz</u> ---	19
9 Fuente, cantidad por litro y concentra <u>ción</u> de nutrimentos aplicados en la solu <u>ción</u> nutritiva-----	20
10 Concentración de potasio en ppm aplicados en la solución nutritiva-----	21
11 Mé <u>todos</u> para la determinación de P, K, Ca y Mg-----	22

INDICE DE CUADROS

PAG

12	Porcentaje de potasio y rendimiento relativo del grano, 30 días después de la siembra-----	23
13	Porcentaje de potasio y rendimiento relativo del grano, 70 días después de la siembra-----	24
14	Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento relativo-----	25
15	Rangos de concentración del potasio en la hoja y estado nutricional de la planta de maíz a los 30 días de crecimiento	27
16	Rangos de concentración del potasio en la hoja y estado nutricional de la planta de maíz a los 70 días de crecimiento-----	28

INDICE DE FIGURAS

	PAG
1 Curva de concentración del nutrimento-----	10
2 Cuatro métodos para definir el nivel crítico de nutrimentos en la planta-----	12
3 Relación entre concentración de nutrimentos en tejidos de plantas y rendimiento de cose <u>cha</u> , mostrando el Rango Crítico de Nutrimen <u>tos</u> (CRN)-----	15
4 Esquema de la unidad experimental-----	18
5 Relación entre la concentración de potasio en la hoja de maíz a los 30 días de creci- miento y el porcentaje de rendimiento rela- tivo-----	26
6 Relación entre la concentración de potasio en la hoja de maíz a los 70 días de creci- miento y el porcentaje de rendimiento rela- tivo-----	27
7 Relación entre la concentración de calcio en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimien- to relativo-----	29
8 Relación entre la concentración de magnesio en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de - crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo-----	30
9 Relación entre P/K en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo-----	31

INDICE DE FIGURAS

	PAG
10 Relación entre Ca/K en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo-----	32
11 Relación entre Mg/K en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo-----	33
12 Relación entre Ca/Mg en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje del rendimiento relativo-----	34
13 Relación entre (Ca+Mg)/K en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo-----	35
14 Relación entre la concentración de potasio en la hoja a los 70 días de crecimiento y el diámetro de las plantas de maíz-----	36

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó el nivel crítico - del potasio foliar expresado en rangos de concentración en dos estados fenológicos del maíz, a los 30 y 70 días después de la siembra.

Se planteó como hipótesis, que las diferentes concentraciones de potasio en el tejido foliar del maíz influyen sobre el rendimiento relativo de grano.

El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero, en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones; se evaluaron trece niveles de concentración de 0 a 10240 ppm de potasio en solución nutritiva; la unidad experimental fue una maceta plástica de 9 litros de capacidad.

Las características medidas fueron:

Concentración de potasio en el tejido foliar a los 30 y 70 días después de la siembra, rendimiento relativo del grano con 14% de humedad y diámetro de las plantas a 20 centímetros de la base.

Los resultados obtenidos indican que:

La hipótesis planteada se acepta y se concluye lo siguiente:

Las diferentes concentraciones de potasio (% K) en el tejido foliar hacen variar el rendimiento relativo en grano de maíz.

Los rangos críticos de concentración del potasio son:

1.46% a 1.75% a los 30 días y 1.46% a 1.80% a los 70 días.

El potasio influyó en el diámetro de las plantas, conforme la concentración de potasio aumentó, el diámetro de las plantas también aumentó a un máximo, posteriormente disminuyó por efecto tóxico de la alta concentración de potasio.

El potasio manifestó un efecto antagónico con el calcio y magnesio, es decir que cuando la concentración de potasio aumentó en la planta, las concentraciones de calcio y magnesio disminuyeron.

Los valores de calcio al máximo rendimiento son de - 0.16% a los 30 días y 0.13% a los 70 días; y los del magnesio son de 0.33% a los 30 días y 0.58% a los 70 días.

La concentración de magnesio aumentó con la madurez fisiológica de la planta, de 0.33% a los 30 días a 0.58% a los 70 días.

Las relaciones encontradas a los 30 y 70 días respectivamente en el máximo rendimiento son:

P/K: 0.21 y 0.24; Ca/K: 0.07 y 0.05; Mg/K: 0.14 y 0.24
Ca/Mg: 0.48 y 0.22; y (Ca + Mg)/K: 0.21 y 0.30

I. INTRODUCCION

El maíz constituye uno de los principales cultivos en nuestro país por sus múltiples usos: alimentación humana, animal e industria.

En relación a la fertilidad del suelo, Chapman citado por Morín (1980), reconoce desde hace varios años, que el análisis de suelo no provee una guía adecuada para la fertilización de las plantas y como resultado de varias investigaciones se concluye que el análisis de hojas de las plantas es un método efectivo para diagnosticar problemas nutricionales.

Salinas (1981), indica: la deficiencia de potasio constituye además del nitrógeno y fósforo otra de las limitaciones edáficas más extendidas en los suelos de América tropical.

Estrada (1973), al estudiar los suelos de Guatemala, - determina que 38,874 muestras analizadas mostraron deficiencia de potasio.

Con el presente trabajo se pretende determinar el nivel crítico de potasio para el cultivo del maíz por medio del análisis foliar, de esta manera se evitan los llamados consumos de lujo definido por Macy citado por Sandoval - (1971), como la zona sobre el nivel crítico en donde una mayor concentración del nutrimento dentro de la planta no corresponde a un aumento en la producción; con esto se logra que el agricultor reduzca el costo en la aplicación de fertilizantes y aumente la rentabilidad de su cultivo.

II. OBJETIVO

Determinar el nivel crítico de potasio expresado en rangos de concentración en el tejido foliar del maíz, en dos estados fenológicos.

III. HIPOTESIS

Las diferentes concentraciones de potasio en hojas de maíz, determinados en dos estados fenológicos, influyen sobre el rendimiento relativo del grano.

IV. REVISION DE LITERATURA

A. Antecedentes

Reinhardt (1974), dice: "El análisis foliar es un método para diagnosticar el estado nutricional de plantas, mientras el análisis de suelo determina el contenido de nutrimento disponible para la planta; además los resultados del análisis foliar pueden ser usados en mayor grado que los resultados que se obtienen del análisis de suelo.

Cordero (1968), dice "En las últimas décadas el análisis de plantas se utiliza para diagnosticar deficiencias nutrimentales y guía de fertilización mediante el uso de niveles críticos.

Stanfor et al, citados por Sandoval (1971), mencionan la importancia de las relaciones de los cationes en la planta de maíz, que al aumentar la concentración de potasio absorbido no existe cambio en el contenido de calcio y magnesio, reportan un equilibrio de $(Ca+ Mg)/K$, menor de 3.5 en el tejido vegetal las plantas no presentan síntomas de deficiencia, si es mayor de 5.0 las plantas muestran deficiencia de potasio.

Wadleech y Bowers, citados por Roo (1967), reportan en frijol: la acumulación de potasio llega a su máximo - en los niveles más bajos de calcio.

Marchal y Laceville, citados por Rodríguez (1974), concluyen: el fósforo influye sobre la absorción de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.

B. Muestreo foliar de la planta de maíz

Martín (1981), indica: el potasio es abundante en los tejidos meristemáticos y debido a su movilidad los órganos más viejos son los que manifiestan los primeros signos de deficiencia de potasio.

Tyner, citado por Sandoval (1971), analiza la sexta hoja desde la base en plántulas de maíz al momento de la floración.

Viets et al, citados por Sandoval (1971), seleccionan para su muestreo la segunda hoja de maíz debajo de la espiga al momento de la floración, para los análisis de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Chapman, citado por Reinhardt (1974), toma para su muestreo la hoja de la mazorca en el estado de iniciación del cabello, para los análisis de N, P, K, Ca y Mg.

Jones (1972), selecciona para su muestreo todas las hojas superiores bien desarrolladas antes del espigamiento y del espigamiento a la formación del cabello selecciona todas las hojas hasta el nudo de la mazorca, analizando la mitad central de la hoja.

Malovolta y Pimentel, citados por Sandoval (1971), reportan que la posición de la hoja en la planta no es crítica cuando se analiza de la octava a la tercera hoja antes de la yema floral.

C. Concentración de potasio en la planta de maíz

En el cuadro 1, se observa que la concentración de nutrimento no es constante a diferentes estados de desarrollo de la planta de maíz, por lo que se establece la necesidad de considerar la época de recolección del tejido vegetal para el análisis. Jones (1980).

Cuadro 1. Rango normal de la concentración de nutrimentos en varias partes de la planta de maíz.

Nutrimento	Rango promedio en concentración				
	Planta total	Hoja de espiga	Arriba nudo de espiga	Abajo nudo espiga	Grano en maduración
	%				
N	3.5-5.0	2.7-3.5	-----	-----	1.0-2.5
P	0.4-0.8	0.2-0.4	0.1-0.2	0.1-0.2	0.2-0.6
K	3.5-5.0	1.7-2.5	1.0-2.0	2.0-3.0	0.2-0.4
Ca	0.9-1.6	0.4-1.0	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.02
Mg	0.3-0.8	0.2-0.4	0.1-0.3	0.1-0.3	0.09-0.20
S	0.2-0.3	0.1-0.3	-----	-----	-----

Fuente: Basado en numerosos análisis de plantas de maíz por Jones J.B. y analizados en el laboratorio para análisis de plantas. Ohio, Woster, Ohio, durante los años de 1965 a 1969.

