

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ANALISIS FOLIAR PARA DETERMINAR EL RANGO
DE CONCENTRACION CRITICO DE FOSFORO EN
PLANTULAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

T E S I S

Presentada a la Honorable Junta
de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

P O R

ENRIQUE ESCALANTE HERRERA

En el acto de conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, 1985



D.L.
01
T(799)

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	P. A. Angel Leopoldo Jordán Z.
VOCAL V	P. A. Axel Gómez Chávarry
SECRETARIO	Ing. Agr. Rodolfo Albizurez P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda
EXAMINADOR	Ing. Agr. Hugo Tobías
EXAMINADOR	Ing. Agr. Mike Estrada
EXAMINADOR	Ing. Agr. Guillermo Méndez
SECRETARIO	Ing. Agr. Rodolfo Albizurez P.



Referencia	MSA-097-85
Anexo	

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Guatemala,
22 de Mayo de 1985.

Ingeniero Agrónomo
César 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 Enrique Escalante Herrera, en su trabajo de tesis "ANALISIS FOLIAR PARA DETERMINAR EL RANGO DE CONCENTRACION CRITICO DE FOSFORO EN PLANTULAS DE TRIGO (Triticum aestivum L.)", informo a usted que ha sido concluída la asesoría y revisión del documento final.

Por lo antes expuesto, considero que el trabajo presentado por el estudiante Escalante Herrera, llena los requisitos de una tesis universitaria, además aporta conocimientos básicos sobre la nutrición de plántulas de trigo. Así mismo para que sea sometida a discusión en su Examen General Público.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. José J. Chonay
A S E S O R

jjch/eqded.

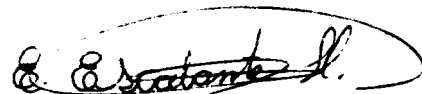
Guatemala,
22 de mayo de 1985.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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 PARA DETERMINAR EL RANGO DE CONCENTRACION CRITICO DE FOSFORO EN PLANTULAS DE TRIGO (Triticum aestivum L.).

Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Enrique Escalante Herrera

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES

***ENRIQUE B. ESCALANTE PRERA
DELFINA OLIMPIA DE ESCALANTE***

A MIS HERMANOS

***DANIEL AUGUSTO
MARCO ANTONIO***

TESIS QUE DEDICO

A

***SALAMA: SULTANA DE LAS ROSAS
EN EL VALLE DE LA PAZ.***

A

LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A

MIS AMIGOS EN GENERAL

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros	III
Indice de figuras	IV
Resumen	V
I. Introducción	1
II. Objetivos	2
III. Hipótesis	3
IV. Revisión de Literatura	4
A. Antecedentes	4
B. Muestreo y preparación de muestras	4
1. Toma de muestras	5
2. Lavado de muestras	5
3. Secado de muestras	5
4. Molido de la muestra	5
C. Requerimientos de la planta	5
D. Tipos de análisis	6
E. Concentración de fósforo	6
F. Niveles de concentración crítica	6
G. Solución nutritiva	7
V. Materiales y Métodos	10
A. Localización del área experimental	10
1. Ubicación	10
2. Condiciones climáticas del invernadero	10
B. Solución nutritiva	10
C. Características del material experimental	11
1. Planta	11
2. Sustrato	11
D. Niveles del factor evaluado	11
E. Características medidas	12
F. Análisis químico foliar	12
G. Análisis estadístico	13
H. Análisis de datos	13
I. Manejo del experimento	14

-II-
INDICE DE CONTENIDO

	Página
VI. Resultados y discusión	15
A. Concentración de fósforo en las hojas de trigo	15
B. Peso de grano en los tratamientos	16
C. Altura de planta medida a los 35 días después de la siembra	28
VII. Conclusiones y recomendaciones	30
VIII. Bibliografía	31

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Condiciones de temperatura y humedad relativa del invernadero, en el período en que se realizó el experimento	10
2	Fuente de nutrientes en la solución nutritiva	11
3	Niveles de fósforo evaluados en la planta de trigo	12
4	Métodos de análisis químico foliar	13
5	Porcentaje de fósforo en hojas a los 35 días después de la siembra . .	15
6	Análisis de varianza para rendimiento expresado en gramos por maceta	16
7	Comparación de medidas de rendimiento, por el estadístico de Tukey	17
8	Rangos de concentración de fósforo foliar, y estado nutrimental de la planta de trigo, medido a los 35 días después de la siembra	20

-IV-
INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Descripción generalizada del crecimiento como una función de la concentración de nutrientes en tejido	7
2	Curva de acción o de cosecha	8
3	Esquema de la unidad experimental utilizada	14
4	Concentración de fósforo en la hoja de trigo, a los 35 días después de la siembra y el porcentaje de rendimiento relativo de grano	19
5	Efecto de la concentración de fósforo, en la solución nutritiva sobre el rendimiento de grano gramos/tratamiento	21
6	Concentración de calcio en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra, y el rendimiento relativo	23
7	Efecto de la relación K/P en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra, y el rendimiento relativo	24
8	Efecto de la relación P/Ca en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra y el rendimiento relativo	25
9	Efecto de la relación P/Mg en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra, y el rendimiento relativo	26
10	Efecto de la relación (Ca+Mg)/K en plantas de trigo a los 35 días después de la siembra, y el rendimiento relativo	27
11	Efecto entre el fósforo y altura en plantas de trigo a los 35 días después de la siembra	28
12	Efecto entre altura de plantas de trigo, y el rendimiento relativo, a los 35 días después de la siembra	29

RESUMEN

El propósito del presente trabajo, fue establecer el rango crítico de concentración de fósforo foliar en plántulas de trigo, analizadas a los 35 días después de la siembra. La hipótesis planteada, dice que las diferentes concentraciones de fósforo en el tejido foliar, hacen variar el rendimiento de grano. El experimento se realizó en el invernadero de la Facultad de Agronomía, con un diseño experimental completamente al azar y se evaluaron catorce concentraciones de fósforo, de 0 a 4,096 partes por millón en solución nutritiva, con tres repeticiones, cada unidad experimental consistió en una maceta de 3,7 litros de capacidad.

Las características evaluadas fueron:

Concentración de fósforo en el tejido vegetal a los 35 días después de la siembra, rendimiento relativo del grano al 14o/o de humedad y altura de plantas.

Se concluye que, las diferentes concentraciones de fósforo en el tejido vegetal, hacen variar el rendimiento en grano de trigo a la altura de planta. El rango crítico de concentración a los 35 días después de la siembra, se encuentra entre los valores de 0.35 a 0.39o/o, mientras que el rango de deficiencia se encuentra por debajo de 0.34o/o; el rango de suficiencia se encuentra entre 0.40 y 0.50o/o y el rango de toxicidad, esta por encima de 0.50o/o de fósforo.

Las concentraciones de Calcio, Magnesio y Potasio a los 35 días después de la siembra en plantas de trigo fueron de 0.250o/o, 0.350o/o, y 0.876o/o respectivamente, para obtener el máximo rendimiento. Mientras que las relaciones encontradas, tuvieron los valores siguientes: K/P, 2.14:1; P/Ca, 1.20:1; P/Mg, 1.70:1, Ca/Mg, 1.41:1 y (Ca+Mg)/K, 0.32:1.

I. INTRODUCCION

Guatemala es un país ubicado en la región sub-tropical con gran variedad de microclimas y suelos, por lo tanto hay condiciones para el cultivo del trigo. La mayor producción de éste cereal, tiende a concentrarse en regiones de clima templado y frío.

En Guatemala, el cultivo del trigo se inició en el siglo XVII y es uno de los cereales de más importancia en la dieta en relación al maíz, arroz y cebada. Ocupa el primer lugar entre los cereales de mayor producción en el mundo, debido a que constituye una principal fuente de carbohidratos. Para el año de 1981 la Gremial Nacional de Trigueros, reportó un área sembrada de 23,167.03 hectáreas con una producción de 917,414.48 quintales con una media de producción de 39.6 quintales por hectárea.

Conociendo mejor la nutrición de las plantas mediante la aplicación de sales minerales y las adecuadas operaciones agrícolas; dependerá que se obtenga un buen desarrollo del cultivo, así como una buena cosecha.

El comportamiento del fósforo ha sido uno de los problemas que más ha sido investigado, de un total de 30,000 muestras de suelo, analizadas en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, en Guatemala, el fósforo se encuentra deficiente en más de un 75o/o, como consecuencia de lo anterior si existe respuesta a la fertilización fosfatada (14).

