

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ANALISIS FOLIAR DEL FOSFORO EN DOS ESTADOS
FENOLOGICOS DEL MAIZ (Zea mays L.) CON FINES
DE FERTILIZACION

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

LESTER HUMBERTO MUÑOZ AGUIRRE

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, octubre de 1984

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(765)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

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

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|------------------------------|
| DECANO | Ing. Agr. César Castañeda S. |
| EXAMINADOR | Ing. Agr. Jorge Sandoval I. |
| EXAMINADOR | Ing. Agr. Salvador Castillo |
| EXAMINADOR | Ing. Agr. Lauriano Figueroa |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez |



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1848

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

30 de agosto de 1984

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

Señor Decano:

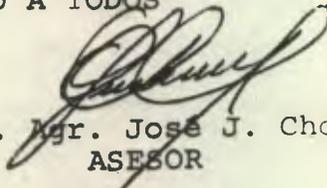
En atención al nombramiento que emitiera, para asesorar al estudiante Lester Humberto Muñoz Aguirre, en su trabajo de tesis "ANALISIS FOLIAR DEL FOSFORO EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS DEL MAIZ (Zea mays L.), CON FINES DE FERTILIZACION", informamos a usted que ha sido concluida la asesoría y revisión del documento final.

Por lo antes expuesto, consideramos que el trabajo presentado por el estudiante Muñoz Aguirre, 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, 10, de octubre de 1984

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía

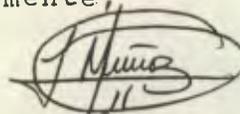
Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "ANALISIS FOLIAR DEL FOSFORO EN DOS ESTADOS FENOLOGICOS DEL MAIZ (Zea mays L.), CON FINES DE FERTILIZACION.

Como requisito previo para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando sea aceptado, me suscribo de ustedes,

Respetuosamente,



P.A. Lester Humberto Muñoz Aguirre

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES:

Humberto Muñoz Avendaño
María Teresa Aguirre de Muñoz

A MIS ABUELOS:

Miguel Muñoz B (Q.P.D.)
Piedad Avendaño (Q.P.D.)
Juan Aguirre (Q.P.D.)
María V. Pérez Vda. de Aguirre

A MIS HERMANOS:

Blanca Miriam
Juan Luis
Alex Joel

A MIS SOBRINOS:

Werner Estuardo
Sergio Alejandro

A MI CUÑADO:

Lic. Werner Gaitán M.

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION;

En especial a:
Ing. Agr. Hugo Leonel Estrada Ortíz
Ing. Agr. Paulino Portillo H.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA

GUATEMALA

A MI PUEBLO

VILLA CANALES

A MIS CENTROS DE ENSEÑANZA

INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA
FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA USAC

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento y reconocimiento a las siguientes personas, que de una u otra manera me ayudaron a la realización del presente trabajo.

- A los Ingenieros Agrónomos: José Jesús Chonay P. y Hugo - Tobías, Asesores del presente trabajo, por sus observaciones y orientación científica del mismo.

- Al Ing. Agr. Salvador Castillo, por su desinteresada colaboración durante el desarrollo del presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

| | | Pag. |
|-----|--|------|
| | Indice de cuadros----- | |
| | Indice de figuras----- | |
| | Resumen----- | i |
| I | Introducción----- | 1 |
| II | Objetivo e Hipótesis----- | 3 |
| III | Revisión de Literatura----- | 4 |
| | A. Antecedentes----- | 4 |
| | B. Partes de la planta que se de ben muestrear----- | 6 |
| | C. Epocas de muestreo----- | 8 |
| | D. Tamaño de las muestras de te- jido vegetal para su análisis | 8 |
| | E. Concentración de elementos mi- nerales en los tejidos de plan- tas de maíz----- | 9 |
| | F. Solución nutritiva----- | 12 |
| IV | Materiales y Metodología----- | 16 |
| | A. Localización del área experi- mental----- | 16 |
| | 1. Ubicación----- | 16 |
| | 2. Condiciones climáticas del invernadero----- | 16 |
| | B. Solución nutritiva----- | 16 |
| | C. Niveles del factor evaluado-- | 17 |
| | D. Características medidas----- | 18 |
| | 1. Concentración de fósforo de la planta----- | 18 |
| | 2. Peso del grano en cada trata- miento----- | 18 |

INDICE DE CONTENIDO

| | Pag. |
|---------------------------------|------|
| 3. Diámetro de tallo----- | 18 |
| E. Análisis químico foliar----- | 18 |
| F. Análisis estadístico----- | 19 |
| G. Análisis de datos----- | 19 |
| H. Manejo del experimento----- | 20 |
| V Resultados y Discusión----- | 21 |
| VI Conclusiones----- | 37 |
| VII Bibliografía----- | 39 |

INDICE DE CUADROS

| | Pag. |
|--|------|
| 1 Niveles de nutrimentos en la hoja de la <u>ma</u> <u>zorca</u> del maíz a la iniciación de la <u>forma</u> <u>ción</u> del <u>cabello</u> , en varios estados nutri- cionales de la planta----- | 11 |
| 2 Condiciones de temperatura y humedad rela- tiva en el período en que se realizó el <u>en</u> <u>sayo</u> ----- | 16 |
| 3 Fuente de nutrimentos de la solución nutri- tiva----- | 17 |
| 4 Niveles de fósforo en la solución nutritiva | 17 |
| 5 Métodos de análisis químico foliar----- | 18 |
| 6 Rendimiento promedio de grano (g/maceta) y diámetros (cm), por efecto de la concentra- ción de fósforo en el tejido foliar, a los 30 y 70 días después de la siembra----- | 21 |
| 7 Análisis de varianza para el rendimiento de grano (g/maceta)----- | 22 |
| 8 Efecto del porcentaje de fósforo en el te- jido foliar a los 30 y 70 días después de la siembra, sobre el rendimiento promedio (g/maceta)----- | 23 |
| 9 Análisis de regresión para el rendimiento relativo en base a las concentraciones fo- liares de fósforo, medido a los 30 días después de la siembra----- | 24 |

INDICE DE CUADROS

Pag.

| | | |
|----|---|----|
| 10 | Análisis de regresión para el rendimiento relativo en base a las concentraciones foliares de fósforo, medido a los 70 días - después de la siembra----- | 25 |
| 11 | Rangos de concentración foliar de fósforo y estado nutricional de la planta de maíz, medido a los 30 y 70 días después de la siembra----- | 28 |

INDICE DE FIGURAS

| | | Pag |
|---|---|-----|
| 1 | Curva de acción o de cosecha----- | 15 |
| 2 | Macetas utilizadas para el cultivo del maíz | 20 |
| 3 | Efecto de la concentración foliar del fósforo, sobre el rendimiento relativo, a los 30 días después de la siembra----- | 26 |
| 4 | Efecto de la concentración foliar del fósforo, sobre el rendimiento relativo, a los 70 días después de la siembra----- | 27 |
| 5 | Efecto de la concentración de fósforo en la solución nutritiva, sobre el rendimiento de grano (g/maceta)----- | 29 |
| 6 | Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de potasio en el tejido foliar de maíz----- | 31 |
| 7 | Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de calcio en el tejido foliar de maíz----- | 32 |
| 8 | Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad sobre la concentración de magnesio en el tejido foliar de maíz----- | 33 |
| 9 | Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de la relación P/K en el tejido foliar de maíz----- | 34 |

INDICE DE FIGURAS

Pag.

| | | |
|----|--|----|
| 10 | Efecto de niveles de fósforo en la <u>solu</u> ción nutritiva y la edad, sobre la <u>concen</u> tración de la relación Ca/Mg en el tejido foliar de maíz----- | 35 |
| 11 | Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad sobre la concentración de la relación $\frac{Ca+Mg}{K}$ en el tejido foliar de maíz----- | 36 |

RESUMEN

Considerando la importancia que representa en nuestro medio el análisis foliar del fósforo con fines de fertilización en dos estados fenológicos del maíz (30 y 70 días después de la siembra), se planteó el presente estudio con el objeto de determinar el nivel crítico expresado en rangos de concentración, en base a la curva de concentración del nutrimento.

Se planteó como hipótesis que las diferentes concentraciones de fósforo a nivel foliar, hacen variar el rendimiento relativo de grano de maíz.

La presente investigación se realizó en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y para responder al objetivo e hipótesis planteados, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, que consistió en 10 niveles de fósforo (0 a 1280 ppm) y 3 repeticiones, trabajando en condiciones hidropónicas. La unidad experimental consistió en una maceta plástica de 8 litros de capacidad y el sustrato utilizado fue de arena pomez tamizada.

Las características medidas fueron:

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

Los resultados obtenidos revelan la aceptación de la hipótesis planteada y se concluye en lo siguiente:

- Los rangos críticos de concentración de fósforo son de 0.30 a 0.37% a los 30 días y de 0.29 a 0.36% a los 70 días después de la siembra respectivamente.
- El fósforo influyó en el diámetro del tallo de las plantas, ya que conforme aumentó la concentración foliar del fósforo, se incrementó el diámetro hasta un máximo de 2.20 cm que posteriormente disminuyó por efecto de toxicidad.
- El contenido de fósforo foliar aumentó conforme se incrementó la concentración del nutrimento en la solución nutritiva.
- Las concentraciones foliares de fósforo, potasio, calcio y la relación Ca/Mg disminuyeron con la edad de la planta; mientras que la concentración de magnesio y de las relaciones P/K, $\frac{Ca+Mg}{K}$ tienden a incrementarse. Así mismo la concentración^K de fósforo en la solución nutritiva, mientras que las concentraciones de calcio y de la relación Ca/Mg disminuyen; la concentración de magnesio y de las relaciones P/K y $\frac{Ca+Mg}{K}$ tienden a aumentar.

I. INTRODUCCION

En Guatemala se cultivan 648,343.42 hectáreas con maíz (11), el cual constituye en gran parte la dieta de la población, proporciona 84.6% de carbohidratos, 9.9% de proteínas, 4.2% de grasas y 1.3% de sustancias minerales (19).

González (10) al estudiar suelos de Guatemala, encontró que el 75% de un total de 30,000 muestras de suelo, analizadas en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, son deficientes en fósforo, como consecuencia de lo anterior se supone la existencia de respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatados. Además Brolo (3) en su estudio sobre la evaluación del contenido de fósforo y potasio disponibles en los suelos de Guatemala, concluye que de 80,746 muestras de suelo analizadas, provenientes de las áreas agrícolas importantes del país el 55.7% son deficientes en fósforo y el 15.5% deficientes en potasio, como consecuencia de esta situación, se ve la necesidad de estudiar el comportamiento de estos nutrimentos por influir en la producción de grano de maíz.