En el cuadro 1, se observa que no todas las plantas reportan la misma concentración de nutrimentos al analizar tejidos vegetales.

Cuadro 2. Contenido de nutrimentos en algunos cultivos tropicales.
Reinhardt (1974)

Cultivo	Parte de la planta y estado de crecimiento	%					Estado nutricional de la planta
		N	P	K	Ca	Mg	
Maíz	Hoja de mazorca	2.5	0.16	1.2	0.10	0.10	Deficiente
	a iniciación de	3.0	0.30	2.0	0.35	0.35	Intermedio
	cabello	3.7	0.50	2.5	0.90	0.55	Exceso
Arroz	Lámina foliar	2.5	0.10	1.0	0.15	0.10	Deficiente
	al macollamiento	---	---	---	---	---	Intermedio
		---	1.00	---	---	---	Exceso
Frijol	Hojas superiores bien desarrolladas, sin peciόlos a 10% de floraciόn	2.1	0.17	1.0	1.16	0.22	Deficiente
		5.2	0.40	2.0	2.18	1.18	Intermedio
		---	---	---	---	---	Exceso
Yuca	Hojas superiores	---	---	---	---	---	Deficiente
		3.8	0.23	0.8	0.45	---	Intermedio
		---	---	---	---	---	Exceso

Fuente: Chapman, H. D. 1967. Plant analysis values suggestive of nutrient status of selective crops. In Soil testing and plant analysis. pp. 77-92. Special publication 2, Madison, Wisconsin, USA.

D. Epoca de muestreo en la planta de maíz

Soyre, citado por Sandoval (1971), menciona; la máxima velocidad de producción de biomasa del maíz ocurre entre 36 y 45 días de sembradas las plantas.

Hoffer, citado por Corriols (1965), concluye; la época de muestreo del maíz es en el período de maduración.

Malovolta y Pimentel, citados por Sandoval (1971), reportan: las muestras para análisis foliar deben recogerse a los 50 días después de la siembra, indican claramente el estado nutricional de la planta.

Bowen (1979), concluye: no hay un acuerdo sobre la hora adecuada para recolectar las muestras, la estandarización del método indica muestrear tres horas después de la salida del sol, los niveles de nitrógeno y potasio fluctúan con la humedad de los tejidos, si se muestrea en la tarde la humedad es baja en los tejidos y si se compara con un nivel crítico derivado de muestras tomadas temprano en la mañana (alto contenido de humedad) se introduce un error en la interpretación de la curva de concentración.

En el cuadro 3, se detalla el método de muestreo en maíz para análisis foliar propuesto por Jones (1972).

Cuadro 3. Método de muestreo para análisis foliar en maíz propuesto por Jones (1972)

Estado de crecimiento	Parte de la planta	Número plantas por muestra
Plántulas (menor de 30 cms)	Toda la parte aérea	20 - 30
Antes del espigamiento	Todas las hojas superiores bien desarrolladas	15 - 25
Del espigamiento hasta la formación del cabello	Todas las hojas hasta el nudo de la mazorca, se analiza la mitad central de la hoja	15 - 25

Fuente: JONES J.B. Plant tissue analysis for micronutrients, In Micronutrients in agriculture. Madison, Wisconsin, USA, 1972. pp. 319-346.

E. Relación en la aplicación de sales y el crecimiento de la planta.

Barcelló (1980), menciona: para estudiar las relaciones cuantitativas entre el suministro de sales minerales y el crecimiento de una planta, se utilizan varios métodos; uno de ellos es el unifactorial, que consiste en elegir un nutrimento bajo diversas concentraciones y evaluar el crecimiento de la planta para obtener la curva de concentración del nutrimento como se muestra en la Figura 1.

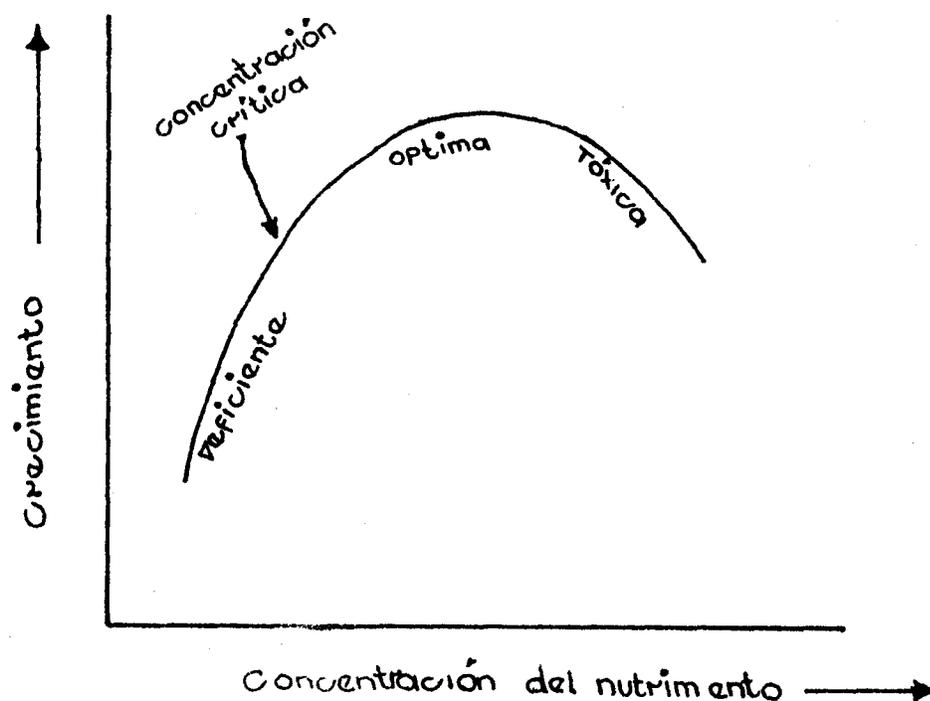


Figura 1. Curva de concentración del nutrimento

Según Dow y Roberts, citados por Medina (1983), existen tres criterios para la interpretación de análisis de plantas, el nivel crítico, el valor standar y DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones).

El más usado es el nivel crítico normal y rangos de suficiencia pero no considera las interacciones entre los nutrimentos.

El valor standard y el DRIS son métodos recientes que analizan el desbalance nutricional.

Ulrich y Ritchey, citados por Salinas (1981), definen a la concentración crítica nutricional como: la concentración que por debajo de ella, la producción y la calidad del cultivo declina significativamente.

Otras definiciones de concentración crítica nutricional dadas por Dow y Roberts (1982).

Como la concentración que es deficiente para obtener el máximo rendimiento.

Como la concentración que es adecuada para obtener el máximo rendimiento.

Como el punto donde se obtiene el 90% del rendimiento máximo.

Como la suma más baja de nutrimentos en la planta que acompañan al rendimiento más alto.

Los niveles críticos se pueden definir, utilizando en distintas formas la curva de calibración de nutrimentos; como se muestra en la Figura 2.

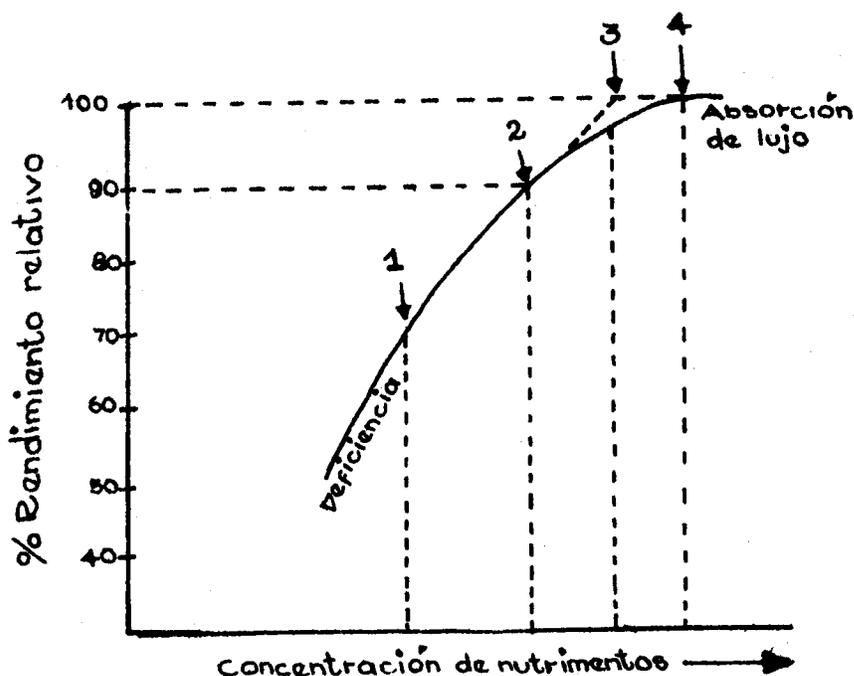


Figura 2. Cuatro métodos para definir el nivel crítico de nutrimentos en la planta. Reinhardt (1974).

- 1: Niveles bajo los cuales se producen síntomas de deficiencia.
- 2: Niveles al 90% o 95% del rendimiento relativo máximo
- 3: Niveles a la intercepción de las tangentes a la curva en el rango de deficiencia y/o de absorción de lujo.
- 4: Niveles que corresponden al 100% del rendimiento relativo.

En los cuadros 4 y 5 , se presentan valores críticos de nutrimentos en varias partes de la planta de maíz.