Brolo (6), evaluó muestras de suelo respecto al contenido de fósforo disponible, y concluye que de 80,746 muestras de suelo analizadas, provenientes de áreas agrícolas del país, el 55.7o/o son deficientes en fósforo; por lo tanto, se considera la necesidad de estudiar el comportamiento de este nutriente que influye en la producción.

El propósito del presente estudio es determinar el rango de concentración crítico de fósforo para el cultivo del trigo, por medio del análisis foliar y evitar de esta manera el consumo de lujo en la planta.

II. OBJETIVO

Evaluar las concentraciones de fósforo en el tejido foliar a los 35 días después de la siembra, para determinar el rango de concentración crítico, en base a la curva de concentración de este nutriente.

III. HIPOTESIS

Las concentraciones de fósforo en el tejido foliar hacen variar el rendimiento de grano de trigo.

IV. REVISION DE LITERATURA

A. ANTECEDENTES

Hammes (16), dice que el uso de análisis de tejido vegetal sirve para tener bases para conocer el estado nutricional de la planta, para poder recomendar fertilizante y así lograr un máximo rendimiento.

En el diagnóstico del estado nutricional de las plantas es necesario considerar los siguientes aspectos: Partes de la planta a muestrear, la edad fenológica de la planta, el manejo del cultivo y la interpretación de los datos.

Ulrich, citado por Benton (3), discutió las bases para definir los requerimientos nutricionales de las plantas mediante el uso del análisis de tejido vegetal. Una revisión del estudio de las plantas fué realizado por Smith en 1962; y el trabajo más reciente sobre dicho tópico ha sido recopilado por Chapman en 1966.

Irving (18), dice que el muestreo de la planta usualmente es más conveniente que el muestreo de suelo; esto se basa en el concepto de que la planta es el mejor indicador del aprovechamiento de nutrientes.

Bowen (4), menciona las ventajas del análisis de tejidos vegetales comparado con el análisis de suelo. Evalúa la concentración de cada elemento esencial en la planta, si el nivel de un nutriente es inadecuado en los tejidos, debe suministrarse más de ese nutriente, los resultados de análisis de tejido vegetal pueden ser comparados con otros similares, lo cual no se puede hacer con los análisis de suelo.

B. MUESTREO Y PREPARACION DE MUESTRAS

Está comprobado que la técnica de análisis de tejido vegetal puede ayudar a mejorar los rendimientos; sin embargo, al igual que otras prácticas agrícolas para obtener máximos beneficios debe conocerse el aspecto práctico.

A continuación se mencionan las diferentes etapas del análisis de la planta.

Toma de muestras

Lavado de muestras

Secado de muestras

Molido de muestras

1. Toma de muestras

Howeler (17), dice que en general para reducir la contaminación de material a muestrear, recomienda que el tiempo para tomar muestras de tejido vegetal es cuando se han secado las hojas de las plantas después de la lluvia, siendo las muestras menos contaminadas con polvo las hojas nuevas que han completado su desarrollo normal en la parte superior de la planta. Si se muestrea para el diagnóstico sobre deficiencia o toxicidad de algunos elementos, se muestrean plantas sanas y plantas afectadas y debe tenerse en cuenta que las hojas no presenten necrosis, clorosis, daños por insectos y que no estén afectadas por ningún patógeno.

2. Lavado de la muestra

Howeler (17), indica que para eliminar la contaminación, deben lavarse las muestras con una solución de agua y un detergente que no contenga fósforo.

3. Secado de la muestra

Howeler (17), menciona que para evitar que las muestras sigan su proceso fisiológico de respiración, y por consiguiente el cambio en contenido de materia seca, es importante secarlas en horno a una temperatura de 60-80 C^o, por espacio de 24-48 horas a peso constante.

4. Molido de la muestra

Howeler (17), recomienda que cuando las muestras están secas se muelen en un molino tipo Wiley a 20 ó 40 mallas.

C. REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA

El trigo se cultiva en regiones templadas con temperaturas que oscilan entre 15 y 31°C, con alturas que varían entre los 1,500 a 3,000 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación que esté entre los rangos de 400 a 1,300 milímetros por año. Las condiciones edáficas son las siguientes: Estructura granular, con un horizonte "A" de hasta 30 centímetros para su enraizamiento; no susceptible a la formación de costras, que dificultan la aireación y la germinación; con suficiente material orgánica (15).

D. TIPOS DE ANALISIS

Según Bowen y Braeuner (4,5), el análisis de suelos, práctica empleada desde varios años, tiene como objeto determinar las tasas de fertilizantes a aplicar.

Benton (3), dice que la concentración total de elementos en la planta es frecuente determinarlo por análisis de tejido vegetal. Los resultados de análisis vegetal se expresan en partes por millón, porcentaje o miliequivalentes, basados en el peso seco (9).

E. CONCENTRACION DEL FOSFORO

Fassbender (13), indica que el contenido total de fósforo en el suelo es relativamente bajo. En suelos minerales de áreas templadas, el contenido de fósforo total varía entre 0.02 y 0.08o/o y un promedio de 0.05o/o, y el contenido de fósforo en suelos de áreas tropicales son muy variables.

Cásseres y Shoemaker, citados por Fassbender (13), mencionan que el fósforo es importante y debe usarse en proporción doble al nitrógeno, pues favorece el desarrollo y tiende a adelantar la madurez.

Según Oliver (21), sin presencia de nitrógeno la absorción de fósforo es mínima y la mayor parte del nitrógeno del suelo utilizado por la planta depende de la reserva de fósforo.

F. NIVELES DE CONCENTRACION CRITICA

Según Howeler (17), los niveles críticos de deficiencia de nutrientes se pueden definir en distintas formas, la curva indica la relación entre rendimientos y la concentración de nutrimentos en la planta se observa en la figura 1.

Fase de deficiencia, la cual va acompañada de síntomas típicos del nutriente; fase óptima, es en la cual el crecimiento es máximo; fase de toxicidad, debida a un exceso del elemento el cual provoca una disminución del crecimiento.

respuesta a fertilizante, d) Rango que corresponde a la intercepción de las tangentes a la curva en el rango de deficiencia y de absorción que corresponde al consumo superfluo.

Small (24), menciona que los niveles críticos de fósforo varían entre 0.27 a 0.60o/o, lo cual corresponde al rango b, de la figura 1.

Barceló (2), dice que para estudiar las relaciones cuantitativas que existen 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 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 2, en la que se pueden distinguir tres fases.

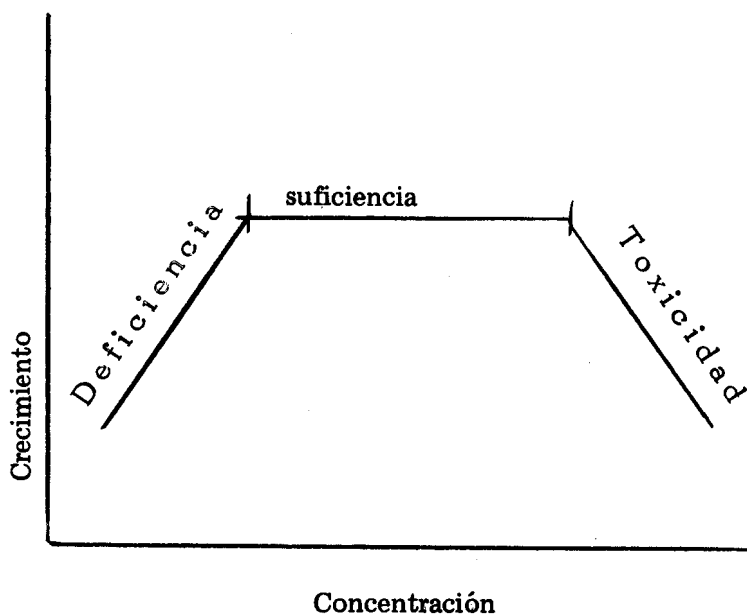


Figura 2. Curva de acción o de cosecha.

Devlin (10) indica que los medios sólidos, por ejemplo la arena o el cuarzo triturado, son generalmente más fáciles de manejar que el medio líquido. Sin embargo, en la actualidad se usa arena de sílice purificada o cuarzo triturado muy pobre en oligoelementos solubles. Otra ventaja del cultivo sólido consiste en que las raíces se desarrollan en medio natural y no necesitan ningún tipo de soporte. La solución nutritiva puede incorporarse al medio sólido de tres formas: Vertiéndola sobre la superficie, dejándola gotear sobre la superficie, y obligándola a subir desde el fondo del recipiente (sub-irrigación).