El análisis foliar determina el contenido total de nutrimentos en las plantas, mientras que el análisis de suelo determina el contenido de nutrimentos disponibles para las plantas, el último es únicamente una parte del contenido total, y la cantidad medida depende de la solución, extractora utilizada, la temperatura y el tiempo de extracción. Por lo tanto, el análisis foliar de resultados comparables de un lugar a otro en mayor grado que los resultados obtenidos del análisis de suelo, por tal razón es un método conveniente para la determinación de la nutrición de las plantas (13).

Con el presente trabajo se pretende establecer deficiencia, suficiencia y toxicidad de fósforo en la composición química foliar, con énfasis en la concentración crítica y el rango de concentración crítica del nutrimento, y evaluar el rendimiento de maíz, desarrollado en solución nutritiva, bajo condiciones de invernadero, ya que en nuestro medio no se cuenta con estudios básicos de esta naturaleza.

II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

A. OBJETIVO

Evaluar las concentraciones de fósforo a nivel foliar en dos estados fenológicos del maíz (Zea mays L.) para determinar el nivel crítico, con base a la curva de concentración del nutrimento.

B. HIPOTESIS

Las diferentes concentraciones de fósforo a nivel foliar hacen variar el rendimiento relativo en grano de maíz (Zea mays L.).

III. REVISION DE LITERATURA

A. Antecedentes

El análisis químico de las plantas se utiliza para el diagnóstico de anomalías que se notan en el crecimiento de las mismas, para establecer correlaciones entre la producción relativa y el estado nutrimental, que sirve como guía de la fertilización química (5, 13).

El análisis del estado nutrimental de partes representativas de la planta, tiene como fin inmediato el determinar el nivel crítico de un nutrimento a partir de una curva de calibración que se obtiene en función de la cosecha (21).

Ulrich, citado por Sandoval (21), define el nivel crítico como aquella concentración de nutrimentos bajo la cual la producción máxima empieza a disminuir. Ulrich, citado por Dow y Roberts (9) da los siguientes conceptos de nivel crítico:

- a) El punto donde el rendimiento es 10% menos que el máximo.
- b) La máxima cantidad adecuada dentro de un rango de suficiencia del elemento en la planta, acompañado de una alta producción.
- c) La concentración donde el crecimiento de la planta empieza a decrecer.

Chapman, citado por Howeler (13) menciona que el nivel crítico es la concentración del nutrimento que esta asociado con el 90 o 95% del rendimiento máximo, o bajo los cuales se producen síntomas de deficiencia.

Dow y Roberts, citados por Medina (16) sugieren el cambio del término nivel crítico por rango de concentración de nutrimentos, ya que el nivel crítico es señalado como un punto, mientras que el rango de concentración de nutrimentos se considera como una zona del estado de desarrollo de la planta arriba de la cual la concentración foliar es elevada y abajo de la cual, el cultivo es deficiente en cuanto al nutrimento en estudio. Mencionan además cuatro sistemas o criterios para analizar resultados de análisis de follaje, que son los siguientes:

- 1 Nivel crítico
- 2 Rango crítico
- 3 Valor standard
- 4 Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS).

El más común es el nivel crítico normal y rango crítico, estos sistemas no asumen interacciones sinérgicas o antagónicas dentro de los nutrimentos. El valor standard y el sistema integrado de diagnóstico y recomendación, son los más recientemente desarrollados y tienen la ventaja que toman en cuenta el desbalance nutrimental.

Jacksos (14) menciona que el análisis de tejidos vegetales contribuye a la caracterización de las propiedades químicas del suelo, en función de sus condiciones de fertilidad de la nutrición mineral de las plantas.

Attoe, citado por Jackson (14) encontró que el contenido de nutrimentos en la planta, varia de acuerdo con la actividad del nutrimento en el suelo, con la edad del tejido vegetal, las condiciones del cultivo y el clima.

Diake, citado por Sandoval (21) hizo estudios del estado nutritivo de plantas de maíz por la técnica de análisis de tejido, y encontró correlación entre el análisis de tejido, los fertilizantes aplicados y la producción.

Thien, citado por Sandoval (21) concluyó que la aplicación de nitrógeno al suelo, esta relacionada con la absorción y transporte del fósforo por la planta.

En café y frijol se encontró una correlación lineal positiva entre el nivel del nutrimento en el substrato y el contenido de fósforo soluble en las hojas (4,20).

Jenne et al, citado por Jones (15) realizaron estudios en plantas de maíz sobre el cambio en la concentración de nutrimentos conforme la edad del cultivo, y concluyen que el nitrógeno y potasio decrecen a medida que madura la planta, el fósforo cambia relativamente poco y el calcio y el magnesio tienden hacia un aumento, a este fenómeno se le denomina efecto de dilución.

B. Partes de la planta que se deben muestrear

Sandoval (21) menciona que los primeros estudios del diagnóstico foliar en maíz fueron realizados por Thomas en Estados Unidos en 1938. La hoja que se utilizaba para el análisis químico fue la tercera o cuarta, de la base hacia el ápice.

Tyner, citado por Jones (15), recomienda la toma de muestras en la sexta hoja de la base de la planta al momento de la floración, entre las ventajas que destacó este método, puede citarse la facilidad de reconocimiento del tejido para muestreo y la igualdad de maduración al tratarse de variedades diferentes. Además se estima que el peso de las partes

vegetativas (tallos y hojas), están cerca del máximo en este momento y la demanda de nutrimentos es mayor.

Sandoval (21), menciona que en Francia, para el diagnóstico foliar en maíz se comenzó a investigar en 1955 - por Dulac, quien muestreó las hojas en cuya axila aparece la espiga principal.

Wolf, citado por Medina (16) menciona que las hojas completamente desarrolladas, responden más a los niveles - de nutrimentos del suelo.

Howeler (13) indica que debido a que los niveles de nutrimentos varían bastante en las diferentes partes de la planta y cambian de acuerdo a su estado de crecimiento, es muy importante utilizar métodos uniformes de muestreo. Además para hacer comparaciones dentro de un ensayo o para hacer comparaciones con datos que se obtienen al revisar - la literatura, es necesario tomar las muestras de las mismas partes de la planta y en la misma etapa de crecimiento.

Viets, citado por Sandoval (21), seleccionó hojas de maíz completamente desarrolladas a diferentes etapas de - crecimiento, la segunda hoja abajo de la espiga fue la que utilizó.

Howeler (13) menciona que las muestras menos contaminadas con polvo y más representativas, son las hojas más nuevas que han completado su desarrollo normal en la parte superior de la planta. No deben incluir hojas dañadas por insectos, enfermedades, herbicidas, etc.

Malovolta y Pimentel, citados por Sandoval (21), encontraron en plantas de maíz que la posición de la hoja, no parece ser crítica en cuanto a análisis de nutrimentos se refiere, concluyeron que desde la octava hasta la tercera hoja antes de la yema, no hay variación en cuanto a contenido de nutrimentos.

C. Epocas de muestreo

Hoffer, citado por Corriols (6) trabajó en plantas de maíz y encontró que la mejor época de muestreo es cuando las plantas están en su período de maduración.

Malovolta y Pimentel, citados por Sandoval (21), mencionan que las muestras foliares deberían recogerse 50 días después de la siembra, ya que indican claramente el estado nutrimental de la planta.

Jones (15) determinó el valor crítico para 14 elementos, tomando las muestras al inicio de la floración (a la iniciación de la formación del cabellito).

Viets, citado por Sandoval (21) indica que las muestras deben tomarse al momento de la floración. Tyner, citado por Sandoval (21) estableció niveles críticos de nutrimentos para el maíz, al momento del inicio del espigamiento, considerando que en esta etapa, el rendimiento era más sensible a la composición foliar.

D. Tamaño de las muestras de tejido vegetal para su análisis

Jackson (14) afirma que la magnitud de la muestra de tejido vegetal necesaria para los análisis, queda determina

da por:

- a) La finura de la molienda
- b) La concentración del elemento en la planta
- c) La sensibilidad del método de determinación que haya que ser empleado.

En lo que respecta a la primera consideración, la cantidad mínima de planta es habitualmente 0.2 gramos y usualmente no se toman muestras de tamaño inferior a 1 gramo. Es más eficaz utilizar una sola muestra para la determinación de los distintos elementos de interés, que preparar una muestra independiente para cada elemento.

E. Concentración de elementos minerales en los tejidos de las plantas de maíz

Beeson, citado por Jackson (14) menciona que la concentración de cada elemento en determinado tipo de tejido vegetal, varía grandemente con la época de recolección y el tipo de ambiente; se han expresado como tantos por ciento o partes por millón seco, otra forma útil de expresar la concentración es por 100 gramos de tejido. La concentración de un elemento mineral, multiplicada por el rendimiento de la cosecha, da el contenido del elemento por unidad de rendimiento de la cosecha.

Munson y Nelson, citados por Medina (16) mencionan que existen diferencias en cuanto a la concentración de nutrimentos en variedades, sin embargo, no es significativa la diferencia. Jones (15), cita que algunos investigadores han ob-

servado que la genética ejerce un gran grado de control sobre la absorción de nutrimentos y concentración en plantas, la concentración refleja la acción genética y ambiental. La genética establece los límites del potencial metabólico y fisiológico; el control o manipulación de los factores ambientales determina hasta qué grado está cumpliendo el potencial genético.

Wolf, citado por Medina (16), menciona que la concentración de nutrimentos dependerá de la velocidad de absorción de nutrimentos y de la relación de producción de materia seca en forma directa.

Tyner, citado por Jones (15) ha encontrado concentraciones de fósforo de 0.295% como nivel crítico y de potasio de 1.30%, en la sexta hoja de la base de la planta al momento de la floración. Jones, citado por Howeler (13) encontró el contenido de nutrimentos en la hoja de la mazorca e iniciación del cabello en maíz y son los siguientes:

Para el fósforo: 0.16% deficiente, 0.30% intermedio y 0.50% exceso.

Para el potasio: 1.26% deficiente, 2.00% intermedio y 2.50% exceso.

Para el magnesio: 0.10% deficiente, 0.35% intermedio y 0.55% exceso.

Miller (18) menciona que mediante el análisis de toda una planta de maíz el fósforo representa el 0.20% del peso seco, este conocimiento lo obtuvo de la necesidad de sustancias minerales mediante el cultivo en soluciones.