Cuadro 4. Niveles de nutrimentos en la hoja de mazorca a la iniciación del cabllo, en varios estados nutricionales de la planta. Jones (1967)

Nutrimento	Estado nutricional de la planta*					
	Deficiente	Bajo	%	Suficiente	Alto	Exceso
N	< 2.45	2.46- 2.75		2.76-3.50	3.5-3.75	>3.70
P	< 0.15	0.16- 0.24		0.25-0.40	0.4-0.50	>0.50
K	<1.25	1.26- 1.70		1.71-2.20	2.2-2.50	>2.50
Ca	<0.10	0.11- 0.20		0.21-0.50	0.5-0.90	>0.90
Mg	<0.10	0.11- 0.20		0.21-0.40	0.4-0.55	>0.55

* Deficiente : 80% del rendimiento máximo

Bajo : 80 - 90% del rendimiento máximo

Suficiente : 90 - 100% del rendimiento máximo

Alto : 100% del rendimiento máximo

Cuadro 5. Valores críticos de nutrimentos en varias partes de la planta de maíz. Jones (1980)

Nutrimento	Tiempo	Parte de la planta	Valor crítico (%)	Referencia
	-----	-----	0.70	Goodall y Gregory (1974)
N	Antes del espigamiento	Hoja espiga	3.00	Melsted et al (1969)
	Antes del espigamiento	Hojas	2.90	Gallo et al (1968)
P	Al espigamiento	Hojas	0.23	Gallo et al (1968)
	Al espigamiento	Hoja espiga	0.25	Melsted et al (1969)
K	Al espigamiento	Hoja espiga	1.90	Melsted et al (1969)
	Al espigamiento	Hojas	1.7-2.7	Gallo et al (1968)
	En jilote	Sexta hoja desde la base	1.30	Tyner (1946)
Ca	Al espigamiento	Hoja de espiga	0.40	Melsted et al (1969)
Mg	Al espigamiento	Hoja de espiga	0.25	Melsted et al (1969)
			0.15	Peasler y Moss (1966)

El concepto de concentración crítica de nutrimentos como base para diagnosticar problemas nutricionales es bien establecido, sin embargo, Dow and Roberts (1982), sugieren el cambio de nivel crítico a un Rango Crítico de Nutrimentos (CNR); ya que el nivel crítico es un simple punto sobre la curva de concentración de nutrimentos, es difícil de establecerlo experimentalmente y puede variar bajo diferentes condiciones, mientras que el Rango de Concentración Crítico de Nutrimentos (CNR), es definido como: el rango de la concentración de nutrimentos en un específico estado de desarrollo, arriba del cual está razonablemente definido que el cultivo es ampliamente suplementado y abajo del cual se está razonablemente definido que el cultivo es deficiente; esto se ilustra mejor en la Figura 3.

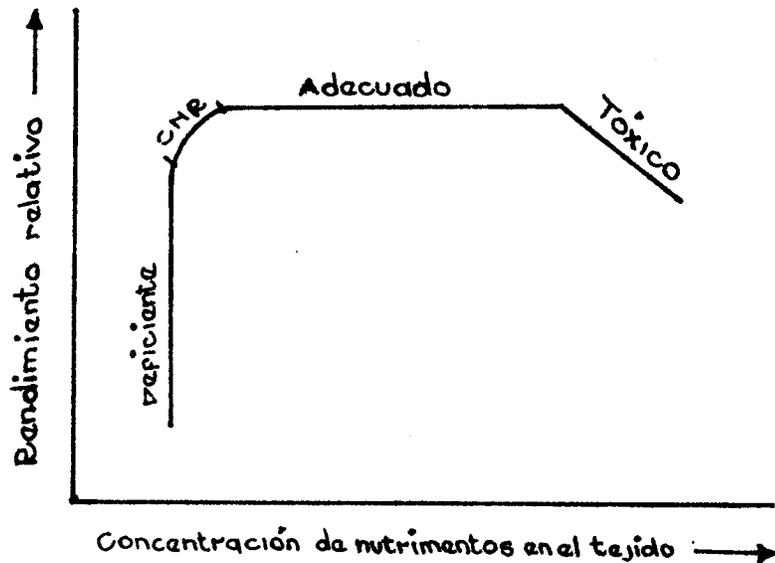


Figura 3. Relación entre concentración de nutrimentos en tejidos de plantas y rendimiento de cosecha, mostrando el Rango Crítico de Nutrimentos (CRN).

En el cuadro 6 , Se detallan los rangos de concentración críticos de nutrimentos para el cultivo del maíz en partes específicas de la planta, reportados por varios autores

Cuadro 6. Rangos de concentración de nutrimentos en partes de la planta de maíz, reportados por varios autores. Jones (1980)

Nutrimento	Jones (1967) Hoja de la espiga	Neubert et al (1969) Hoja de la espiga	Rockman (1969) planta entera 30 a 45 días después de la emergen cia
	%		
Nitrógeno	2.76-3.50	2.60-4.00	3.5-5.0
Fósforo	0.25-0.40	0.25-0.50	0.4-0.8
Potasio	1.71-2.50	1.70-3.00	3.0-5.0
Calcio	0.21-1.00	0.21-1.00	0.9-1.6
Magnesio	0.21-0.60	0.31-0.50	0.3-0.8
Azufre	-----	0.21-0.50	0.2-0.3

V. MATERIALES Y METODOS

A. Descripción del área experimental

El experimento se llevó a cabo en el invernadero lo calizado en los campos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a una elevación de 1502 metros sobre el nivel del mar, latitud norte 14° 35'11" y longitud oeste 90°31'58". Las condiciones ambientales del invernadero se detallan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Condiciones ambientales internas del invernadero en la fase experimental

Mes	T°C	T°C	T°C	H.R.	H.R.	H.R.
	mínima	máxima	media	mínima (%)	máxima (%)	media (%)
Septiembre 1983	19.0	37.0	28.0	51.0	77.0	64.0
Octubre 1983	18.0	39.0	28.5	52.0	79.0	65.5
Noviembre 1983	20.0	39.0	29.5	50.0	78.0	64.0
Diciembre 1983	13.0	33.0	23.0	73.0	79.0	76.0
Enero 1984	10.0	36.0	23.0	67.0	80.0	73.5

Fuente: Archivo del invernadero, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala C.A. Datos tomados a una altura de 2.0 metros.

B. Descripción del experimento

El diseño experimental es completamente al azar - con tres repeticiones, se evaluaron trece niveles de con centración de potasio en hidroponia, para determinar el % de potasio en el tejido vegetal del maíz a los 30 y 70

días después de la siembra.

La unidad experimental es una maceta plástica de 9 litros de capacidad como se detalla en la Figura 4 ,
llenada para el efecto con arena gruesa en su parte inferior y arena fina en la parte superior, con una cubierta de duroport para evitar pérdidas de la solución nutritiva por evaporación.

En la siembra se colocaron de 2 a 3 granos del híbrido H5 por unidad experimental, a los 10 días se raleó para dejar una planta por maceta, las características del híbrido H5 de maíz se detallan en el cuadro 8.

La solución nutritiva se aplicó diariamente, vertiéndola sobre la superficie de la maceta.

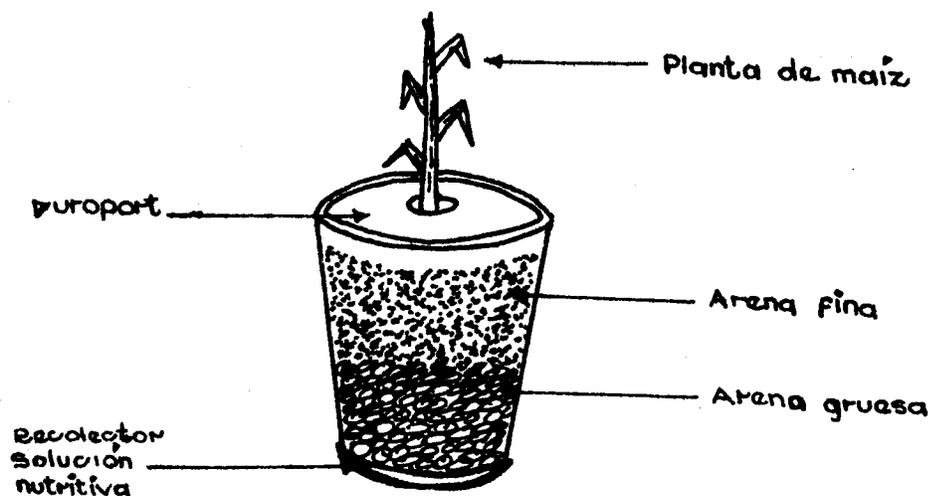


Figura 4. Esquema de la unidad experimental

Cuadro 8. Características del híbrido H5 de maíz

Color grano	Días a dobla	Días a cosecha	Rendimiento (t/ha)	Rango adaptación (msnm)
Blanco se dimentado	100	110-120	4.5-6.5	0 - 1372

Fuente: Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, Cultivo del maíz. s.f. 28 p.

C. Factores evaluados

Se evaluaron trece niveles de concentración de potasio en solución nutritiva y ésta se basa en la de Hoagland y Arnon, tal como se muestra en el cuadro 9. Barcelló (1980)

D. Características medidas

1. Se determinó la concentración de potasio (%K) en hojas de maíz en dos estados fenológicos, dichos estados corresponden a los 30 y 70 días después de la siembra, muestreando para el efecto la cuarta hoja abajo del ápice.
2. Porcentaje de rendimiento relativo del grano al 14% de humedad.
3. Diámetro de las plantas a 20 centímetros de la base, - medido a los 70 días después de la siembra.