En los últimos años, muchos científicos e instituciones dedicados a las investigaciones sobre el cultivo hidropónico han desarrollado muchas fórmulas nutritivas diferentes, pero todas con el fin de suministrar a las plantas los elementos necesarios para su desarrollo. Se ha acordado en que la elección de sales minerales para la mezcla fertilizante es en si de poca importancia, siempre que se asegure una concentración balanceada de los nutrientes esenciales, y no incluir en la fórmula nutrientes incompatibles o que pudieran producir efectos nocivos en las plantas.

A continuación se presentan algunas de las fórmulas que se pueden utilizar en el cultivo sin tierra (12).

En las fórmulas siguientes se utilizan mezclas de fertilizantes comerciales y no reactivos químicos como en algunos casos.

B.M.3

Sal fertilizante	Gramos	Nutrientes
Sulfato de amonio	284	nitrógeno, azufre
Sulfato de potasio	100	azufre, potasio
Superfosfato	142	fósforo, calcio
sulfato de magnesio	86	azufre, magnesio
Sulfato de hierro	Cantidad suficiente como para cubrir la cabeza de un fósforo.	hierro

B.M.1

Nitrato de sodio	355	nitrógeno
Sulfato de potasio	113	azufre, potasio
Superfosfato	142	fósforo, calcio
Sulfato de magnesio	100	azufre, magnesio
Sulfato de hierro	Cantidad suficiente como para cubrir la cabeza de un fósforo.	hierro

A. R. S. 32

Sulfato de amonio	43	azufre, nitrógeno
Nitrato de potasio	255	potasio, azufre
Fosfato monocálcico	113	calcio, fósforo
Sulfato de calcio	198	azufre, calcio
Sulfato de magnesio	170	azufre, magnesio
Sulfato de hierro	Cantidad suficiente como para cubrir la uña del meñique.	hierro

V. MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACION DEL AREA EXPERIMENTAL

1. Ubicación; El experimento fué 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. Geográficamente se encuentra localizado 14°35' 11" latitud norte y 90° 31' 58" longitud oeste y a una altura de 1,502.32 m.s.n.m. (23).
2. Condiciones climáticas del invernadero; las condiciones de temperatura y humedad relativa durante el tiempo de conducción del experimento, se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Condiciones de temperatura y humedad relativa en el período en que se realizó el experimento.

Mes	Año	Mínima		Media		Máxima	
		T(°C)	HR(o/o)	T(°C)	HR(o/o)	T(°C)	HR(o/o)
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. SOLUCION NUTRITIVA

Para el presente estudio, se preparó una solución nutritiva con los nutrimentos equivalentes de Hoagland y Arnon (2), la cual se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fuente de nutrimentos de la solución nutritiva

MACRONUTRIENTES	ppm	MICRONUTRIENTES	ppm
CO (NH ₂) ₂	540	H ₃ BO ₃	2.86
K ₂ SO ₄	880	MnCl ₂ .4H ₂ O	1.81
NH ₄ H ₂ PO ₄	Evaluated	CuSO ₄ .7H ₂ O	0.08
CaSO ₄ .7H ₂ O	5230	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.22
MgSO ₄ .7H ₂ O	2340	* FeSO ₄ .7H ₂ O	0.50/o
		* tres veces por semana aplicado a las plantas	

C. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

1. Planta. En el experimento se utilizó la variedad BALANYA 80, la cual posee las siguientes características; color de grano rojo, altura de planta de 100 a 105 centímetros, ciclo de 160 a 165 días, y proporciona un rendimiento de 3,239.9 a 3,864.58 Kg/Ha. (15).
2. Sustrato. Para este caso se utilizó arena blanca, de tres diámetros distintos; arena gruesa en la parte inferior, arena media en la parte central y arena fina en la parte superior. Para eliminar las impurezas se lavó con agua destilada ligeramente acidulada.

D. NIVELES DEL FACTOR EVALUADO

En el Cuadro 3, se muestran los diferentes niveles de fósforo para cada uno de los tratamientos, bajo condiciones de hidroponia.

Cuadro 3. Niveles de fósforo evaluados en las plantas de trigo

ppm de fósforo	gramos de P/l
0	0
2	0.002
4	0.004
8	0.008
16	0.016
32	0.032
64	0.064
128	0.128
256	0.256
512	0.512
700	0.700
1024	1.024
2048	2.048
4096	4.096

Fuente de fósforo: Triple Super Fosfato, 46o/o P₂O₅

E. CARACTERISTICAS MEDIDAS

1. Concentración de fósforo en las hojas denominadas bandera, a los 35 días después de la siembra.
2. El peso de grano de cada uno de los tratamientos expresado en rendimiento relativo.
3. Altura de plantas, medida a los 35 días después de la siembra.

F. ANALISIS QUIMICO FOLIAR

Las muestras vegetales se secaron en un horno de convección a 65 grados centígrados por 48 horas y luego se molieron en un molino tipo Wiley a 20 mallas. El análisis químico foliar se realizó por digestión seca (7,22).

En el Cuadro 4, se presentan los métodos de análisis químicos realizados.

Cuadro 4. Métodos de análisis químico foliar

Determinación	Métodos	Referencia
P	Colorimétrico	Díaz R. y Hunter A (11)
K	Extracción HCl IN. lectura espectrofotométrica	Díaz R. y Hunter A (11)
Ca y Mg	Tritimétrico con EDTA.	Braeuner (5)

G. ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 14 niveles de fósforo y 3 repeticiones. La unidad experimental consistió en una maceta de 3.7 litros de capacidad.

El modelo estadístico para el análisis de las características medidas es el siguiente (8).

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

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, ,13, 14 tratamientos.

j = 1,2,3, repeticiones.

H. ANALISIS DE DATOS

Para darle respuesta a los objetivos, e hipótesis se procesan los datos mediante el análisis de varianza para la concentración foliar de fósforo y el rendimiento, al 1o/o de significancia. Comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey al 5o/o de probabilidad.

I. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se utilizaron macetas de 3.7 litros, las cuales se llenaron con arena gruesa en la parte inferior, arena media en la parte intermedia y arena fina en la parte superior, lo cual se aprecia en la figura 3.

En cada unidad experimental se colocaron 25 granos de trigo de la variedad BALANYA-80, a los 12 días se dejaron 15 plantas por maceta hasta el momento del muestreo. El control de temperatura se llevó a cabo durante todo el experimento, mediante el humedecimiento de la superficie del invernadero tres veces al día.

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

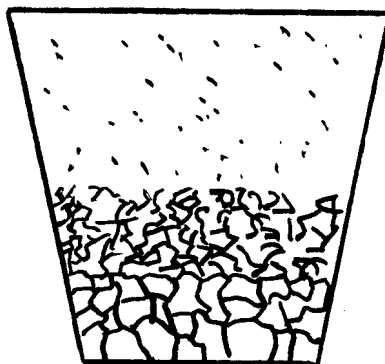


Figura 3. Esquema de la unidad experimental utilizada.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente estudio, los cuales se discuten como sigue.

- A. Concentración de fósforo en las hojas a los 35 días después de la siembra.
 - B. El peso de grano de cada uno de los tratamientos expresado en rendimiento relativo.
 - C. Altura de plantas, medida a los 35 días después de la siembra.
- A. Concentración de fósforo en las hojas de Trigo.

En el Cuadro 5, se detallan las concentraciones de fósforo en el tejido foliar, el rendimiento de grano expresado en gramos y la altura de planta en centímetros.

Cuadro 5. Porcentaje de fósforo en hojas, a los 35 días después de la siembra.

ppm de fósforo aplicado en la solución.	porcentaje de fosforo foliar a los 35 días.	Rendimiento en gramos/maceta	Altura en centímetros
0	0.192	1.44	25
2	0.443	4.82	30.9
4	0.293	5.14	34.4
8	0.335	9.09	44.3
16	0.444	14.36	54.0
32	0.373	14.90	53.0
64	0.397	16.67	55.6
128	0.449	15.83	53.4
256	0.478	16.36	54.4
512	0.593	12.40	50.0
700	0.603	14.71	48.3
1024	0.624	12.66	48.1
2048	0.624	11.28	50.0
4096	0.624	8.55	52.5

Del Cuadro 5, se infiere que la concentración de fósforo en hojas para obtener el máximo rendimiento en grano y altura es de 0.397o/o evaluado a los 35 días después de la siembra. Además se observa que a concentraciones menores de 0.192o/o de fósforo evaluado a los 35 días después de la siembra se obtiene el menor rendimiento y altura.