En el cuadro 1 se muestran los niveles de nutrimentos en maíz en varios estados nutricionales de la planta, a la iniciación de la formación del cabello. Jones, citado por Howeler (13).

Cuadro 1. Niveles de nutrimentos en la hoja de la mazorca del maíz a la iniciación de la formación del cabello, en varios estados nutricionales de la planta.

| Elemento | Estado nutricional de la planta* | | | | |
|----------|----------------------------------|-----------|------------|-----------|--------|
| | Deficiente | Bajo | Suficiente | Alto | Exceso |
| %N | 2,45 | 2.46-2.75 | 2.76-3,50 | 3.51-3,75 | 3.75 |
| %P | 0.15 | 0.16-0.24 | 0.25-0.40 | 0.41-0.50 | 0.50 |
| %K | 1,25 | 1,26-1.70 | 1,71-2.25 | 2.26-2.50 | 2.50 |
| %Ca | 0.10 | 0.11-0.20 | 0.21-0.50 | 0.51-0.90 | 0.90 |
| %Mg | 0.10 | 0,11-0.20 | 0,21-0.40 | 0.41-0.55 | 0.55 |

* Deficiente: 80% del rendimiento máximo
 Bajo : 80-90% del rendimiento máximo
 Suficiente: 90-100% del rendimiento máximo
 Exceso : 100% del rendimiento máximo.

Gallo et al, citados por Jones (15) encontraron para el maíz 0.23% de concentración de fósforo como nivel crítico, y para el potasio de 1.70 a 2.70%.

Dow y Roberts, citados por Medina (16) sugieren dar estándares de nivel crítico después de varios años de estudio, ya que factores ambientales afectan los resultados de los análisis de las plantas.

F. Solución nutritiva

Miller (18) menciona que para los estudios de esta clase, la planta se coloca en una maceta que contenga un material inerte (arena de cuarzo) y se riega periódicamente con solución acuosa de sales minerales.

Otro método consiste en colocar la solución en una vasija y sostener la planta, de manera que sus raíces se sumerjan en la solución. El empleo de soluciones de cultivo, no solo da información sobre la necesidad de sustancias minerales para las plantas, sino que facilita la información mediante la determinación de algunas funciones de cada uno de los elementos en el metabolismo de las plantas. Presenta en forma breve algunos métodos para preparar soluciones nutritivas; deben observarse muchas precauciones para asegurar los resultados favorables;

- a) La solución debe contener la misma presión osmótica
- b) La solución debe contener buena provisión de elementos esenciales.
- c) Debe mantenerse un pH constante (de preferencia un pH de 6.5).
- d) Debe asegurarse que las raíces estén aireadas
- e) Las soluciones deben cambiarse periódicamente para mantener constante la concentración
- f) Si las sales tienden a cristalizar y a trepar por los tallos de las plantas, es necesario rociar los tallos con agua desmineralizada.
- g) Otras condiciones para el crecimiento como luz y temperatura, deben ser adecuadas.

Miller (18), menciona que si todas las condiciones son favorables, la producción debe ser igual pero nunca mayor que la que se obtiene en el campo en condiciones naturales. Además no hay diferencia en los minerales absorbidos ni en el contenido de vitaminas de la planta. Una gran proporción de fósforo en la planta madura está en la semilla y el fruto, este elemento es abundante en las células meristemáticas y es componente de la Lecitina y de los ácidos nucleicos; - las plantas deficientes en fósforo, son de crecimiento lento y a menudo enanas en la madurez, las hojas son de color verde oscuro y el desarrollo de las antocianinas puede ser incrementado. Las plantas de maíz en suelos deficientes de fósforo, llegan a una altura de 30 a 60 cm y producen pequeñas espigas.

Devlín (7) indica que los medios sólidos, por ejemplo la arena o el cuarzo triturado, son generalmente más fáciles de manejar que el medio líquido, en cambio los problemas de purificación son más difíciles de resolver, sin embargo hoy en día es posible procurarse arena de Sílice altamente purificada. La solución nutritiva puede incorporarse al cultivo sólido de tres modos diferentes:

- 1 Vertiéndola sobre superficie
- 2 Dejándola gotear sobre superficie
- 3 Obligándola a subir desde el fondo del recipiente (sub-irrigación).

De los tres métodos, el cultivo por vertido de la solución en el recipiente es el más fácil de manipular, pero permite poco control; el cultivo por goteo puede regularse de modo que la cantidad de solución que ingresa sea la misma que la que drena fuera del recipiente, permite un suministro del

líquido nutritivo continuo y un control parcial de la cantidad de nutrimentos que llegan al sistema radicular.

Devlin (7) indica que no existen pruebas de que las plantas absorban fósforo orgánico, ni en forma sólida ni en forma disuelta en el suelo, por ello el fósforo orgánico representa una forma de este elemento inutilizable por la planta, sin embargo, los componentes orgánicos acaban por descomponerse, con lo cual el fósforo queda libre en forma inorgánica fácilmente absorbible por la planta. Gran parte del fósforo de la solución del suelo, se encuentra en forma inorgánica, principalmente en forma de iones fosfatos $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} la cantidad de cada uno de estos dos iones que se encuentran presentes, dependen del pH de la solución del suelo, de tal manera que el pH bajo favorece al ión $H_2PO_4^-$ y el pH elevado al ión HPO_4^{2-} . Existe un equilibrio entre el fósforo de la fase sólida y el de la fase líquida, y que la mayor parte del fósforo queda absorbido sobre la fase sólida. Menciona que la disponibilidad de fósforo depende de varios factores, entre ellos los más importantes son:

- a) pH de la solución del suelo
- b) Hierro y aluminio en forma disuelta
- c) Calcio y magnesio disponibles
- d) Intermedio aniónico
- e) Presencia de microorganismos

Barcelo (1) menciona que el pH de las soluciones nutritivas oscilan entre 5 y 7, la importancia del pH en estas soluciones es grande, ya que ejerce una influencia considerable en la solubilidad de varios componentes. Para estudiar las relaciones cuantitativas que existen entre el sumi

nistro de sales minerales y el crecimiento de una planta, se utilizan varios métodos, uno de ellos es el unifactorial, que consiste en elegir un elemento e introducirlo - en un medio nutritivo bajo diversas concentraciones y medir el crecimiento correspondiente, se obtiene así una curva de acción o curva de cosecha, como se aprecia en la Figura 1, en la que pueden distinguirse tres fases:

- 1 Fase de deficiencia, la cual va acompañada de síntomas patológicos al ser muy acentuada,
- 2 Fase óptima, es en la cual el crecimiento es máximo
- 3 Fase de toxicidad, debida a que un exceso del elemento provoca una disminución del crecimiento.

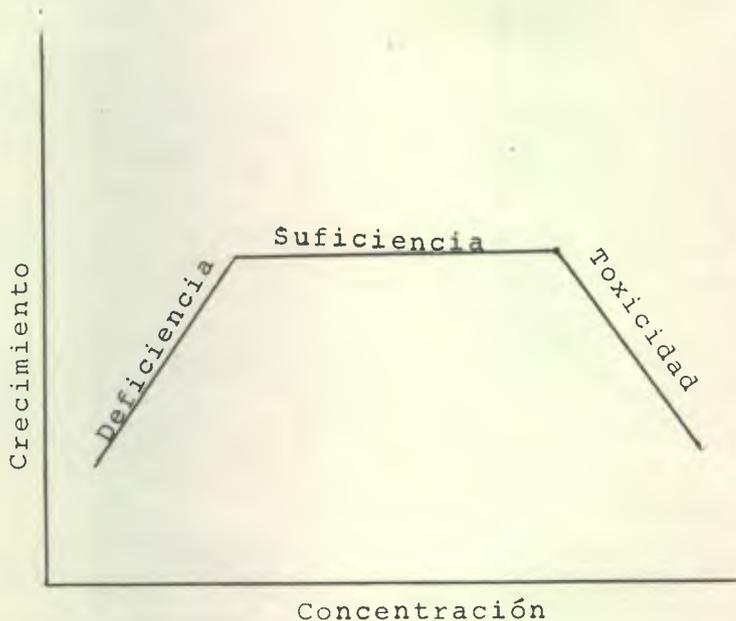


Figura 1. Curva de acción o de cosecha

IV. MATERIALES Y METODOLOGIA

A. Localización del área experimental

1. Ubicación: El experimento fue realizado en el invernadero de la Facultad de Agronomía, el cual se encuentra localizado en la ciudad Universitaria de la zona 12 de la ciudad capital de Guatemala. La localización geográfica es de - 14°35' 11" latitud norte y 90°31' 58" longitud oeste y a una altura de 1502.32 m.s.n.m. (22).
2. Condiciones climáticas del invernadero: Las condiciones de temperatura y humedad relativa durante el tiempo de conducción del experimento, se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones de temperatura y humedad relativa en el período en que se realizó el ensayo.

| Mes | Mínima | | Media | | Máxima | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T (°C) | HR (%) | T (°C) | HR (%) | T (°C) | HR (%) |
| Sept. 1983 | 19.0 | 51.0 | 28.0 | 64.0 | 37.0 | 77.0 |
| Oct. 1983 | 18.0 | 52.0 | 28.5 | 65.5 | 39.0 | 79.0 |
| Nov. 1983 | 20.0 | 50.0 | 29.5 | 64.0 | 39.0 | 78.0 |
| Dic. 1983 | 13.0 | 73.0 | 23.0 | 76.0 | 33.0 | 79.0 |
| Enero 1984 | 10.0 | 67.0 | 23.0 | 73.5 | 36.0 | 80.0 |

Fuente: Archivo del Invernadero de la Facultad de Agronomía de la USAC.

B. Solución nutritiva

Para el presente trabajo, se preparó una solución nutritiva con los equivalentes en nutrimentos a la solución de Hoagland y Arnon (1), la cual se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Fuente de nutrimentos de la solución nutritiva

| Macronutrientes | ppm | Macronutrientes | ppm |
|---|----------|--|--------------------|
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 540 | H_3BO_3 | 2.86 |
| K_2SO_4 | 880 | $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 1.81 |
| $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ | Evaluado | $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 0.08 |
| $\text{CaSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 5230 | $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 0.22 |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 2340 | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5% | 0.60 ml |
| | | Acido Tartárico 0.4% | 1 a 3 veces/semana |

C. Niveles del factor evaluado

En el cuadro 4 se muestran los diferentes niveles de fósforo para cada uno de los tratamientos, bajo condiciones de hidroponia.