Cuadro 9. Fuente, cantidad por litro y concentración de nutrimentos aplicados en la solución nutritiva

Fuente del nutrimento	Fórmula química	Cantidad (g/l)	Concentración (ppm)
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.54000	540.00
Fosfato diamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.37000	370.00
Sulfato de calcio	$\text{CaSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5.23000	5230.00
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.34000	2340.00
Acido bórico	H_3BO_3	0.00286	2.86
Cloruro de manganeso	$\text{MnCl} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.00181	1.81
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.00008	0.08
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.00022	0.22
Sulfato de hierro +	Se aplicó 0.6 ml/l tres veces por semana.		
Acido tartárico			

En el cuadro 10 se presentan los niveles de con
centración del nutrimento potasio,

Cuadro 10. Concentración de potasio en ppm aplicados en
la solución nutritiva.

Tratamiento	Concentración ppm de potasio*
1	0
2	5
3	10
4	20
5	40
6	80
7	160
8	320
9	640
10	1280
11	2560
12	5120
13	10240

* Fuente de potasio: Sulfato de potasio (K_2SO_4), con 50%
de K_2O

E. Análisis foliar

Las muestras vegetales se secaron en un horno de con
vección a 60 - 70 grados centígrados hasta alcanzar un pe
so constante.

Las muestras vegetales secas, se molieron, pasando
por un tamiz de 20 mallas por pulgada cuadrada, se alma-
cenaron en bolsas de nylon selladas, posteriormente se
realizó el análisis químico de digestión seca, el cual

se describe a continuación, Diaz y Hunter (1978).

Digestión seca:

1. Se pesó 1 gramo de las muestras vegetales secas, molidas y tamizadas.
2. Las muestras vegetales pesadas, en crisoles son puestas sobre una plancha de calefacción con el objeto de que pierdan humedad.
3. Posteriormente las muestras vegetales se incineran en una mufla por tres horas a 500-600 grados centígrados una vez incineradas se le adicionaron 25 ml de ácido clorhídrico (HCl) 1N y se filtró.
4. De este filtrado se tomaron alícuotas para la determinación de fósforo, potasio, calcio y magnesio, como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Métodos para la determinación de P, K, Ca y Mg

Determinación	Método	Referencia
Fósforo	Colorimétrico,	Diaz y Hunter(1978)
Potasio	Espectrofotometría	Diaz y Hunter(1978)
Calcio	Titrimetría(EDTA)	Braeuner (s.f.)
Magnesio	Titrimetría(EDTA)	Braeuner (s.f.)

VI. RESULTADOS

A continuación se discuten los resultados obtenidos de las características medidas.

A. Concentración de potasio en la hoja de maíz y porcentaje de rendimiento relativo del grano

En los cuadros 12 y 13 se detallan las concentraciones de potasio en el tejido vegetal y los porcentajes de rendimiento relativo, a los 30 y 70 días después de la siembra.

Cuadro 12. Porcentaje de potasio y rendimiento relativo del grano de maíz a los 30 días de la siembra

Tratamiento	% Potasio en la hoja	% Rendimiento relativo
1	0.73	30.09
2	0.79	30.46
3	0.84	34.28
4	0.87	39.79
5	1.43	42.20
6	1.49	68.46
7	1.99	83.06
8	2.33	100.00
9	3.20	74.20
10	3.23	70.20
11	3.66	49.21
12	3.81	45.45
13	4.11	34.53

En los cuadros 12 y 13, se observa que la concentración de potasio en el tejido foliar influye sobre el rendimiento relativo de grano seco de maíz, a medida que la concentración de potasio aumenta en el tejido foliar, el rendimiento también aumenta hasta llegar al má

Cuadro 13. Porcentaje de potasio y rendimiento relativo del grano 70 días después de la siembra.

Tratamiento	% Potasio en la hoja	% Rendimiento relativo
1	0.57	30.09
2	0.70	30.46
3	0.75	34.28
4	0.85	39.79
5	1.36	42.20
6	1.62	68.46
7	2.27	83.06
8	2.34	100.00
9	3.39	74.20
10	3.48	70.20
11	3.79	49.21
12	3.92	45.45
13	4.46	34.53

ximo (100%), posteriormente empieza a decrecer por efectos tóxicos.

B. Análisis estadístico

En el cuadro 14 , se observa el análisis de varianza del porcentaje de rendimiento relativo en grano de maíz, evaluado bajo diferentes concentraciones de potasio y se concluye que estas concentraciones aplicadas en solución nutritiva influyen sobre el porcentaje de rendimiento relativo, debido a que existe una diferencia altamente significativa (**) entre los tratamientos.

Cuadro 14. Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento relativo

<u>Fuentes de Variación</u>	<u>Grados de libertad</u>	<u>Cuadrados medios</u>	<u>F_{c.}</u>	<u>F_{t.0.01}</u>
Tratamiento	12	8,319.894	957.87**	3.06
Error	25	8.686		
Total	37			

** = Significancia al 1% de probabilidad

C.V.= 6.28%

C. Curva de concentración de potasio en la hoja de maíz

En las figuras 5 y 6 , se observa la curva de concentración de potasio a los 30 y 70 días de sembrado el maíz.

En estas curvas se detallan claramente: una zona de deficiencia, una zona adecuada, una zona tóxica y el nivel crítico del potasio expresado en un rango crítico de concentración.

Además se observa una alta correlación ($R^2 = 86.04\%$ a los 30 días y un $R^2 = 83.57\%$ a los 70 días) entre el porcentaje de potasio (%K) en el tejido foliar y el porcentaje de rendimiento relativo de grano seco y que la curva responde a un modelo cuadrático de regresión.

Las concentraciones deficientes, adecuadas, tóxicas y el rango crítico del potasio en la planta de maíz se muestran en los cuadros 15 y 16 ; estos rangos de concentración encontrados concuerdan con las reportadas por otros autores: Jones (1967), Tyner, Melsted, citados por Jones (1980).

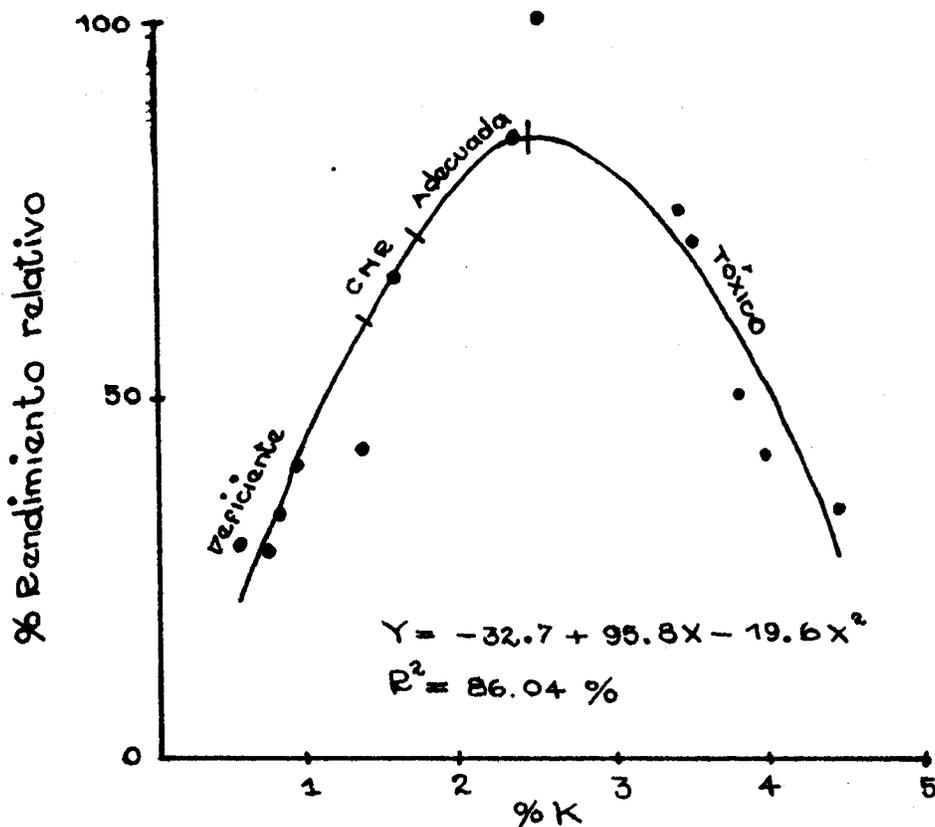


Figura 5. Relación entre la concentración de potasio en la hoja de maíz a los 30 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo.