B. Peso de grano de cada uno de los tratamientos

En el Cuadro 6, se observa el análisis de varianza del rendimiento de grano en gramos/maceta de las concentraciones de fósforo en la solución nutritiva. Se infiere que existe un efecto significactivo en el rendimiento de biomasa al 1o/o de probabilidad, con lo cual se acepta la hipótesis planteada.

Cuadro 6. Análisis de varianza para rendimiento de grano, expresado en gramos por maceta

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada 1o/o
Tratamiento	13	69.646187	**11.152507	7.51
Error	28	6.244891		
Total	41			

** = Significancia al 1o/o de probabilidad

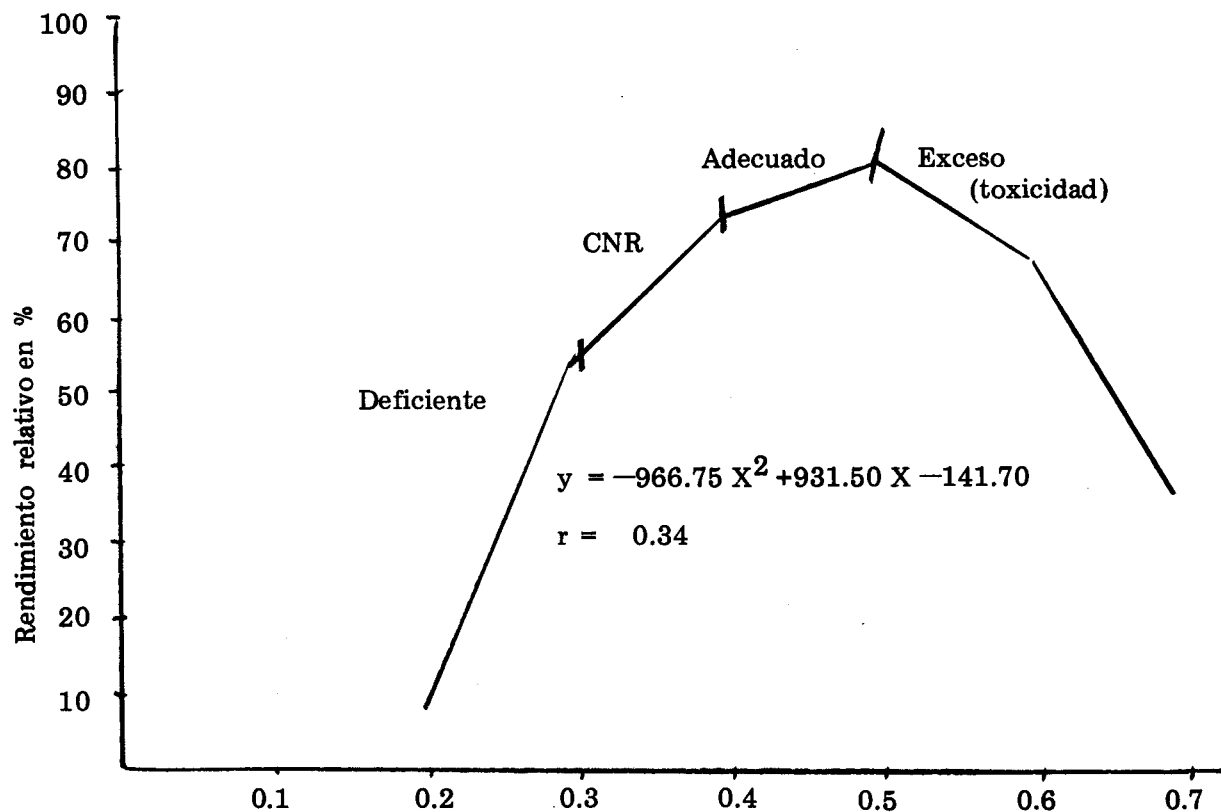
C.V. = 22.1o/o

Cuadro 7. Comparación de medias de rendimiento, en gramos/tratamiento por el estadístico de Tukey.

ppm de fósforo	Porcentaje de fósforo a los 35 días después de al siembra	Rendimiento en gramos por tratamiento
64	0.394	16.67
256	0.478	16.36
128	0.449	15.83
32	0.373	14.90
700	0.603	14.71
16	0.444	14.36
1024	0.624	12.66
512	0.593	12.40
2048	0.624	11.28
8	0.365	9.09
4096	0.624	8.55
4	0.293	5.14
2	0.443	4.81
0	0.192	1.44

Todos los valores unidos por una misma línea son iguales al 50/o de probabilidad.

En el Cuadro 7, se observa el porcentaje de fósforo en el tejido foliar a los 35 días después de la siembra, sobre el rendimiento gramos/tratamiento. Se deduce que no existe significancia al 5o/o de probabilidad, con concentraciones de 0,39, 0.47, 0,44, 0.37, 0.60 y 0.62o/o de fósforo a los 35 días después de la siembra y se obtienen los mejores rendimientos; mientras que con concentraciones menores de 0.19o/o se obtienen los rendimientos menores.



Porcentaje de fósforo en hojas a los 35 días después de la siembra.

Figura 4. Concentración de fósforo en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra y el porcentaje de rendimiento relativo de grano.

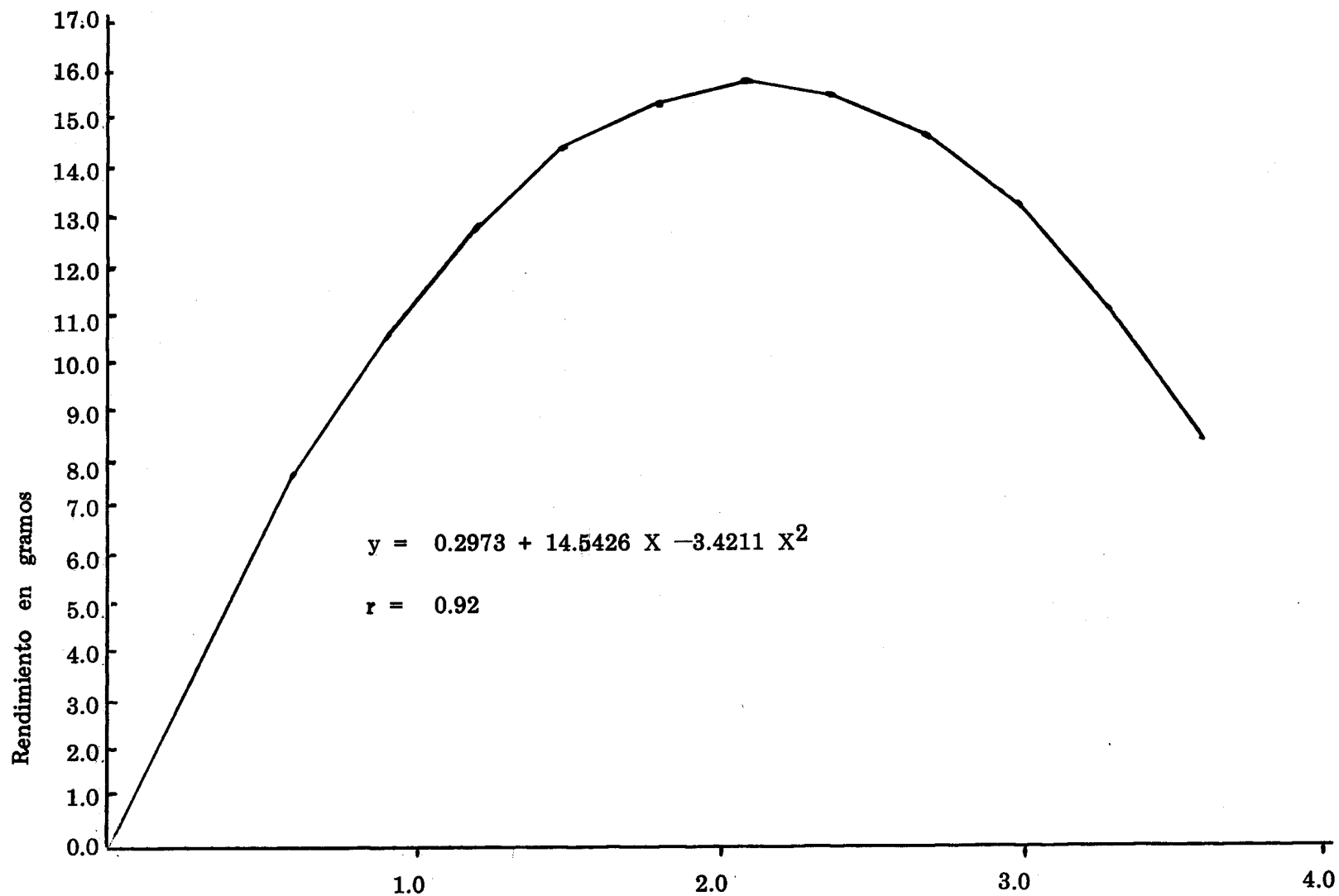
En la figura 4, se observa el efecto de la concentración de fósforo sobre el rendimiento relativo, a los 35 días después de la siembra. Se infiere que el rango de concentración crítica corresponde de 0.35o/o a 0.39o/o de fósforo; y el modelo de regresión cuadrático es el de mejor ajuste con un coeficiente de correlación de 0.34.