Cuadro 4. Niveles de fósforo evaluados en la solución nutritiva

| Tratamiento | ppm de Fósforo |
|-------------|----------------|
| 1 | 0.0 |
| 2 | 5.0 |
| 3 | 10.0 |
| 4 | 20.0 |
| 5 | 40.0 |
| 6 | 80.0 |
| 7 | 160.0 |
| 8 | 320.0 |
| 9 | 640.0 |
| 10 | 1280.0 |

Fuente de fósforo: Triple Super Fosfato, 46% P_2O_5

D. Características medidas

1. La concentración de fósforo en la planta, por medio del a nálisis químico de las hojas en dos estados fenológicos del maíz; a los 30 días después de la siembra se muestreó la cuarta hoja debajo del ápice y a los 70 días después de la siembra, se muestreó la hoja de la mazorca.
2. El peso del grano de cada uno de los tratamientos, expresado en rendimiento relativo.
3. El diámetro de cada tratamiento, tomado a los 70 días después de la siembra.

E. Análisis químico foliar

La preparación de las muestras, consiste en su secado en un horno de convección a una temperatura de 65°C hasta que alcancen un peso constante, previo a su molida en un molino Willey con un tamiz de 20 mallas, El análisis químico foliar, se realizó por Digestión seca (8).

En el cuadro 5 se presentan los métodos de análisis químicos realizados.

Cuadro 5. Métodos de análisis químico foliar

| Determinación | Método | Referencia |
|---------------|--|-------------------------|
| P | Colorimétrico | Diaz R. y Hunter A. (8) |
| K | Extracción HCL 1N Lectura es pectrofotométrica | Diaz R. y Junter A. (8) |
| Ca y Mg | Titrimétrico con EDTA | Braeuner (2) |

F. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 10 niveles de fósforo y 3 repeticiones. La unidad experimental consistió en una maceta plástica de 8 litros - de capacidad.

El modelo estadístico para el análisis de las características medidas es el siguiente (17).

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta observada en la repetición j del tratamiento i .

u = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental, asociado a la ij -ésima unidad experimental

i = 1,2,3.....,9,10 tratamientos

j = 1,2,3 repeticiones

G. Análisis de datos

Para darle respuesta a el objetivo e hipótesis, se procesaron los datos mediante:

El análisis de varianza para la concentración foliar de fósforo y el rendimiento relativo, al 1% de significancia. Separación de medias por Tukey al 5% de probabilidad. Análisis de regresión simple.

H. Manejo del experimento

Las macetas se llenaron con arena gruesa en la parte inferior, arena media en la parte intermedia y arena fina en la parte superior, tapándose con duroport, lo cual se aprecia en la figura 2.

En cada unidad experimental se sembraron 2 semillas del híbrido H-5. Las características del híbrido son: Color blanco semidentado, su ciclo vegetativo es de 110 a 120 días, rendimiento 4,545.40 kg/ha, y su adaptación es de 0 a 1,372 m.s.n.m. (12).

La solución nutritiva se aplicó con una frecuencia de dos días y se realizó el lavado del sustrato cada 8 días con agua desmineralizada.

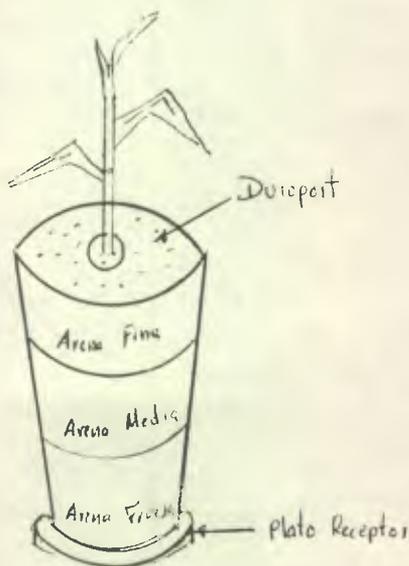


Figura 2. Macetas utilizadas para el cultivo del maíz.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente estudio.

Cuadro 6. Rendimiento promedio de grano (g/maceta) y diámetros (cm) por efecto de la concentración de fósforo en el tejido foliar a los 30 y 70 días después de la siembra.

| Tratamiento | Fósforo foliar (%) | | Rendimiento promedio (g/maceta) | Diámetro (cm) |
|-------------|--------------------|------------------|---------------------------------|---------------|
| | 30 ^{1/} | 70 ^{1/} | | |
| 1 | 0.13 | 0.13 | 16.37 | 1.74 |
| 2 | 0.145 | 0.13 | 19.44 | 1.49 |
| 3 | 0.15 | 0.17 | 44.94 | 1.87 |
| 4 | 0.19 | 0.19 | 58.20 | 2.04 |
| 5 | 0.25 | 0.52 | 70.18 | 2.09 |
| 6 | 0.46 | 0.64 | 80.79 | 2.08 |
| 7 | 0.94 | 0.66 | 73.76 | 2.20 |
| 8 | 0.96 | 0.79 | 91.23 | 2.17 |
| 9 | 1.01 | 0.99 | 54.36 | 2.15 |
| 10 | 1.24 | 1.16 | 22.84 | 1.91 |

^{1/} = Días después de la siembra

En el cuadro 6, se aprecian los rendimientos promedio de grano (g/maceta) y diámetros (cm) por efecto de la concentración de fósforo en el tejido foliar, en el tejido foliar, a los 30 y 70 días después de la siembra. Se infiere que las concentraciones de fósforo en el tejido foliar de 0.96 y 0.79% a los 30 y 70 días después de la siembra respectivamente, se obtiene el máximo rendimiento, mientras

que el mayor diámetro se observa en concentraciones foliares de 0.94 y 0.66% de fósforo. Así mismo el menor rendimiento se obtiene con concentraciones foliares de 0.13% de fósforo a los 30 y 70 días después de la siembra, mientras que el menor diámetro se obtiene con concentraciones foliares de 0.145 y 0.13% de fósforo.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento de grano (g/maceta)

| Puente de Variación | Grados de libertad | Cuadrado medio | F Calculada | F Tabulada 1% |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|---------------|
| Tratamiento | 9 | 2143.65 | 18.78** | 3.46 |
| Error | 20 | 114.13 | | |
| Total | 29 | | | |

** = Significativo al 1% de probabilidad

C.V.= 20.08%

En el cuadro 7 se observa el análisis de varianza del rendimiento de grano (g/maceta) de los tratamientos evaluados. Se deduce que existe efecto significativo al 1% de probabilidad, con lo cual, se acepta la hipótesis planteada.

Cuadro 8. Efecto del porcentaje de fósforo en el tejido foliar a los 30 y 70 días después de la siembra, sobre el rendimiento promedio (g/maceta)

| Tratamiento | % de fósforo 30 días 1/ | % de fósforo 70 días 1/ | Rendimiento promedio 2/ | |
|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|
| 8 | 0.96 | 0.79 | 91.23 | a |
| 6 | 0.46 | 0.64 | 80.79 | a b |
| 7 | 0.94 | 0.66 | 73.76 | a b c |
| 5 | 0.25 | 0.52 | 70.18 | a b c |
| 4 | 0.19 | 0.19 | 58.20 | b c |
| 9 | 1.01 | 0.99 | 54.36 | b c |
| 3 | 0.15 | 0.17 | 44.94 | c d |
| 10 | 1.24 | 1.16 | 22.84 | d |
| 2 | 0.145 | 0.13 | 19.44 | d |
| 1 | 0.13 | 0.13 | 16.37 | d |

1/ = Después de la siembra

2/ = g/maceta

Las medidas con la misma letra son iguales al 5% de probabilidad.

En el cuadro 8 se observa el efecto del porcentaje de fósforo en el tejido foliar a los 30 y 70 días después de la siembra, sobre el rendimiento (g/maceta). Se deduce que no existe significancia al 5% de probabilidad, al tener concentraciones de 0.96, 0.94, 0.46 y 0.25% de fósforo a los 30 días de 0.79, 0.66, 0.64 y 0.52% de fósforo a los 70 días después de la siembra respectivamente, se obtienen los mejores rendimientos; mientras que con las concentraciones de 1.24, 0.15, 0.145 y 0.13% de fósforo a los 30 días y de 1.16, 0.17 y 0.13% de fósforo a los 70 días después de la siembra, se obtienen los rendimientos más pobres, los cuales son iguales estadísticamente al 5% de probabilidad.

Cuadro 9. Análisis de regresión para el rendimiento relativo en base a las concentraciones foliares de fósforo, medido a los 30 días después de la siembra.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Cuadrado medio | F Calculada | F Tabulada 1% |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|---------------|
| Regresión | 2 | 2540.97 | 15.35** | 9.55 |
| Error | 7 | 165.56 | | |
| Total | 9 | | | |

** = Significativo al 1% de probabilidad

En el cuadro 9 se observa el análisis de regresión para el rendimiento relativo, en base a las concentraciones foliares de fósforo, medido a los 30 días después de la siembra. Se aprecia que existe efecto significativo al 1% de probabilidad, o sea que existe una alta relación entre las variables.

En la figura 3 se muestra el efecto de la concentración foliar del fósforo sobre el rendimiento relativo, a los 30 días después de la siembra. Se infiere que el nivel crítico corresponde a 0.34%, mientras que el rango de concentración crítica corresponde de 0.30 a 0.37% de fósforo; así mismo, el modelo de regresión que más se ajusta es el Raíz Cuadrada.

Cuadro 10. Análisis de regresión para el rendimiento relativo en base a las concentraciones foliares de fósforo, medido a los 70 días después de la siembra.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrado medio | F Calculada | F Tabulada 1% |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|---------------|
| Regresión | 2 | 2685.69 | 21.62** | 9.55 |
| Error | 7 | 124.22 | | |
| Total | 9 | | | |

** = Significativo al 1% de probabilidad

En el cuadro 10 se observa el análisis de regresión para el rendimiento relativo, en base a las concentraciones foliares de fósforo, medido a los 70 días después de la siembra. Se infiere que existe efecto significativo al 1% de probabilidad, o sea que existe una alta relación entre las variables.