Cuadro 15. Rangos de concentración del potasio en la hoja y estado nutricional de la planta de maíz a los 30 días de crecimiento

Rango de rendimiento relativo (%)	Estado nutricional de la planta	Rangos de concentración (%)
Menor de 80	Deficiente	Menor de 1.45
80 a 90	Rango Crítico (CNR)	1.46 a 1.75
90 a 100	Adecuada	1.76 a 2.40
Mayor de 100	Tóxico	Mayor de 2.50

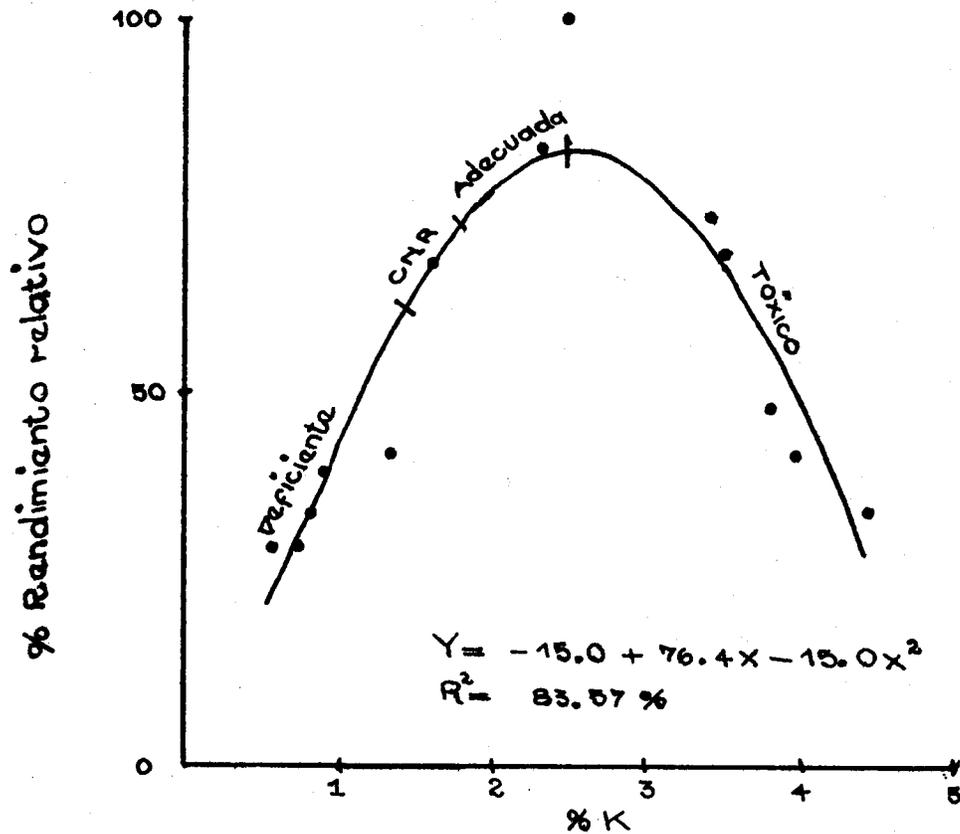


Figura 6. Relación entre la concentración de potasio en la hoja de maíz a los 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo.

Cuadro 16. Rangos de concentración del potasio en la hoja y estado nutricional de la planta de maíz a los 70 días de crecimiento

Rango de rendimiento relativo (%)	Estado nutricional de la planta	Rangos de concentración (%)
Menor de 80	Deficiente	Menor de 1,45
80 a 90	Rango Crítico (CNR)	1,46 a 1,80
90 a 100	Adecuada	1,81 a 2,50
Mayor de 100	Tóxico	Mayor de 2,60

D. Relación entre Ca, Mg, P/K, Ca/K, Mg/K, Ca/Mg y (Ca+Mg)/K y el porcentaje de rendimiento relativo en grano seco de maíz.

En la figura 7, se observa el efecto de calcio en el porcentaje de rendimiento relativo en grano seco de maíz; las concentraciones encontradas en el máximo rendimiento (100%) son de: 0.16% y 0.13% a los 30 y 70 días de crecimiento respectivamente, estos valores se encuentran bajos comparados con los reportados por otros: 0.40% según Melsted citado por Jones (1980), 0.21 a 1.0% según Neubert citado por Jones (1980). Esta baja concentración de calcio se debe al efecto antagónico que presentó con el nutrimento potasio.

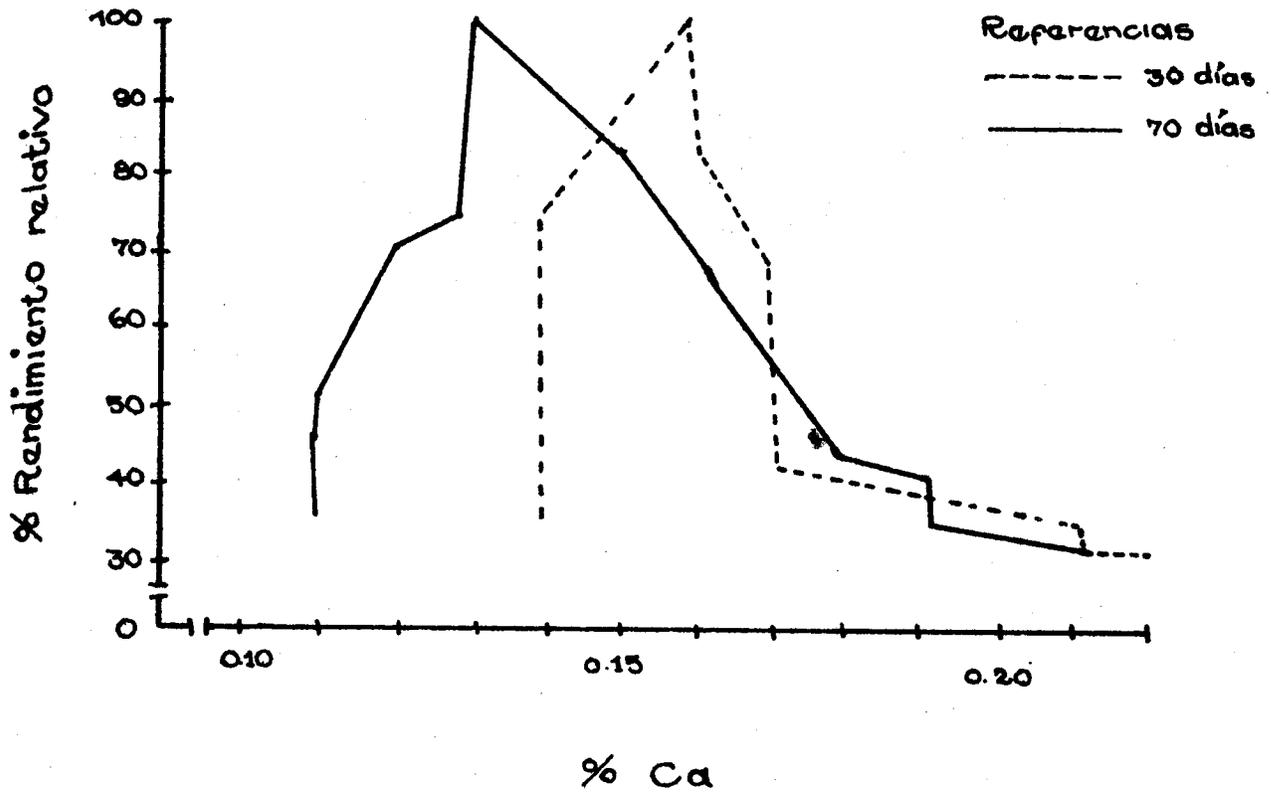


Figura 7. Relación entre la concentración de calcio en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo en grano seco.

En la figura 8 , se observa el efecto del Magnesio en el porcentaje de rendimiento relativo de maíz, así como el aumento de la concentración de magnesio a medida que la planta madura fisiológicamente (70 días); las concentraciones encontrada en el máximo rendimiento (100%) fueron de: 0.33% a los 30 y 0.58% a los 70 días, estos valores están aceptables comparados con los reportados por otros autores: 0.25% según Melsted citado por Jones (1980) y 0.21 a 0.40% según Jones (1967).

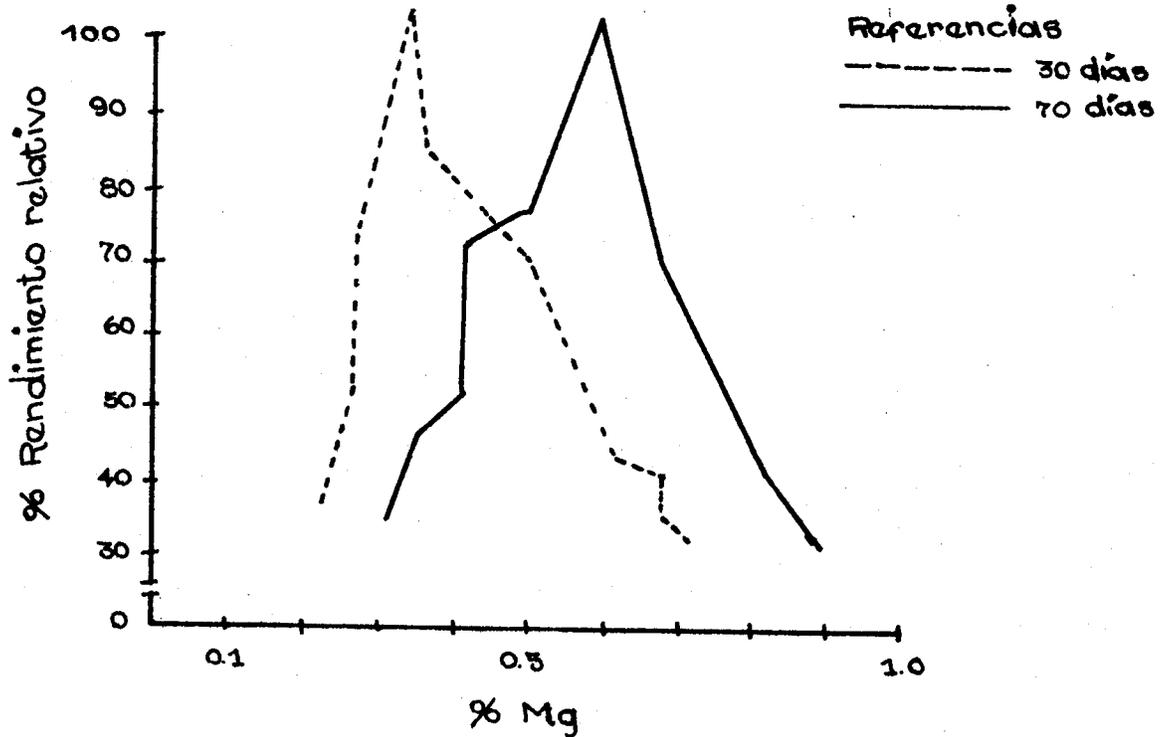


Figura 8. Relación entre la concentración de magnesio en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje del rendimiento relativo en grano.