Cuadro 8. Rangos de concentración de fósforo foliar y estado nutrimental de la planta de trigo, medido a los 35 días después de la siembra.

Estado nutrimental de la planta	Rendimiento relativo	% de fósforo a los 35 días después de la siembra
Deficiente	< 80	0.19 — 0.34
Rango de concentración crítico	80 — 90	0.35 — 0.40
Adecuado	90 — 100	0.40 — 0.50
Exceso	< 100	> 0.50

En el Cuadro 8, se observan los rangos de concentración de fósforo en el tejido vegetal y estado nutrimental de la planta de trigo, evaluado a los 35 días después de la siembra.

Se puede inferir que a concentraciones foliares de 0.19 a 0.34o/o de fósforo y mayor de 0.50o/o evaluados a los 35 días después de la siembra no son adecuados para obtener buenos resultados; sin embargo, concentraciones foliares de 0.35 a 0.50 o/o de fósforo evaluado a los 35 días después de la siembra concuerdan con los datos reportados por Ward en 1973 (19, 25).



Logaritmo de la concentración de fósforo en la solución nutritiva.

Figura 5. Efecto de la concentración de fósforo en la solución nutritiva sobre el rendimiento de grano gramos/tratamiento.

En la figura 5, se observa el efecto de la concentración de fósforo en la solución nutritiva, sobre el rendimiento de grano gramos/tratamiento. Se aprecia que a medida que se aumenta la concentración de fósforo en la solución nutritiva, se da un incremento en la producción de biomasa; hasta un máximo de 16.67 gramos/tratamiento, que corresponde a una concentración de 64 ppm, para que luego la producción comience a decrecer por efecto de toxicidad.

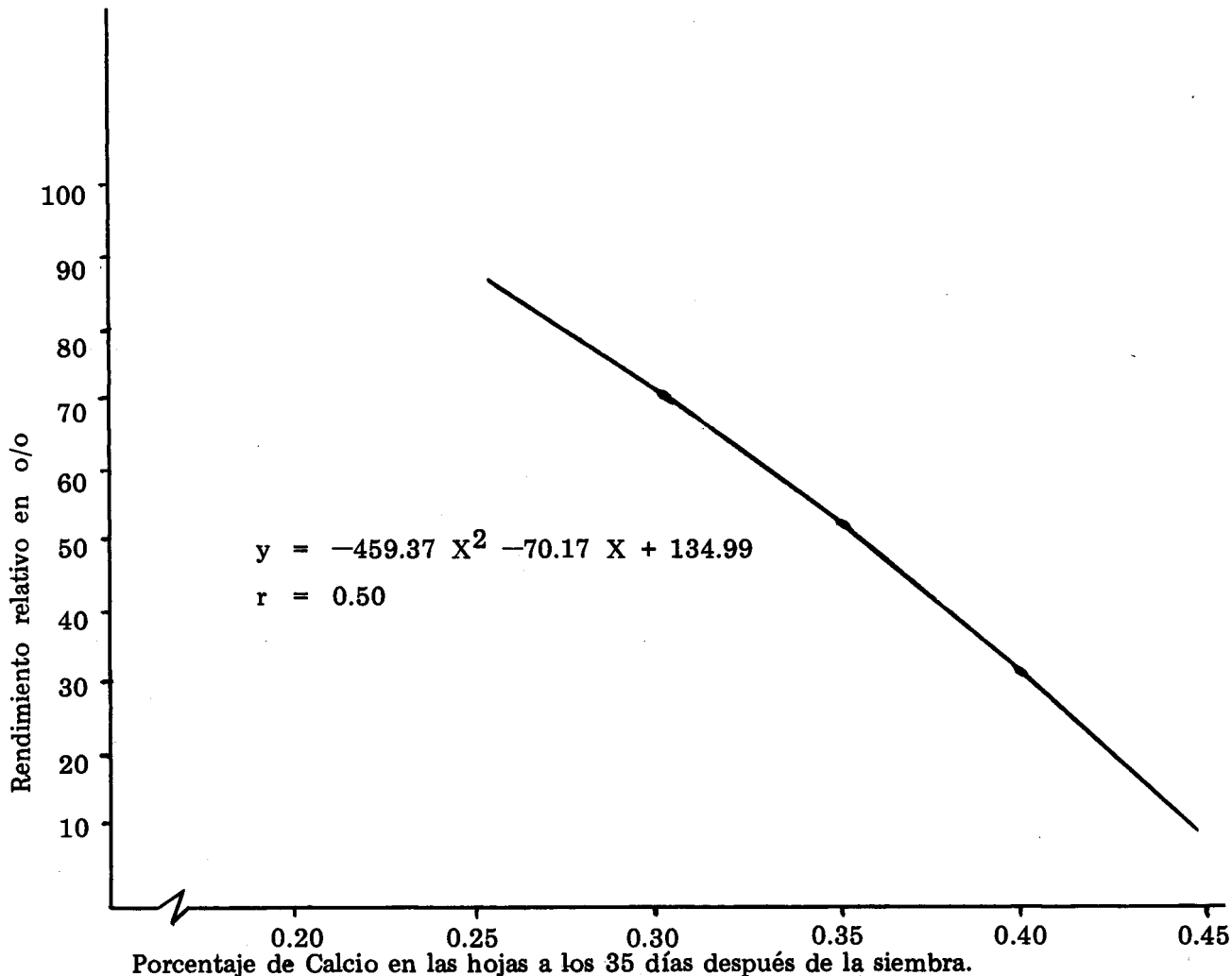


Figura 6. Concentración de calcio en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra, y el rendimiento relativo.

En la figura 6, se aprecia el efecto de la concentración de calcio en plantas de trigo, sobre el rendimiento relativo. Se deduce que el máximo rendimiento, se obtuvo cuando la concentración de calcio es de 0.250o/o, a concentraciones mayores decrece.