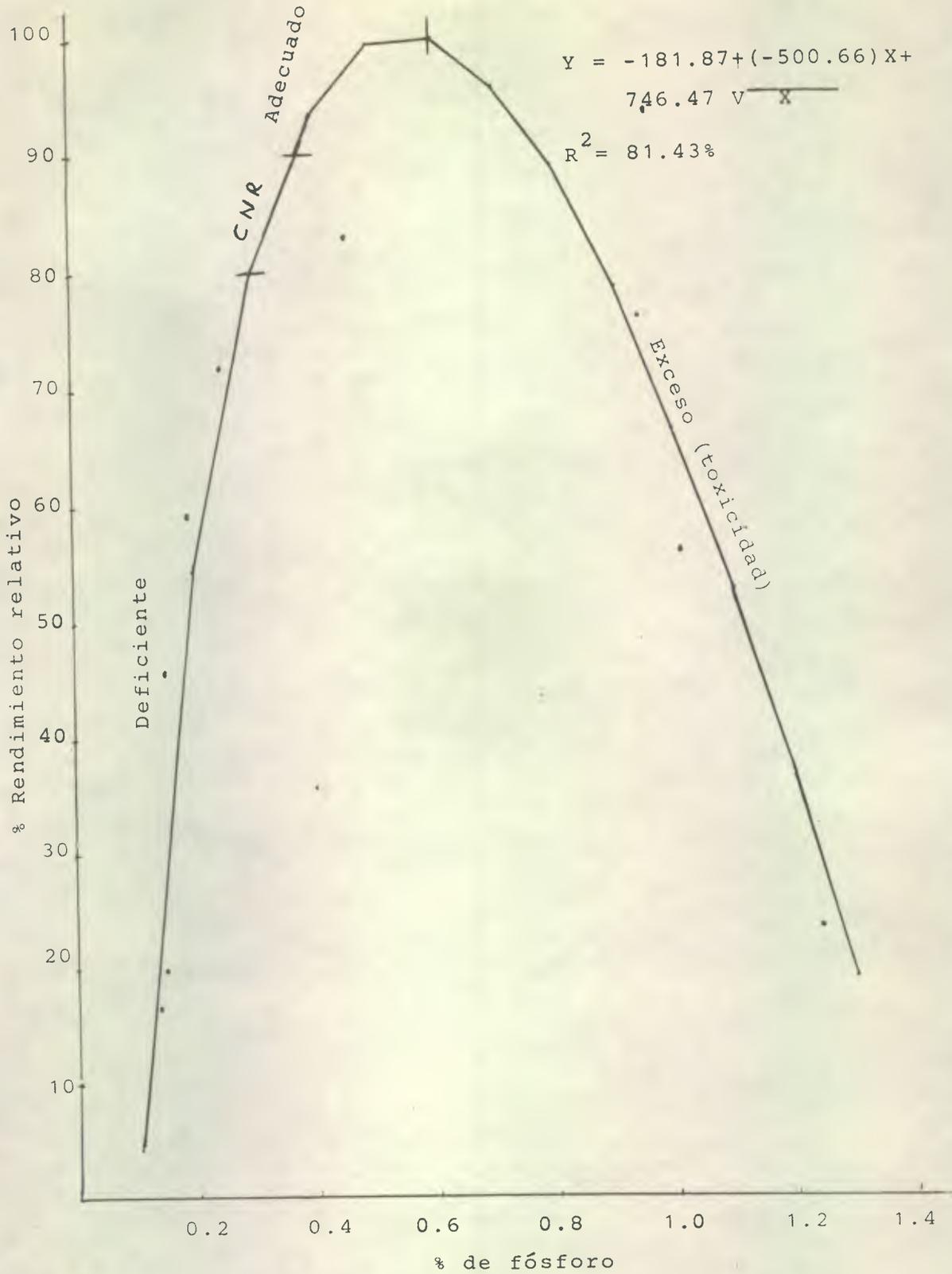


Figura 3. Efecto de la concentración foliar del fósforo sobre el rendimiento relativo, a los 30 días después de la siembra.

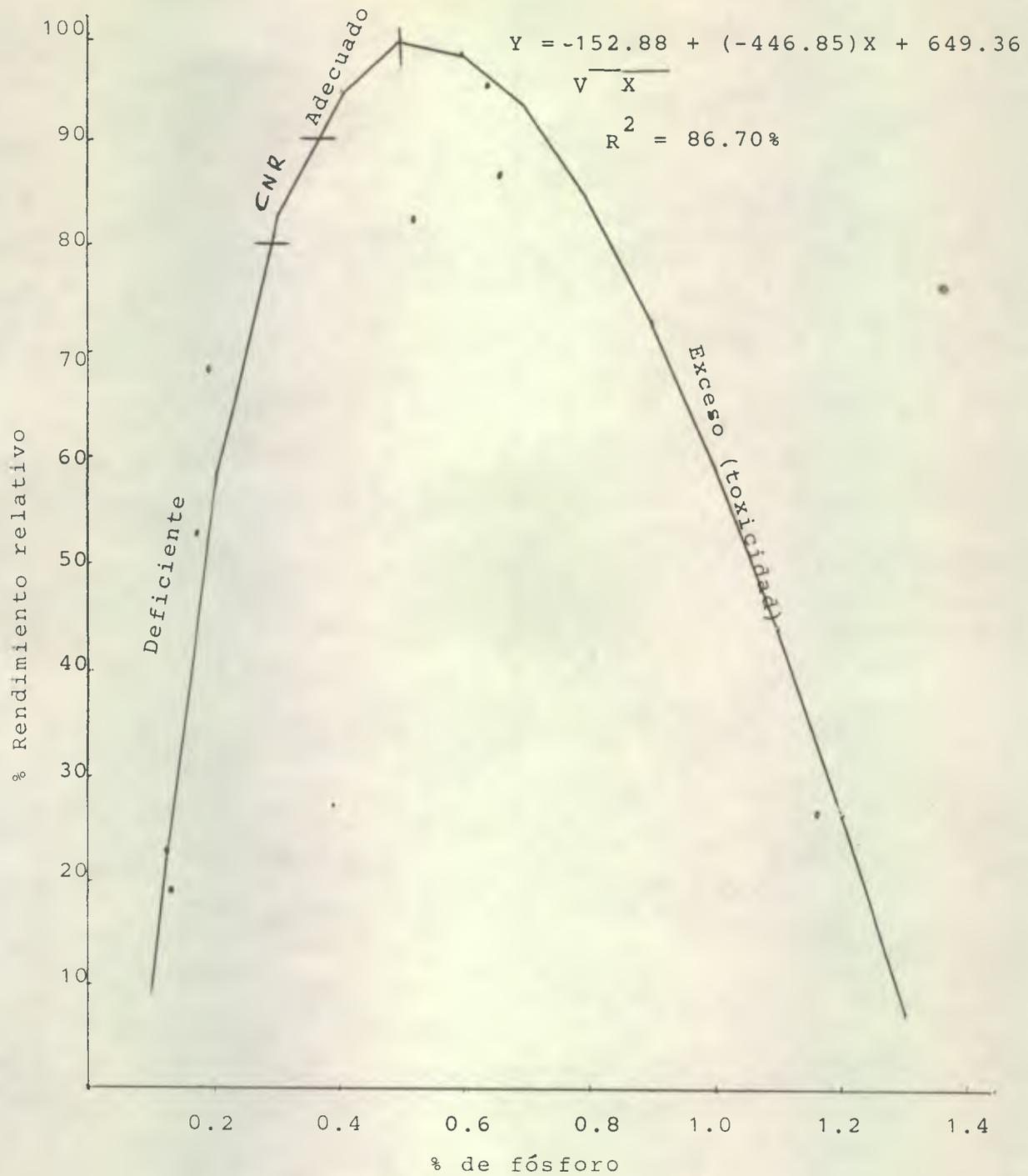


Figura 4. Efecto de la concentración foliar del fósforo sobre el rendimiento relativo, a los 70 días después de la siembra.

En la figura 4 se muestra el efecto de la concentración foliar del fósforo sobre el rendimiento relativo, a los 70 días después de la siembra. Se infiere que el nivel crítico corresponde a 0.32%, mientras que el rango de concentración crítica corresponde de 0.29% a 0.36% de fósforo; así mismo, el modelo de regresión que más se ajusta es el Raíz Cuadrada.

Cuadro 11. Rangos de concentración foliar de fósforo y estado nutrimental de la planta de maíz, medido a los 30 y 70 días después de la siembra.

| Estado nutrimental de la planta | Rendimiento relativo(%) | (%) de fósforo 30 días <u>1/</u> | (%) de fósforo 70 días <u>1/</u> |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Deficiente | < 80 | 0.13-0.29 | 0.13-0.28 |
| Rango crítico(CNR) | 80 - 90 | 0.30-0.37 | 0.29-0.36 |
| Adecuado | 90 - 100 | 0.38-0.60 | 0.37-0.50 |
| Exceso | > 100 | > 0.60 | > 0.50 |

1/ = Después de la siembra

En el cuadro 11 se observan los rangos de concentración foliar del fósforo y estado nutrimental de la planta de maíz, medido a los 30 y 70 días después de la siembra. Se aprecia que concentraciones foliares de 0.13 a 0.29% de fósforo y mayor de 0.60% a los 30 días y de 0.13 a 0.28% y mayores de 0.50% a los 70 días después de la siembra, no son propicias para obtener buenos rendimientos, bajo las condiciones en que se realizó el estudio; mientras que concentraciones foliares de 0.30 a 0.60% de fósforo a los 30 días y de 0.29 a 0.50% a los 70 días después de la siembra, son aceptables.

El rango de concentración crítica, se sugiere en sutitución de el nivel crítico, ya que éste es señalado como un punto, mientras que el rango es considerado como una zona propicia. Dow y Roberts, citados por Medina (16).