En la figura 9 , se observa la relación P/K en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento, el comportamiento de las gráficas es similar en los dos estados de crecimiento.

La mejor relación encontrada a los 30 días es de 0.21 y a los 70 días es de 0.24, cuyos valores son aceptables - comparándolos con otros: 0.16 Jones (1980), 0.13 Gallo et al citado por Sandoval (1971), 0.15 Chapman citado por Reinhardt (1974).

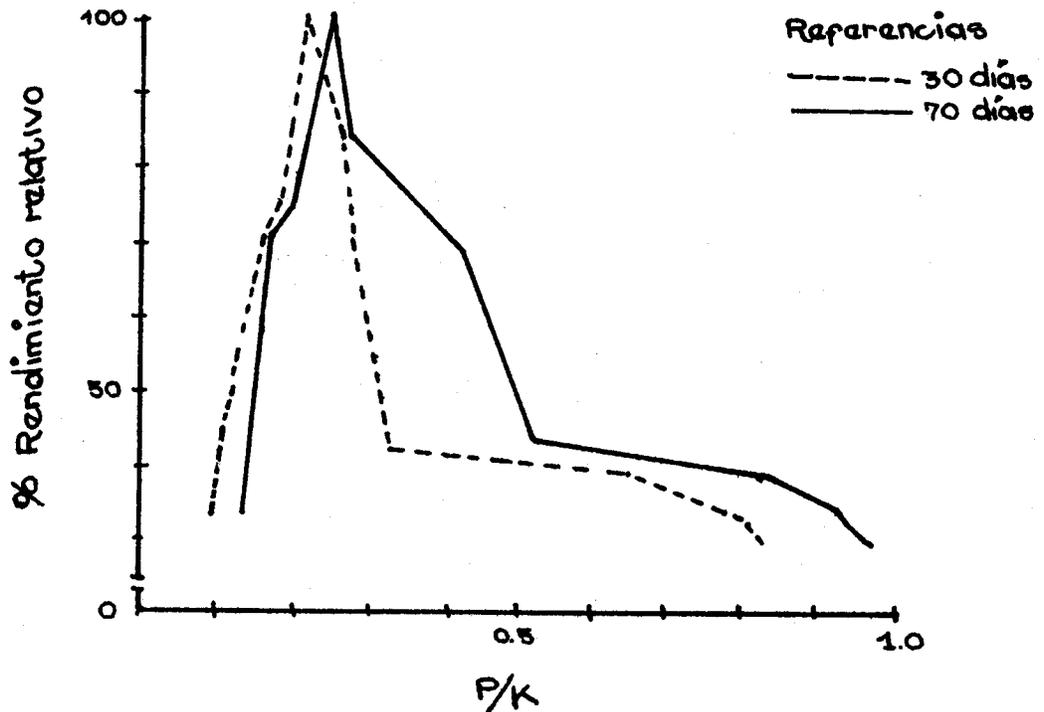


Figura 9. Relación entre P/K en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo.

En la figura 10 , se observa la relación Ca/K en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento y su influencia en el rendimiento relativo en grano, el comportamiento de las gráficas es similar.

Las relaciones encontradas en el máximo rendimiento (100%) fueron de 0.07 a los 30 días y 0.05 a los 70 días; cuyos valores están muy bajos según otros investigadores: 0.17 Chapman citado por Reinhardt (1974), 0.23 por Jones (1980) y 0.21 Melsted citado por Jones (1980).

Esta relación baja de Ca/K, se debe a que la concentración del calcio en la planta fue también baja.

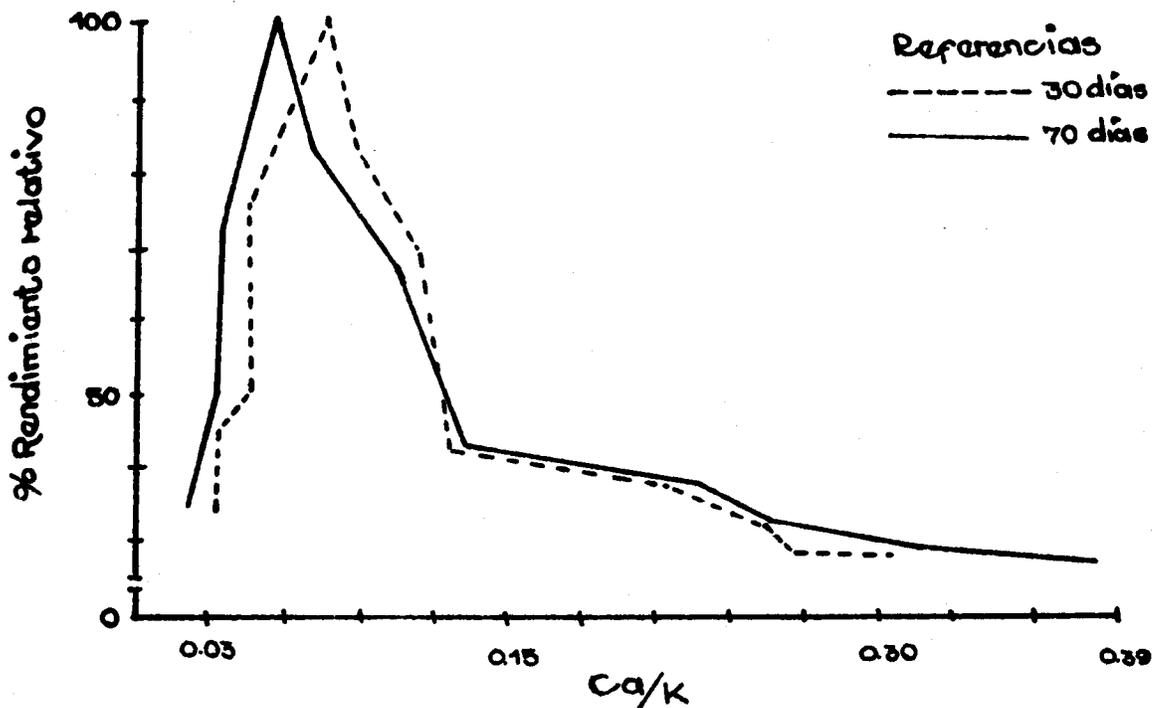


Figura 10. Relación entre Ca/K en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo en grano de maíz.

En la figura 11, se observa el efecto de la relación Mg/K en la hoja de maíz a los 30 y 70 días de crecimiento en el porcentaje de rendimiento relativo en grano.

Los mejores valores encontrados a los 30 y 70 días de crecimiento del maíz fueron de 0.14 y 0.24, respectivamente, y están aceptables comparándolos con los reportados por otros: 0.17 según Chapman citado por Reinhardt (1974), 0.13 según Melsted citado por Jones (1980).

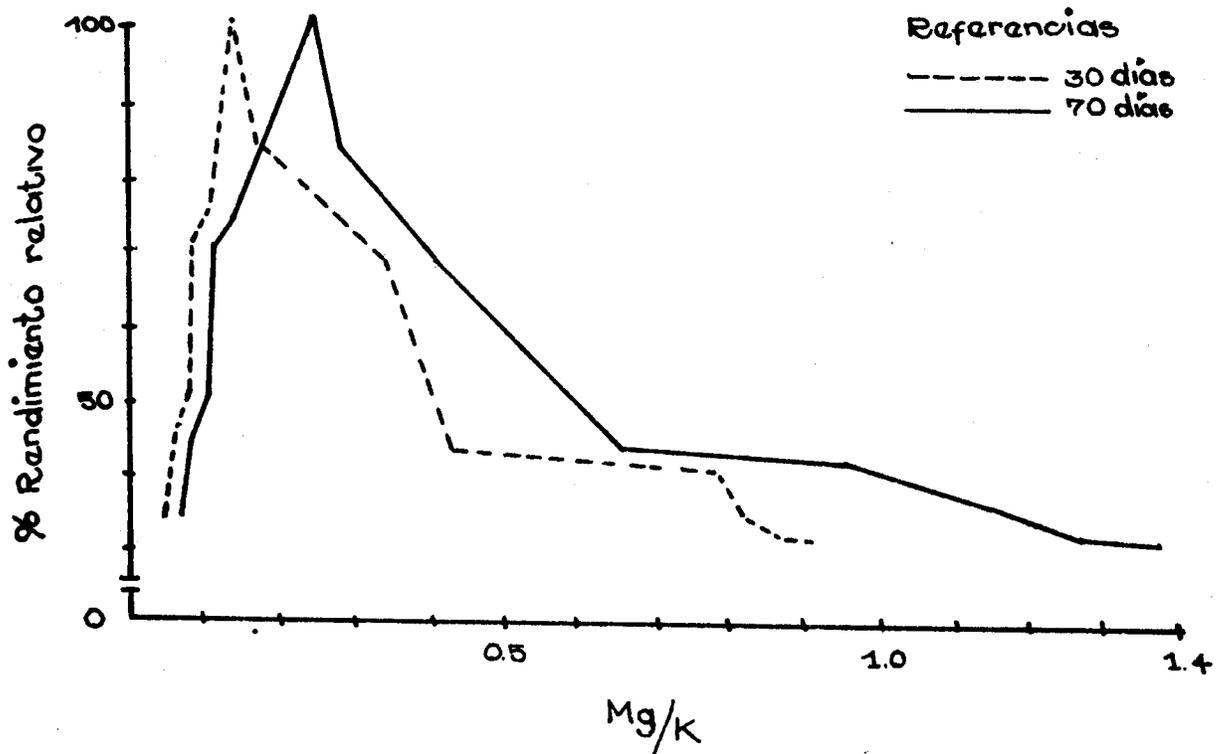


Figura 11. Relación entre Mg/K en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo en grano de maíz.