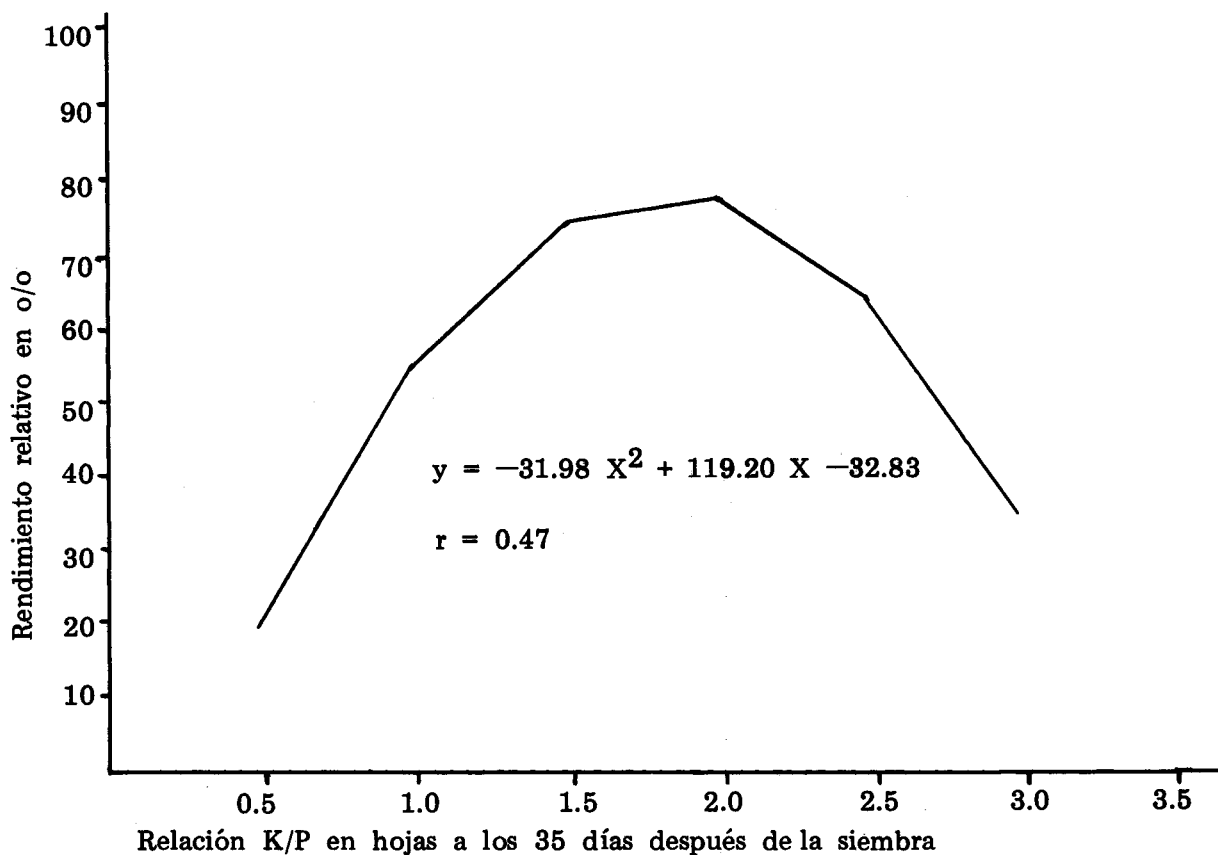


Figura 7. Efecto de la relación K/P en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra y el rendimiento relativo.

En la figura 7, se observa el efecto de la relación K/P en plantas de trigo, y el rendimiento relativo. Se infiere que al aumentar la relación K/P hasta 2.0:1 se obtiene el máximo rendimiento, para luego comenzar a decrecer por toxicidad.

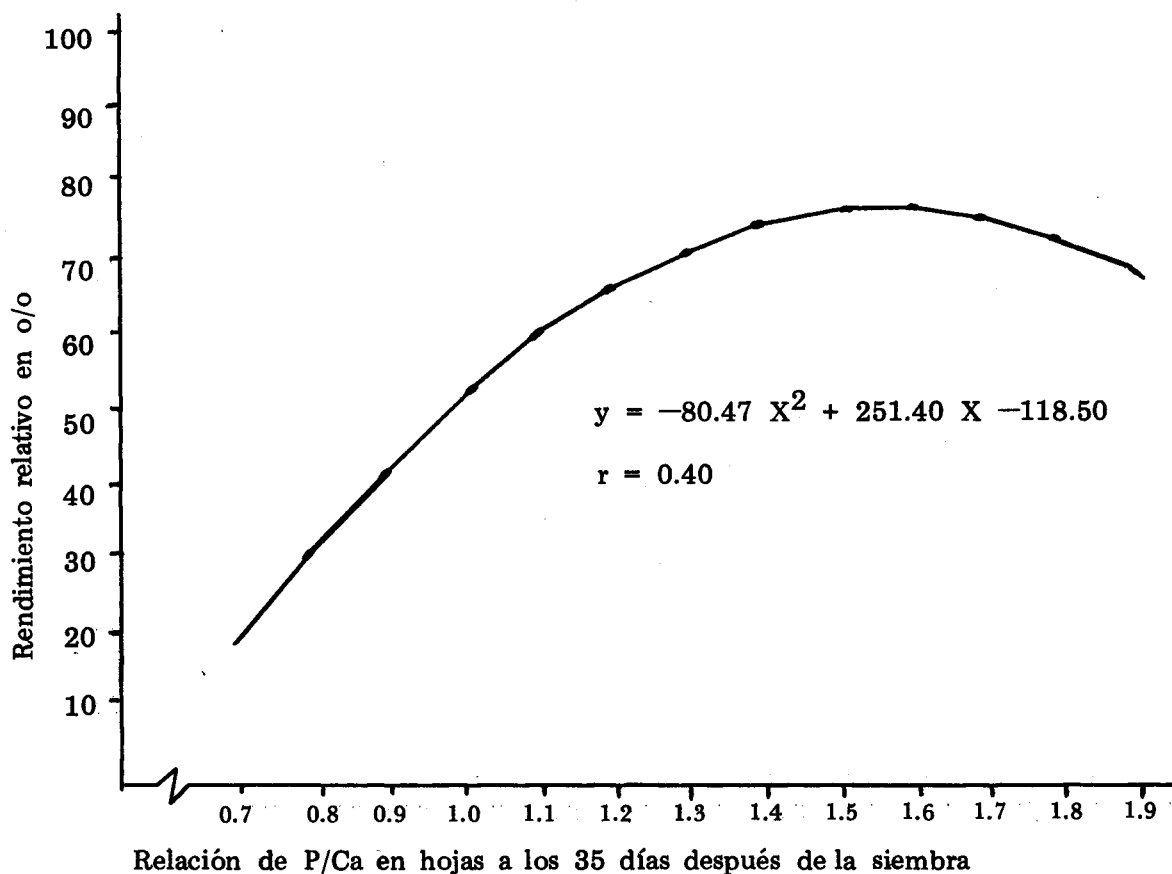


Figura 8. Efecto de la relación P/Ca en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra y el porcentaje de rendimiento relativo

En la figura 8, se observa el efecto de la relación P/Ca en plantas de trigo, y el rendimiento relativo. Se deduce que a medida que aumenta la concentración de la relación P/Ca se da un incremento en el rendimiento relativo, hasta un máximo, para luego comenzar a decrecer por efecto de toxicidad.