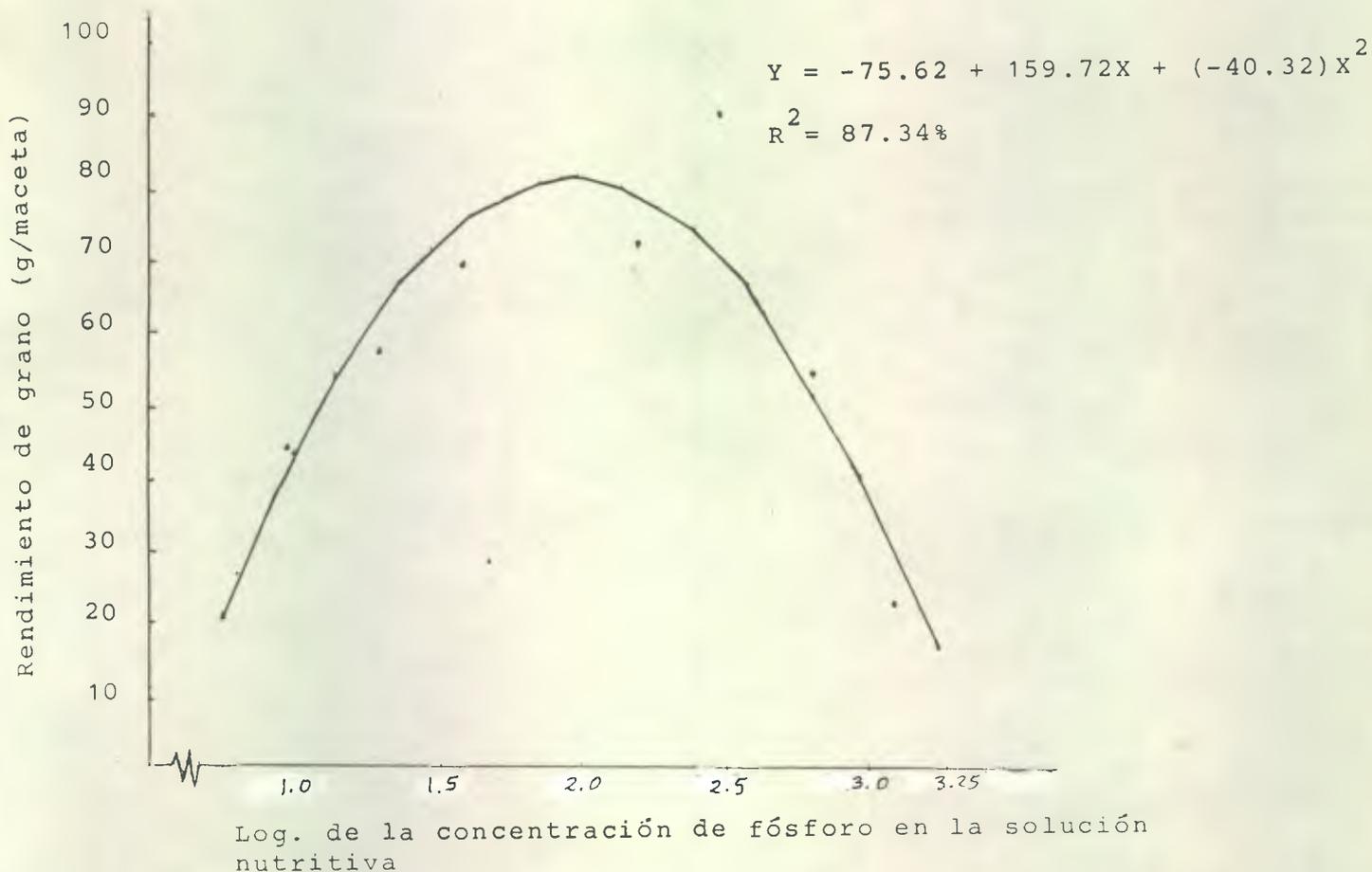


Figura 5. Efecto de la concentración de fósforo en la solución nutritiva sobre el rendimiento de grano (g/maceta)

En la figura 5, se aprecia el efecto de la concentración de fósforo en la solución nutritiva, sobre el rendimiento de grano (g/maceta). Se deduce que a medida que aumenta la concentración de fósforo en la solución nutritiva, se da un incremento en la producción biomasa, hasta un máximo de 82.54 g/maceta, que corresponde a una concentración de 100 ppm ($\log = 2$), para posteriormente decrecer la producción por efecto de toxicidad.

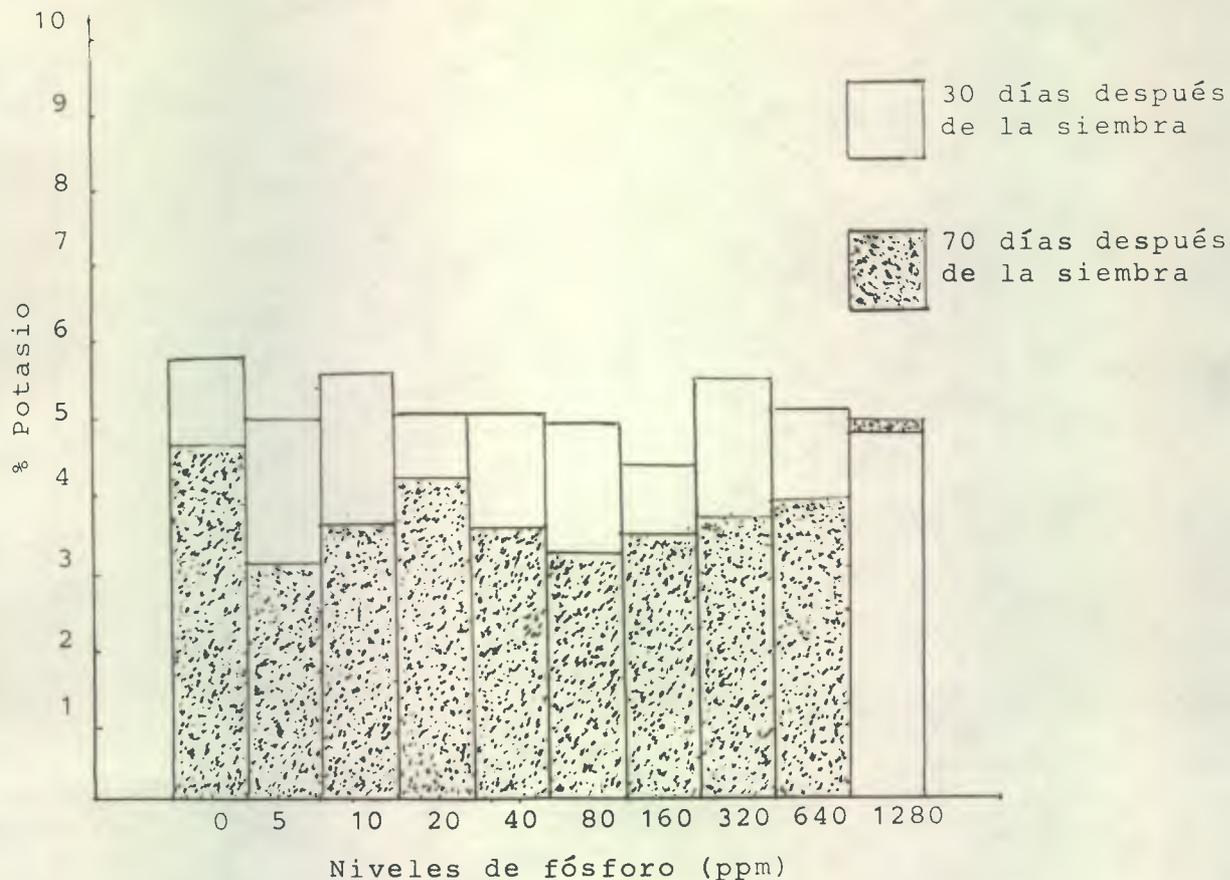


Figura 6. Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de potasio en el tejido foliar de maíz.

En la figura 6, se aprecia el efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de potasio en el tejido foliar de maíz. Se observa que el potasio en el tejido foliar se mantiene al aumentar la concentración de fósforo en la solución nutritiva, mientras que disminuye con la edad, lo cual está de acuerdo a lo reportado por Wolf, citado por Medina (16).

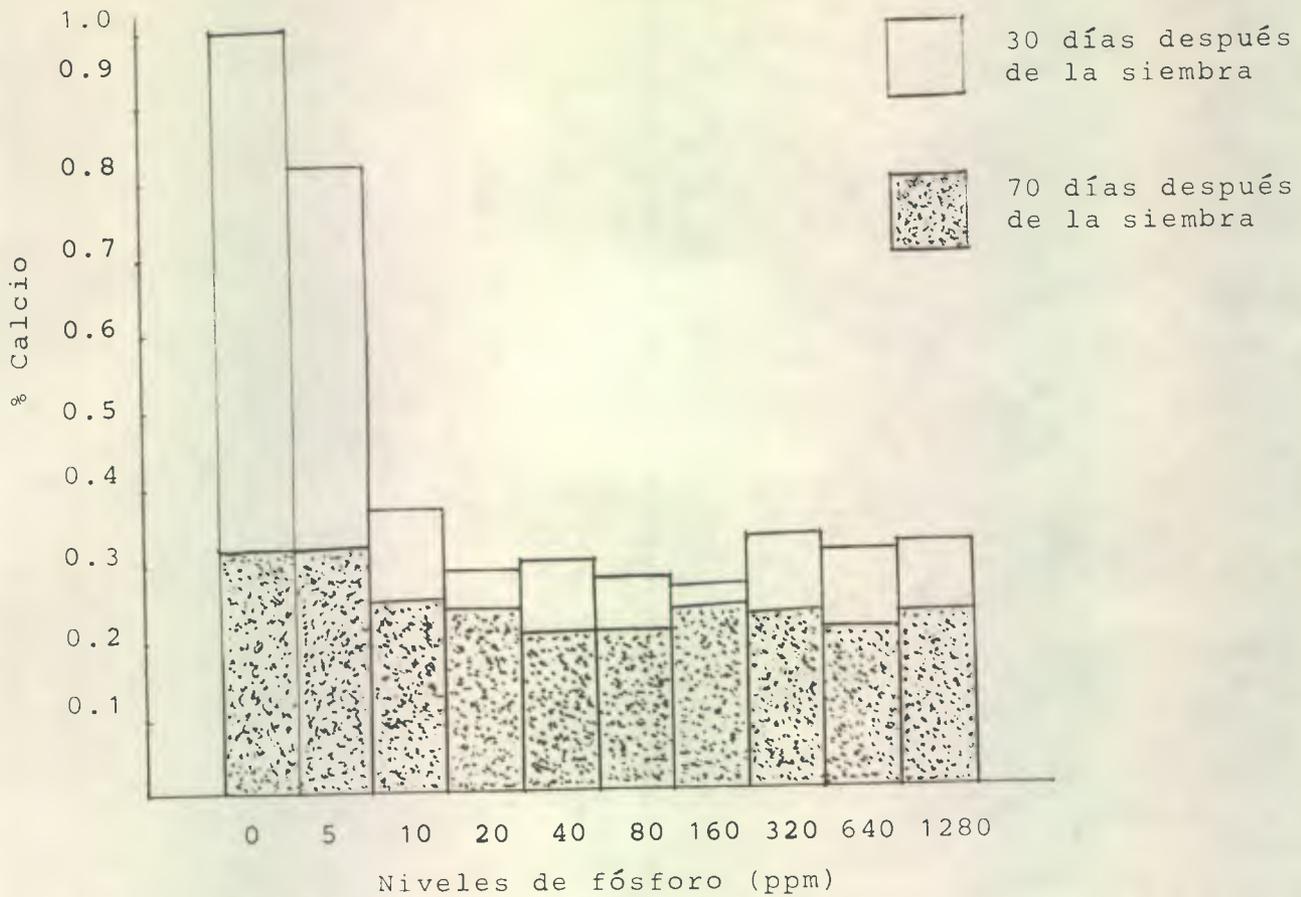


Figura 7. Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de calcio en el tejido foliar de maíz.