En la figura 12, se observa el efecto de la relación Ca/Mg en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento - en el porcentaje del rendimiento relativo en grano de maíz.

Las gráficas no se comportan similarmente debido que la concentración de magnesio en la planta aumentó a los 70 días de desarrollo del maíz.

Los valores de las relaciones encontradas en el máximo rendimiento (100%) fueron de: 0.48 y 0.22 a los 30 y 70 días respectivamente, estos valores están muy bajos según otros investigadores: 1.0 Chapman citado por Reinhardt (1974), 1.6 Melsted citado por Jones (1980).

Esta baja relación de Ca/Mg se atribuye a que la concentración de calcio en la planta también fue baja.

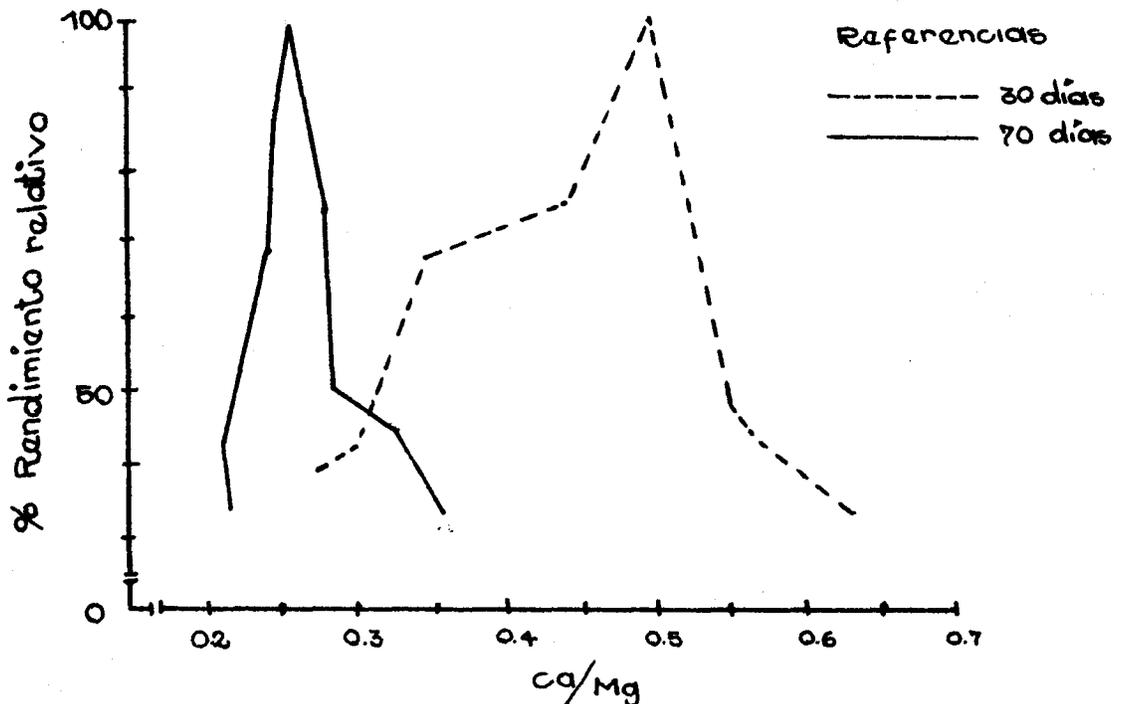


Figura 12. Relación entre Ca/Mg en la hoja a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje del rendimiento relativo en grano de maíz.

En la figura 13, se observa la influencia de la relación $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{K}$ en la hoja, en dos estados de crecimiento (30 y 70 días) sobre el porcentaje de rendimiento relativo en grano de maíz.

Las gráficas se comportan en forma similar, y los valores de la relación encontradas en el máximo rendimiento (100%) fueron de 0.21 y 0.30 a los 30 y 70 días, respectivamente y son aceptables al compararlas con otras: - 0.35 Chapman citado por Reinhardt (1974), 0.35 Jones (1980) y Stanfor citado por Sandoval (1971) dice que las plantas son normales cuando la relación de $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{K}$ es menor de 3.5.

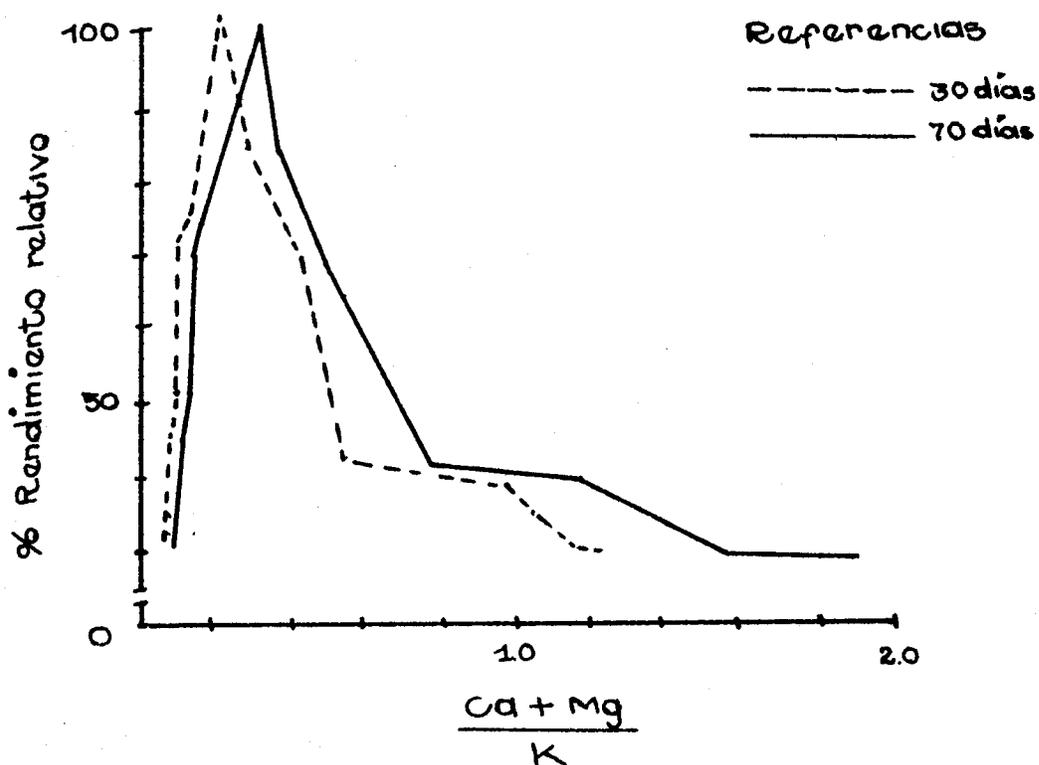


Figura 13. Relación entre $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{K}$ en la hoja, a los 30 y 70 días de crecimiento y el porcentaje de rendimiento relativo en grano de maíz.

E. Influencia de la concentración de potasio sobre el diámetro de las plantas de maíz

En la figura 14 , se observa la influencia de la concentración de Potasio en la hoja de maíz a los 70 días de crecimiento sobre el diámetro de las plantas; el diámetro de las plantas aumenta conforme la concentración de potasio aumenta, hasta alcanzar un diámetro máximo y si la concentración de potasio sigue en aumento el diámetro empieza a disminuir (efecto tóxico).

El mayor diámetro lo alcanzó la planta con una concentración de 3.79% de potasio en la hoja de maíz.