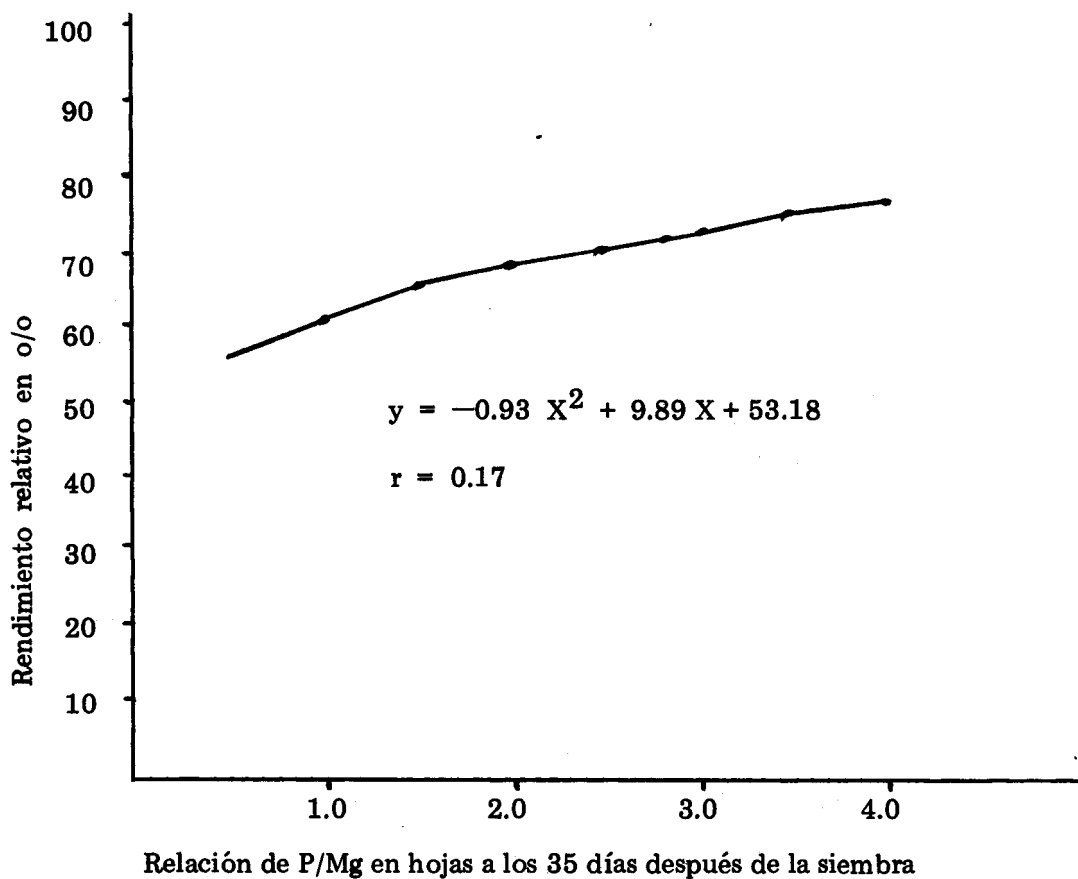
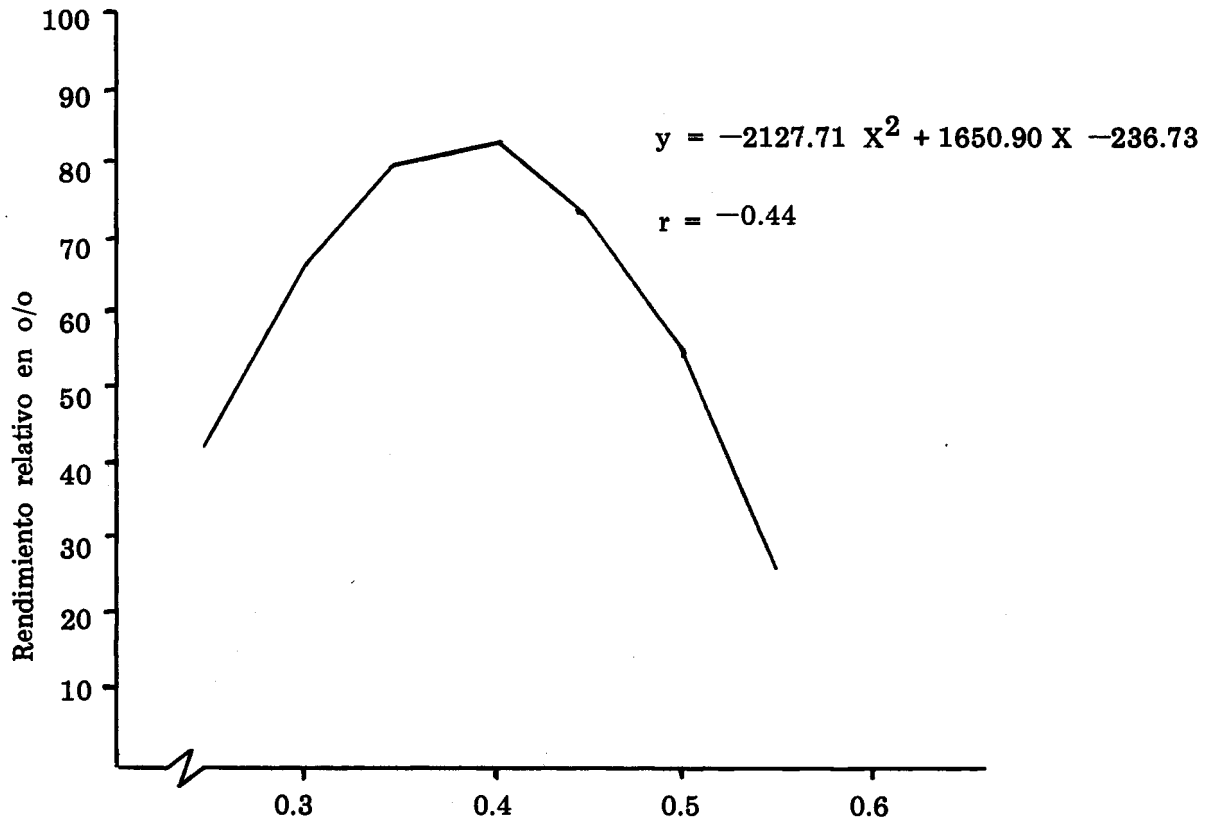


Figura 9. Efecto de la relación P/Mg en la hoja de trigo a los 35 días después de la siembra, y el rendimiento relativo.

En la figura 9, se observa el efecto de la relación P/Mg en plantas de trigo, y el rendimiento relativo. Se infiere que existe un incremento en el rendimiento relativo a medida que se incrementa la concentración de la relación P/Mg.



Relación de Ca + Mg/K en hojas a los 35 días después de la siembra.

Figura 10. Efecto de la relación (Ca+Mg/K) en plantas de trigo a los 35 días después de la siembra, y el rendimiento relativo.

En la figura 10, se puede observar el efecto de la relación (Ca+Mg/K) en plantas de trigo, y el rendimiento relativo. Se deduce que al aumentar la relación (Ca+Mg/K) existe un incremento en el rendimiento relativo hasta un máximo, de 83o/o, para luego iniciarse un decremento.

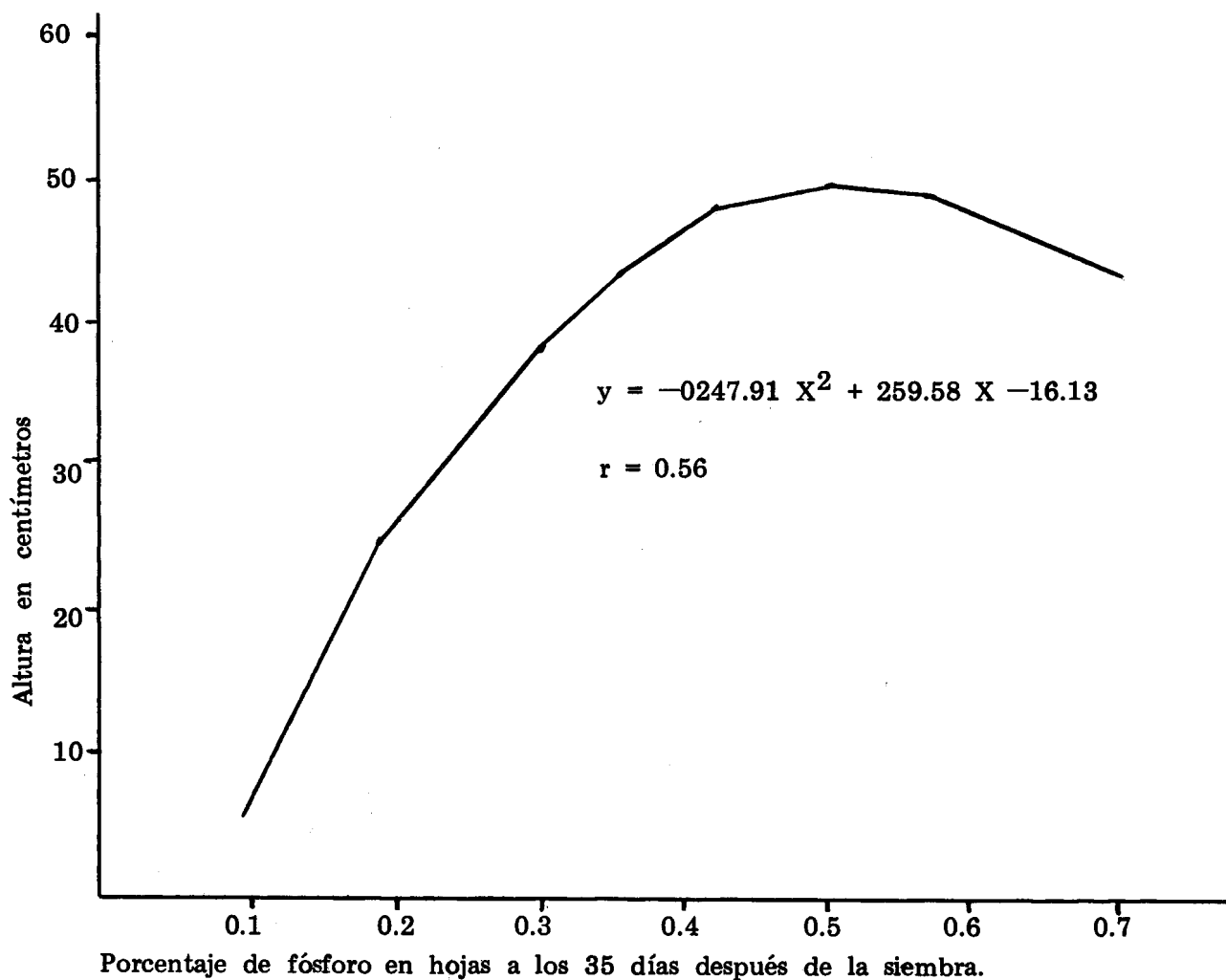


Figura 11. Efecto entre el fósforo y la altura, en plantas de trigo a los 35 días después de la siembra.

C. Altura de plantas, medida a los 35 días después de la siembra

En la figura 11, vemos el efecto de la concentración foliar de fósforo sobre la altura de plantas, a los 35 días después de la siembra. Se observa un incremento en la altura de la planta, a medida que se aumenta la concentración de fósforo, hasta alcanzar un máximo, para luego comenzar a decrecer por efecto de toxicidad.