En la figura 7, se observa el efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de calcio en el tejido foliar de maíz. Se aprecia un decremento de calcio en el tejido foliar, conforme se incrementa la concentración de fósforo en la solución nutritiva y la edad; mientras que Jenne, citado por Jones (15) concluye que el calcio tiende hacia un aumento conforme se incrementa la edad.

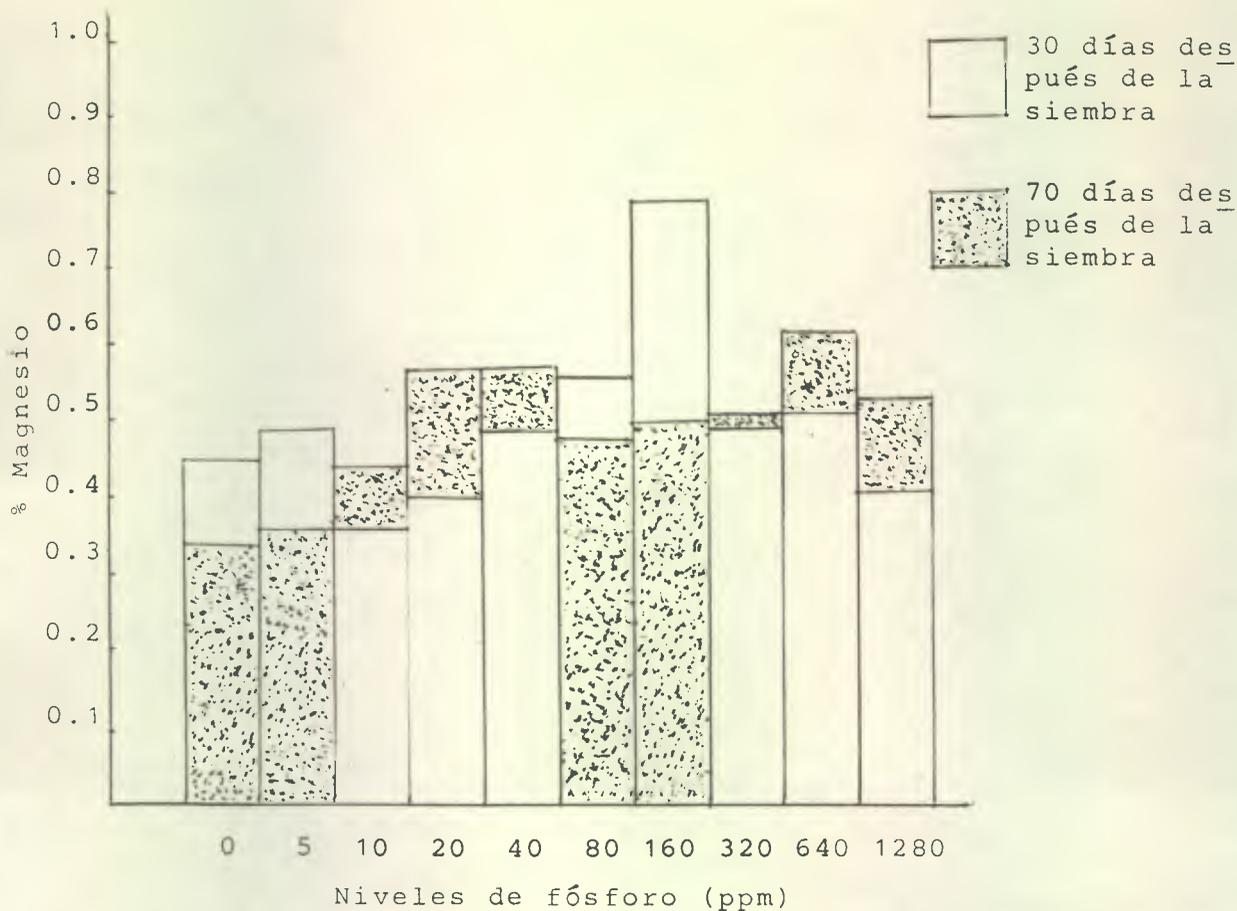


Figura 8. Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de magnesio en el tejido foliar de maíz

En la figura 8 se aprecia el efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de magnesio en el tejido foliar de maíz. Se observa un incremento de magnesio en el tejido foliar conforme se incrementa la concentración de fósforo en la solución nutritiva y la edad, lo cual está de acuerdo con la conclusión de Wolf, citado por Medina (16).

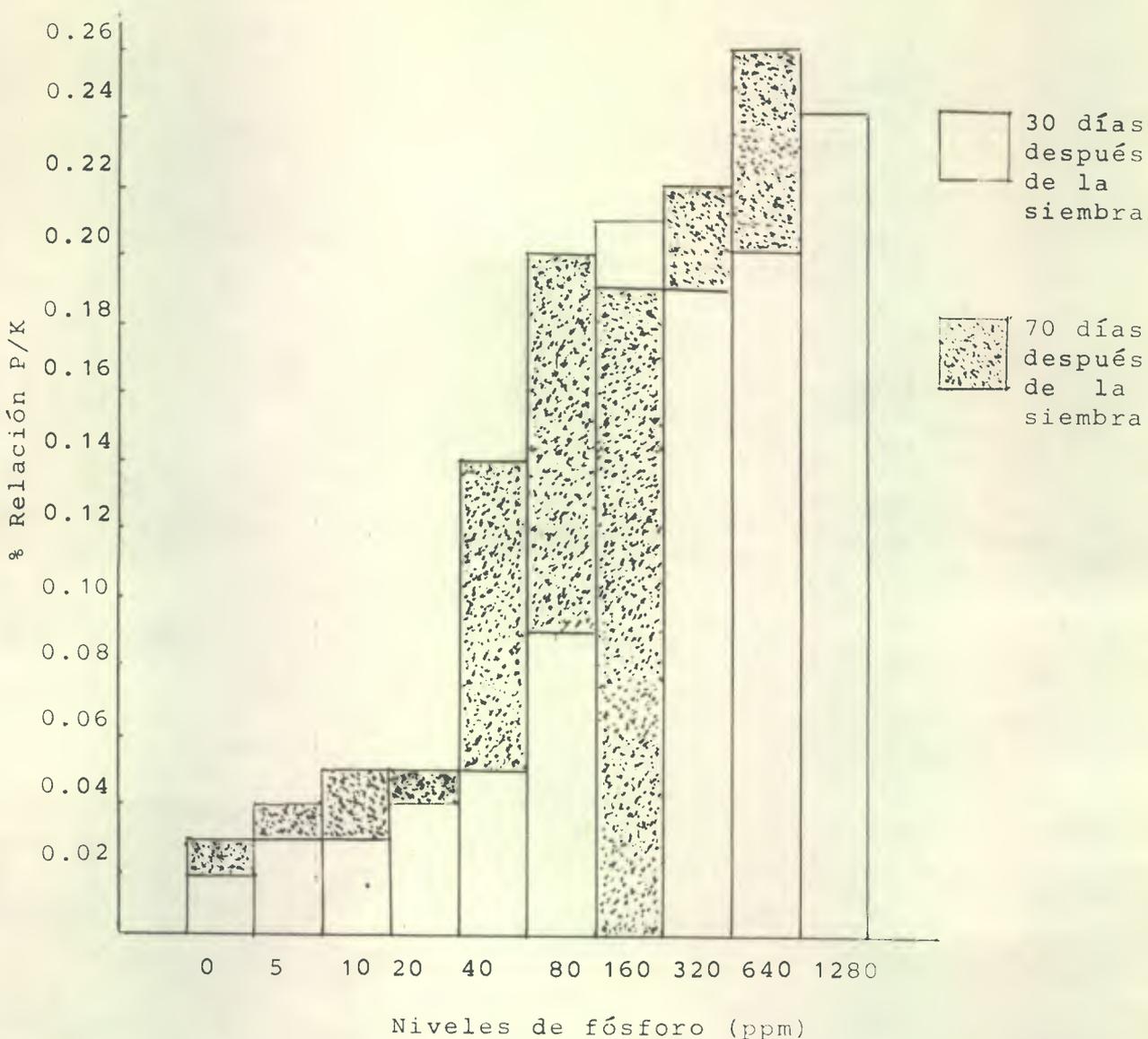


Figura 9. Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de la relación P/K en el tejido foliar de maíz.

En la figura 9, se observa el efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de la relación P/K en el tejido foliar de maíz. Se aprecia un incremento de la relación P/K en el tejido foliar, a medida que aumenta la concentración de fósforo en la solución nutritiva y la edad.