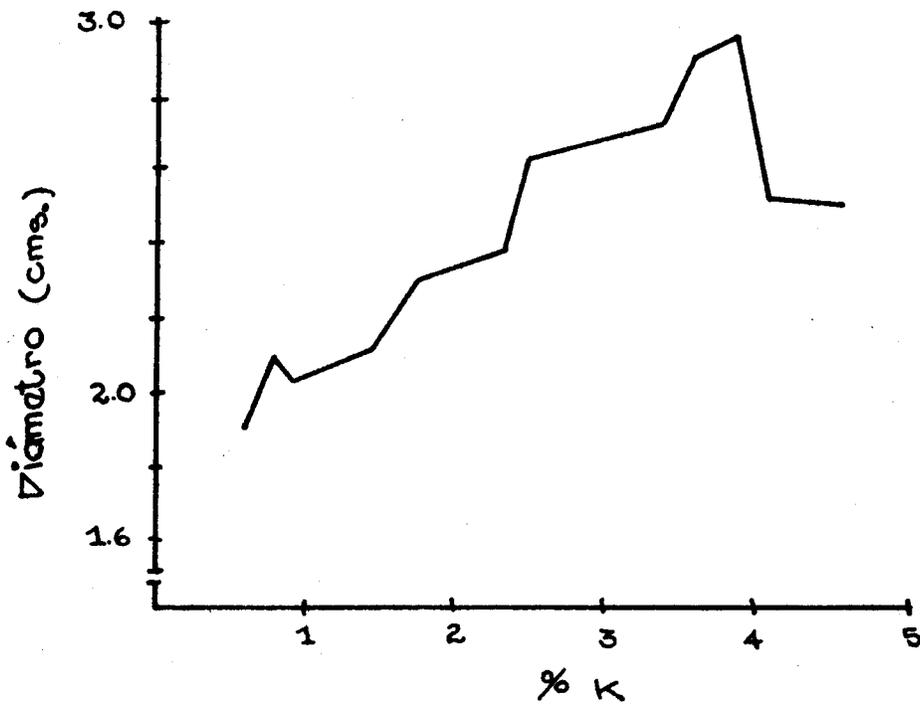


Figura 14. Relación entre la concentración de potasio en la hoja a los 70 días de crecimiento y el diámetro de las plantas de maíz.

VII. CONCLUSIONES

1. Las diferentes concentraciones de potasio (%K) en la hoja de maíz hacen variar el porcentaje de rendimiento relativo en grano seco, con lo cual se acepta la hipótesis planteada.
2. Se determinan rangos de concentración críticos de potasio en vez de niveles críticos, ya que estos últimos implican un simple punto en la curva de concentración del nutrimento, que es muy difícil de establecerlo experimentalmente y puede variar bajo diferentes condiciones.

Los rangos críticos de concentración de potasio encontrados bajo condiciones de invernadero son:

1.46 a 1.75% a los 30 días de la siembra.

1.46 a 1.80% a los 70 días de la siembra.

3. El potasio influye en el diámetro de las plantas, conforme la concentración de potasio aumenta, el diámetro de las plantas también aumenta hasta un máximo y posteriormente disminuye por efecto tóxico de la alta concentración de potasio.
4. El potasio manifestó un efecto antagónico con los cationes divalentes Ca^{++} y Mg^{++} , ya que al aumentar la concentración de potasio en la hoja de maíz, disminuye la concentración de Ca^{++} y Mg^{++} en la planta.
5. Los valores de calcio y magnesio encontrados en el máximo rendimiento (100%) son de: 0.16% y 0.13% de calcio - a los 30 y 70 días respectivamente; 0.33% y 0.58% de magnesio a los 30 y 70 días, respectivamente.

6. La concentración de magnesio aumenta con la madurez fisiológica de la planta; de 0.33% a los 30 días a 0.58% a los 70 días.

7. Las mejores relaciones encontradas en el máximo rendimiento son:

<u>Relación</u>	<u>30 días</u>	<u>70 días</u>
P/K	0.21	0.24
Ca/K	0.07	0.05
Mg/K	0.14	0.24
Ca/Mg	0.48	0.22
(Ca+Mg)/K	0.21	0.30

En base a los resultados y conclusiones de este trabajo, se deduce que el análisis foliar es un método efectivo para evaluar la nutrición mineral de las plantas, además esta información puede servir para investigaciones posteriores, tanto a nivel de invernadero como de campo.

VIII, BIBLIOGRAFIA

1. BARCELLO COLL, J, et. al. Fisiología vegetal. Madrid, Pirámide, 1980. 750 p.
2. BOWEN, J.E. Análisis de los tejidos vegetales, guía pre cisa para la fertilización. Agricultura de las Amé ricas (Estados Unidos) 28(12);56-62. 1979.
3. BRAEUNER, M.E. Cuaderno de prácticas de laboratorio de edafología II. Reproducido y modificado por Salva dor Castillo. Guatemala, Universidad de San Carlos Facultad de Agronomía, s.f. 27 p.
4. CORDERO ORTIZ, E. El análisis de la planta como guía de la fertilización fosfórica del frijol (Phaseolus - vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1968. 45 p.
5. CORRIOLS ESPINOZA, M. Análisis de la planta como guía de la fertilización nitrogenada del frijol (Phaseo- lus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1965. 44 p.
6. DIAZ, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de inves tigaciones de invernadero. Turrialba, Costa Rica, - CATIE, 1978. 68 p.
7. DOW, A.I. and ROBERTS, S. Critical nutrient ranges for crop diagnosis. Agronomy Journal (Estados Unidos) 74(2):401-403. 1982.

8. ESTRADA LIGORRIA, L. La disponibilidad de potasio en seis suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1973. 47 p.
9. GUATEMALA, DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Cultivo del maíz. Guatemala, s.f. 28 p.
10. JONES, J.B. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1967. pp. 49-58.
11. _____. Plant tissue analysis for micronutrients. In Micronutrients in agriculture. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1972. pp. 319-346.
12. _____. and ECK, H. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1980. pp. 349-364.
13. MARTIN PREVEL, P. Papel que desempeñan los minerales en los vegetales. Revista de la Potasa (Berna, Suiza) (Sección 3) No. 1:1-9. 1981.
14. MEDINA, E. Relationship of the composition of plant tissue in mesquite (Prosopis velutina) and grapefruit (Citrus paradisi) to soil composition. Thesis Mag. Sc. Texas, USA, Texas University, 1983. 62 p.

15. MORIN, C. Cultivo de cítricos, 2 ed. Lima, Perú, IICA, 1980. 598 p.
16. REINHARDTH, H. Análisis foliar de algunos cultivos tropicales. Cali, Colombia, CIAT, 1974. 22 p.
17. RODRIGUEZ, D. Respuesta a la fertilización con calcio y magnesio y nivel crítico de potasio en piña (Ananas comosus). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1974. 69 p.
18. ROO MAITIN, E. El análisis de la planta como guía de la fertilización potásica del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1967. 49 p.
19. SALINAS, J. El potasio en la fertilidad de los suelos tropicales. Cali, Colombia, CIAT, 1981. 34 p.
20. SANDOVAL, J.L. El nivel crítico del nitrógeno en maíz (Zea mays). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1971. 71 p.

Vo.Bo.

[Handwritten signature]



ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis foliar a los 30 días de sembrado el maíz

Tratamiento	%K	%P	%Ca	%Mg	P/K	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	Ca+Mg/K
1	0.73	0.52	0.22	0.67	0.71	0.30	0.91	0.33	1.22
2	0.79	0.63	0.21	0.70	0.79	0.26	0.88	0.30	1.15
3	0.84	0.65	0.21	0.67	0.77	0.25	0.79	0.31	1.05
4	0.87	0.54	0.18	0.67	0.62	0.20	0.77	0.27	0.97
5	1.43	0.43	0.17	0.59	0.30	0.12	0.41	0.29	0.53
6	1.49	0.41	0.17	0.49	0.27	0.11	0.33	0.34	0.44
7	1.99	0.51	0.16	0.33	0.25	0.08	0.16	0.48	0.25
8	2.33	0.50	0.16	0.33	0.21	0.07	0.14	0.48	0.21
9	3.20	0.51	0.14	0.33	0.16	0.04	0.10	0.43	0.14
10	3.23	0.49	0.15	0.26	0.15	0.04	0.08	0.57	0.12
11	3.66	0.39	0.14	0.26	0.10	0.04	0.07	0.54	0.11
12	3.81	0.30	0.14	0.25	0.08	0.03	0.06	0.56	0.10
13	4.11	0.28	0.14	0.22	0.07	0.03	0.05	0.63	0.08

Anexo 2. Resultados del análisis foliar a los 70 días de sembrado el maíz

Tratamiento	%K	%P	%Ca	%Mg	P/K	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	Ca+Mg/K
1	0.57	0.48	0.21	0.87	0.84	0.38	1.35	0.24	1.89
2	0.70	0.67	0.21	0.87	0.95	0.31	1.24	0.24	1.54
3	0.75	0.68	0.19	0.85	0.90	0.25	1.13	0.22	1.38
4	0.85	0.67	0.19	0.80	0.79	0.22	0.94	0.24	1.16
5	1.36	0.68	0.18	0.87	0.50	0.13	0.64	0.21	0.77
6	1.62	0.69	0.16	0.66	0.42	0.10	0.40	0.24	0.50
7	2.27	0.54	0.15	0.62	0.24	0.06	0.27	0.24	0.34
8	2.34	0.57	0.13	0.58	0.24	0.05	0.24	0.22	0.30
9	3.39	0.67	0.13	0.48	0.19	0.03	0.14	0.27	0.17
10	3.48	0.52	0.12	0.40	0.15	0.03	0.11	0.30	0.15
11	3.79	0.60	0.11	0.39	0.15	0.03	0.10	0.28	0.13
12	3.92	0.57	0.11	0.34	0.14	0.03	0.08	0.32	0.11
13	4.46	0.59	0.11	0.31	0.13	0.02	0.07	0.35	0.09