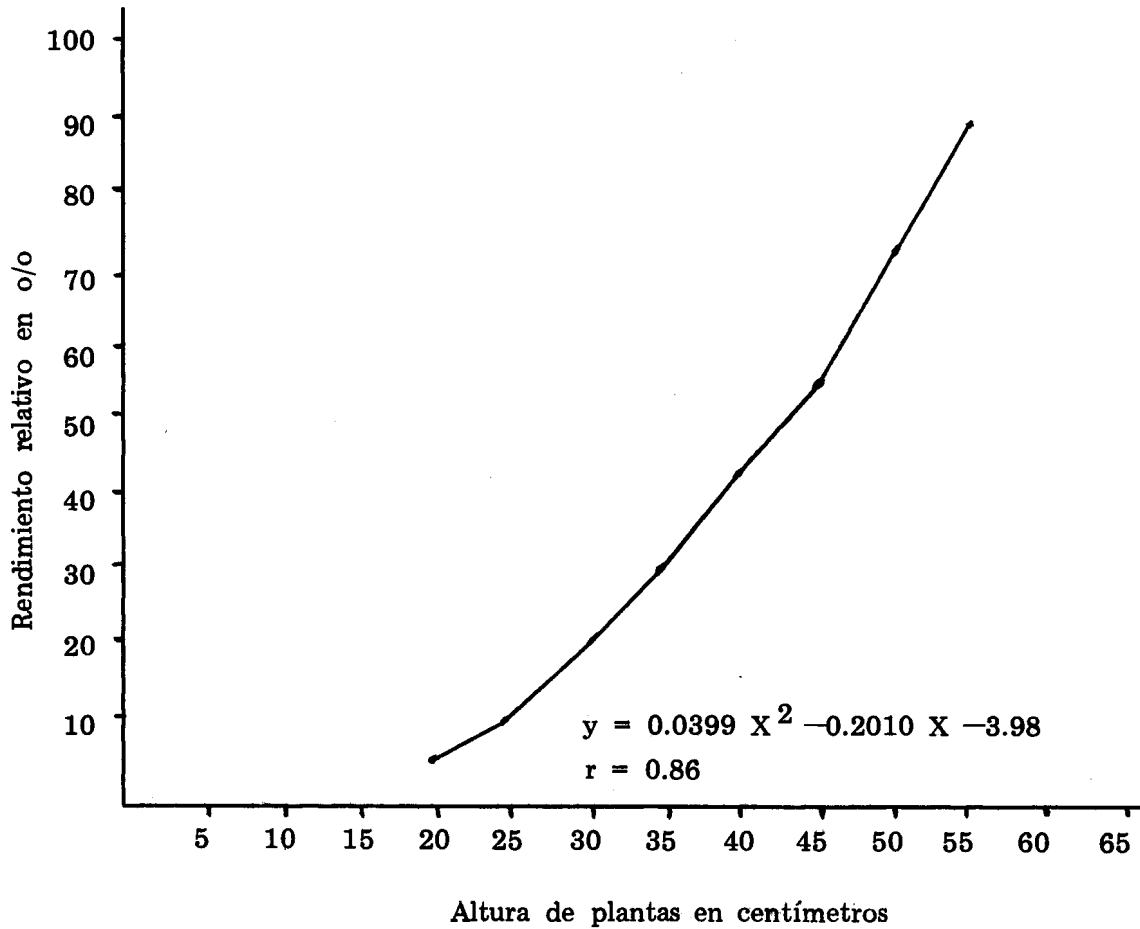


Figura 12. Efecto entre alturas de plantas de trigo, y el rendimiento relativo, a los 35 días después de la siembra.

En la figura 12, vemos el efecto de la altura de plantas de trigo, sobre el rendimiento relativo. Nos damos cuenta que al existir un aumento en la altura hasta 55.6 centímetros, existe también un aumento en el rendimiento relativo alcanzando el máximo.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se estableció un efecto significativo al 1o/o de probabilidad en el análisis de varianza para el rendimiento gramos/tratamiento, en base a la concentración de fósforo, el cual influyó en el rendimiento de grano, en la altura de plantas ya que a medida que se aumentó la concentración foliar del mismo, se incrementó el rendimiento hasta un máximo de 55.6 centímetros luego decrece por efecto de toxicidad.

El rango crítico correspondiente al los 35 días después de la siembra es de 0.35o/o a 0.39o/o de fósforo.

Los valores de los cationes bivalentes Ca y Mg encontrados a los 35 días después de la siembra, con los cuales se obtuvieron los mayores rendimientos son 0.330o/o y 0.233o/o respectivamente.

Los valores de las relaciones K/P, P/Ca, P/Mg, Ca/Mg, (Ca+Mg/K) encontrados a los 35 días después de la siembra con los que se obtiene el máximo rendimiento son; 2.14:1, 1.20:1, 1.70:1, 1.41:1 0.32:1 respectivamente.

De las conclusiones anteriores, se puede recomendar lo siguiente:

Para fines de utilización de abonos fosfatados en el cultivo, se recomienda utilizar valores que estén comprendidos entre 0.35 y 0.39o/o de fósforo, ya que con dichos valores la planta manifiesta su mejor producción.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ASABA, R.A. Niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento y calidad de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el valle de Asunción Mita. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 51 p.
2. BARCELO COLL, J. *et al.* Fisiología vegetal. Madrid, Pirámide, 1980. 750 p.
3. BENTON, J.J. Physiological bases for plant analysis. *In* Proceedings from a Symposium on plant analysis. Frances Greer, Research & Devenlop Division, 1969. pp. 1-10.
4. BOWEN, E.J. Análisis de los tejidos vegetales. Agricultura de las Américas (Estados Unidos), No. 12: 56-62. 1979.
5. BRAEUNER, M.E. Cuaderno de prácticas de laboratorio de Edafología II. Reproducido y modificado por Salvador Castillo. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, s.f. 27 p.
6. 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.
7. CARIELLO, G.A. Respuesta a la fertilización con fósforo y azufre en algunos suelos cañeros. Tesis Ing. Agr. San José Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1973. 66 p.
8. CASTANEDA, R.P. Diseños experimentales aplicados. México, Trillas, 1980. 344 p.
9. CORRIOLS, E.M. Análisis de la planta como guía de la fertilización nitrogenada de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1965. 44 p.
10. DEVLIN, R.M. Fisiología vegetal. Trad. por Llimona Pargés Xavier. 3a ed. Barcelona, Omega, 1980. 517 p.
11. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba Costa Rica, CATIE. 1978. 68 p.
12. DOUGLAS, S.J. Hidropónia, como cultivar sin tierra. Buenos Aires, El Ateneo, 1981. 156 p.

13. FASSBENDR, H.W. Química de suelos; con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 398 p.
14. GONZALES, S.J. 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.
15. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA. Siembra de trigo en la segunda quincena de agosto. Folleto Técnico No. 13. 1981. 12 p.
16. HAMMES, K.J. Experience with plant analysis in vegetables crop production. *In* Proceedings from a symposium on plant analysis. Frances Greer, Research & Devenlop Division. 1969. pp. 114-127.
17. HOWELER, H.R. Análisis foliar de algunos cultivos tropicales. Cali, CIAT, 1974. 20 p.
18. IRVING, R.M. Plant sample collection; handling reporting & interpretation. *In* Proceedings from a symposium on plant analysis. Frances Greer, Research & Devenlop División, 1969. pp. 54-67.
19. MEDINA, C.E. Relathionship of the composytion of plant tissue in mesquite (*Prosopis velutina*) and grapefruit (*Citrus paradis*) to soil composytion. Thesis Mag. Sc. Texas. Texas University, 1983. 62 p.
20. MILLER, E.C. Plant physiology, with referene to the green plant. 2 nd. ed. New York, Mc Graw Hill, 1983. pp. 126-145.
21. OLIVER, H.B. Naturaleza y propiedad de los suelos. México, UTEHA, 1966. 590 p.
22. SANDOVAL ASSEF, J.L. El nivel crítico del nitrógeno en maíz (*Zea mays*). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1967. 71 p.
23. 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.
24. SMALL, G.H. Plant analysis experience with soybeans, peanuts, & cotton. *In* Proceedings from a symposium on plant analysis. Frances Greer, Research & Devenlop Division, 1969. pp. 136-142.
25. WARD, R.C., WITHNEY, D.A. & WESTFALL, D.G. Plant analysis: small grain. *In* Testing and plant analysis. Madison Wisconsin, Soil Science Society of América, 1973. pp. 329-348.



Vo. Bv.
Alfonso Ramírez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

"IMPRIMASE"



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