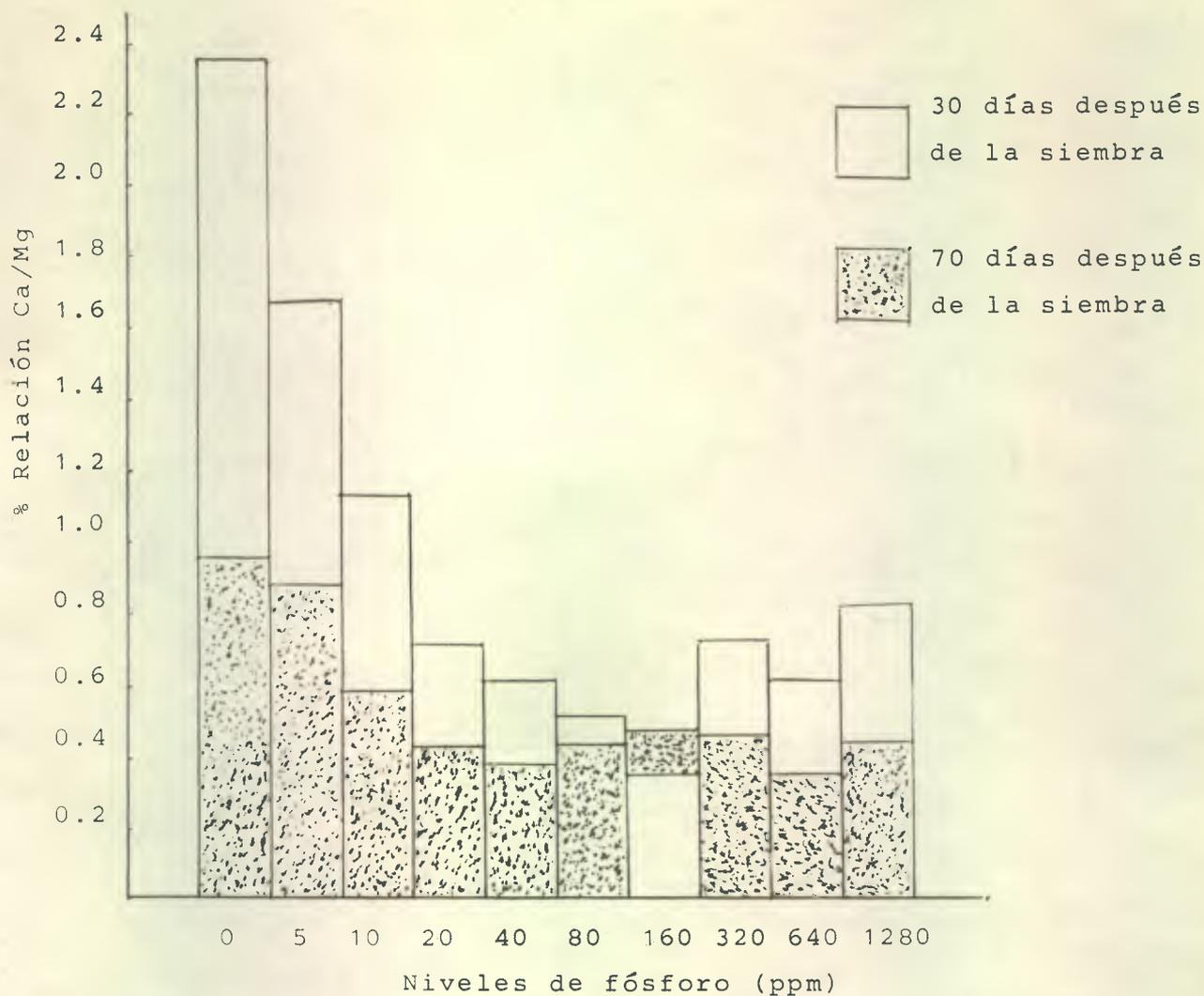


Figura 10. Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de la relación Ca/Mg en el tejido foliar de maíz.

En la figura 10 se aprecia el efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de la relación Ca/Mg en el tejido foliar de maíz. Se observa un decremento de la relación Ca/Mg en el tejido foliar al incrementar la concentración de fósforo en la solución nutritiva y la edad.

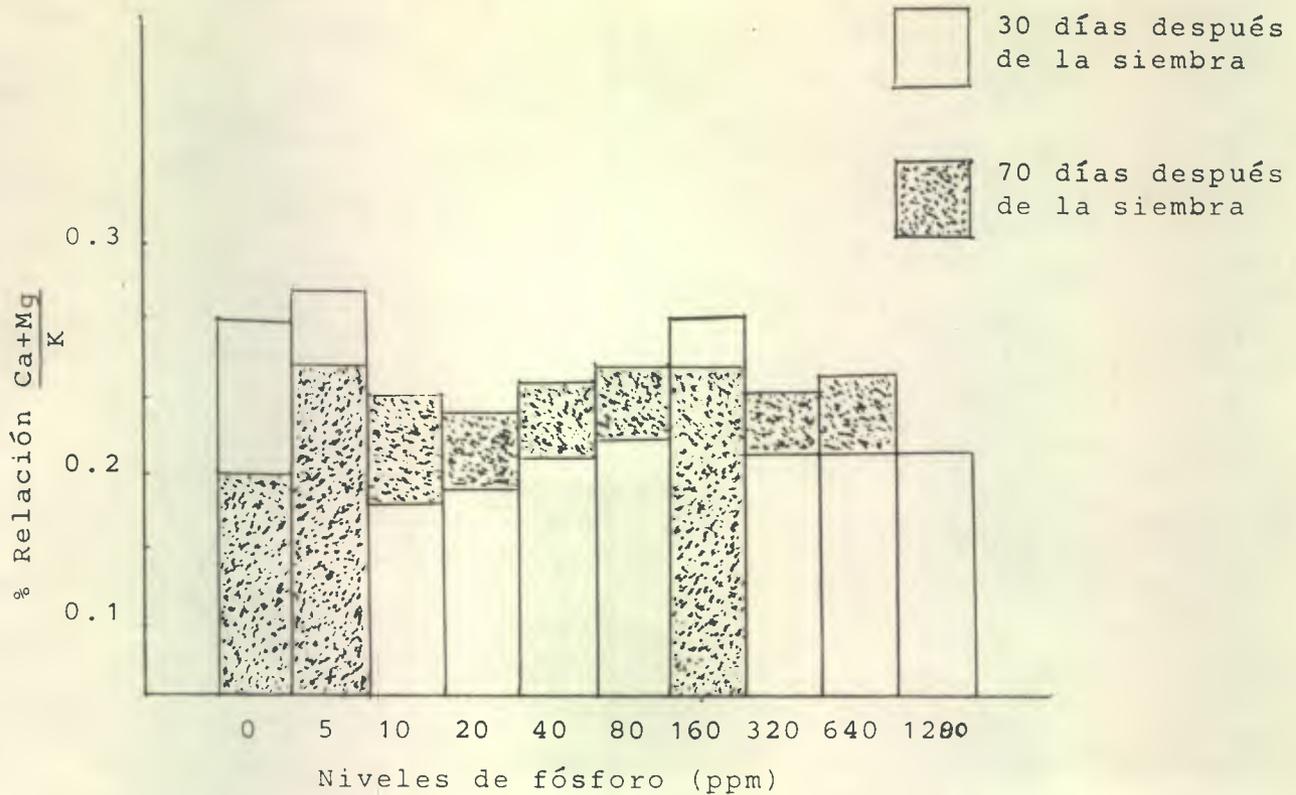


Figura 11. Efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de la relación $\frac{Ca+Mg}{K}$ en el tejido foliar de maíz.

En la figura 11 se observa el efecto de niveles de fósforo en la solución nutritiva y la edad, sobre la concentración de la relación $\frac{Ca+Mg}{K}$ en el tejido foliar, tiende a aumentar al incrementar^K la concentración de fósforo en la solución nutritiva y la edad.

VI. CONCLUSIONES

1. La concentración crítica correspondiente a los 30 días después de la siembra es de 0.34% de fósforo y el rango de concentración crítica es de 0.30 a 0.37%; mientras que a los 70 días después de la siembra, el nivel crítico corresponde a 0.32% y el rango de concentración crítica es de 0.29% a 0.36%.
2. Se estableció un efecto significativo al 1% de probabilidad en el análisis de varianza para el rendimiento de grano (g/maceta) en base a la concentración foliar de fósforo, con lo cual se acepta la hipótesis planteada.
3. El fósforo influyó en el diámetro del tallo de las plantas, ya que conforme aumentó la concentración foliar del fósforo, se incrementó el diámetro hasta un máximo de 2.20 cm, que posteriormente disminuyó por efecto de toxicidad.
4. El contenido de fósforo en la parte aérea de la planta aumentó, conforme se incrementó la concentración del nutriente en la solución nutritiva.
5. El análisis de regresión para la concentración foliar del fósforo y el rendimiento relativo, es significativo al 1% de probabilidad, ello significa que existe amplia relación entre las variables, y el modelo que más se ajusta es el Raíz cuadrada.
6. Las concentraciones foliares de fósforo, potasio, calcio y la relación Ca/Mg disminuyeron con la edad de la planta, mientras que la concentración de magnesio y de las rela-

/..6

ciones P/K y Ca+Mg, tienden a incrementarse. Asimismo, la concentración^K foliar del potasio se mantiene al incrementar la concentración de fósforo en la solución nutritiva, mientras que las concentraciones foliares de calcio y de la relación Ca/Mg disminuyen; la concentración de magnesio y de las relaciones P/K y Ca+Mg tienden a aumentar.
K

En base a las conclusiones anteriores, y por ser el inicio de la investigación sobre análisis foliar del fósforo en maíz en nuestro medio, los resultados obtenidos en el presente experimento, pueden servir como información básica para la realización de trabajos posteriores, tanto a nivel de invernadero como a nivel de campo.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. BARCELO COLL, J. et al. Fisiología vegetal. Madrid, Pirámide, 1980. 750 p.
2. BRAEUNER, M.E. Cuaderno de prácticas del laboratorio de edafología II. Reproducido y modificado por Salvador Castillo. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, s.f. 27 p.
3. BROLO LUNA, J.C. Evaluación preliminar del contenido de fósforo y potasio disponibles en los suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 47 p.
4. CARVAJAL, J.F. Cafeto-cultivo y fertilización. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa, 1972. 141 p.
5. CORDERO ORTIZ, E. El análisis de la planta como guía de fertilización fosfórica del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1968. 45 p.
6. CORRIOLS ESPINOZA, M. Análisis de la planta como guía de la fertilización nitrogenada del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1965. 44 p.
7. DEVLIN, R.M. Fisiología vegetal. Trad. por Llimona Pargés Xavier. 3 ed. Barcelona, Omega, 1980. 517 p.
8. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 68 p.

9. DOW, A.I. and ROBERTS, S. Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agronomy Journal* -(Estados Unidos) - 74(2):401-403, 1982.
10. GONZALES SPILLARI, J.A. Evaluación de la fijación y disponibilidad del fósforo en 14 series de suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1970. 31 p.
11. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. III censo nacional agropecuario. Guatemala, 1983. pp 11-46.
12. -----.DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Cultivo del maíz. Guatemala, s.f. 28 p.
13. HOWELER, R.H. Análisis foliar de algunos cultivos tropicales. Calí, Colombia, CIAT, 1974. 22 p.
14. JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. 3 ed. Barcelona, Omega, 1976. pp 441-473.
15. JONES, J. 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.
16. MEDINA GUERRA, 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.
17. MELGAR, M. Cuaderno del curso de diseños experimentales. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, s.f. 45 p.
18. MILLER, E. V. Fisiología vegetal. México D.F., UTEHA, 1968. pp. 126-145.

19. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. El maíz en la alimentación, estudio sobre su valor nutritivo. Roma, Italia, 1954. pp. 10-12.
20. 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.
21. SANDOVAL ASSEF, 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.
22. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. Diseño de dos sistemas de riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. p. 13.

Vo.Bo.

Patruale



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....
.....

"IMPRIMASE"

ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA J.
D E C A N O