

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“DETERMINACION DEL RANGO CRITICO DE CONCENTRACION DE
NITROGENO EN PLANTULAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)**

T E S I S

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

P O R

BILFREDO DIAZ LIMA

En el acto de conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala
1 9 8 5

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



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia MSA-100-85

Asunto

Guatemala,
3 de Junio de 1985.

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

Señor Decano:

En atención al nombramiento que emitiera, para asesorar al estudiante Bilfredo Díaz Lima, carnet número 8016409 en su trabajo de tesis " DETERMINACION DEL RANGO CRITICO DE CONCENTRACION DE NITROGENO EN PLANTULAS DE TRIGO (Triticum aestivum L.)", informo a usted que ha sido concluída la ase so r í a y revisión del documento final.

Por lo antes expuesto, considero que el trabajo presentado por el estudiante Díaz Lima, llena los requisitos de una tesis universitaria, además aporta conocimientos básicos sobre la nutrición de plántulas de trigo. Asimismo 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

c.c. Archivo

JJCH/eqded.

Guatemala, 3 de Junio de 1,985

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía.

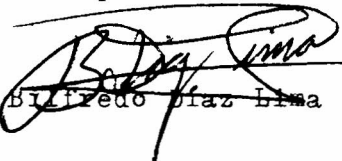
Señores miembros:

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:

DETERMINACION DEL RANGO CRITICO DE CONCENTRACION DE NITROGENO EN PLANTULAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

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

En espera favorable, me suscribo de vosotros respetuosamente.



Wilfredo Díaz Lima

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

CON GRATITUD INFINITA

A MIS PADRES

GONZALO DIAZ HERNANDEZ

MARIA ESTER LIMA DE DIAZ

A MIS HERMANOS

MARIO ALBERTO

ALBA MARINA

GLORIA ESTELA

A LA MEMORIA DE

INES FRANCISCO LIMA GARCIA

JUAN ANTONIO LIMA LOPEZ

A MI FAMILIA EN GENERAL

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION

TESIS QUE DEDICO

A

MI PATRIA GUATEMALA

A

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

A

LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL

INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A

LA PROMOCION DE PERITOS AGRONOMOS

1974 - 1976

AL

PROGRAMA DE BECAS AL INTERIOR DEL
MINISTERIO DE AGRICULTURA

A

LOS TRABAJADORES DEL AGRO GUATEMALTECO

AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de agradecimiento y reconocimiento al Ing. Agr. José Jesús Chonay asesor del presente trabajo, por sus observaciones y orientación científica, así también a los Ingenieros Agrónomos Salvador Castillo y Hugo Tobías por su colaboración durante el desarrollo de la investigación.

Al Ing. Humberto Jiménez García, del laboratorio de ANACAFE por su colaboración. Y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
A. Objetivo general	2
B. Objetivos específicos	2
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
A. Antecedentes	4
B. Importancia del nitrógeno	5
1. Efectos del nitrógeno en la planta	5
2. Concentración nutrimental en el tejido foliar	7
C. Toma de muestras	9
D. Solución nutritiva	9
V. MATERIALES Y METODOLOGIA	11
A. Descripción del área experimental	11
1. Localización del experimento	11
2. Condiciones climáticas	11
B. Metodología experimental	11
C. Variables bajo estudio	14
D. Análisis químico foliar	14
E. Análisis estadístico	15
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	16
A. Concentración de nitrógeno en las hojas de trigo	16

INDICE DE CONTENIDO

	Página
1. Análisis de varianza para rendimiento	16
2. Análisis de regresión	18
B. Efecto del nitrógeno en la solución nutritiva sobre la absorción de P, K, Ca y Mg	21
C. Relaciones de Ca/Mg, (Ca+Mg)/K, K/P, K/Ca, y K/Mg en las hojas de trigo	24
D. Efectos del nitrógeno, sobre el crecimiento, desarrollo y maduración del trigo	29
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
A. Conclusiones	33
B. Recomendaciones	33
VIII. BIBLIOGRAFIA	34
IX. APENDICE	37
Comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey para: altura de planta, amacollamiento, longitud de espiga, días a floración y días a cosecha	38-39-40

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Registro de temperatura y humedad relativa, del invernadero, durante la fase experimental	11
2	Concentración de nitrógeno en la solución nutritiva	12
3	Características de la variedad BALANYA-80	13
4	Fuente de nutrimentos y concentración en la solución nutritiva	14
5	Metodologías para la determinación de fósforo, potasio, calcio y magnesio	15
6	Contenido de nitrógeno en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra y el rendimiento de grano	16
7	Análisis de varianza para el rendimiento en grano de trigo	17
8	Efecto de la concentración de nitrógeno en las hojas a los 35 días después de la siembra sobre el rendimiento de grano	18
9	Rangos de concentración de nitrógeno en las hojas de trigo y estado nutrimental a los 35 días después de la siembra	20
10	Análisis de varianza para altura de planta en trigo medido a intervalos de 15 días.	30
11	Análisis de varianza para el amacollamiento y longitud de espiga.	31
12	Análisis de varianza para las variables, días a floración y días a cosecha.	32

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Relación entre rendimiento de grano en ton/ha y absorción de nitrógeno total, según Bartholomew	5
2	Relación entre concentración nutrimental en el tejido de la planta y rendimiento.	8
3	Distribución del sustrato para cada unidad experimental.	13
4	Efecto de la concentración de nitrógeno en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra sobre el rendimiento de grano	19
5	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva sobre el rendimiento de grano en g/maceta	20
6	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva sobre la absorción de fósforo en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	21
7	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de potasio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	22
8	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de calcio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	23
9	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de magnesio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	24
10	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación Ca/Mg en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	25

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
11	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación $(Ca+Mg)/K$ en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	26
12	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/P en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	27
13	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/Ca en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	28
14	Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/Mg en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra	29

R E S U M E N

El ensayo se condujo con la variedad de trigo BALANYA-80, bajo condiciones del invernadero de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Las hipótesis planteadas indican que la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva y el porcentaje de nitrógeno en las hojas, hacen variar el rendimiento de grano; y afectan la absorción de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Con el objetivo de obtener la curva de relación entre la concentración de nitrógeno analizado en la tercera hoja del ápice hacia la base y el rendimiento de grano expresado en porcentaje; para determinar el rango crítico de concentración de nitrógeno en las hojas y nivel crítico de concentración a los 35 días después de la siembra.

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con once niveles de nitrógeno en la solución nutritiva, comprendidos de 0 a 1024 ppm; y tres repeticiones. La unidad experimental fue una maceta plástica de cuatro litros de capacidad llenados con arena pómez.

Para darle respuesta a los objetivos se midieron las variables siguientes: rendimiento expresado en porcentaje de grano a 14o/o de humedad, altura de planta, concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en las hojas, días a floración y días a cosecha.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que: el rango crítico de concentración de nitrógeno, varía entre los valores 3.12 a 3.65o/o y el nivel crítico de concentración es de 3.37o/o de nitrógeno evaluado a los 35 días después de la siembra.

La concentración de nitrógeno en la solución nutritiva afectan en rendimiento de grano y la absorción de fósforo, potasio, calcio y magnesio. En base a lo anterior se aceptan las hipótesis planteadas.

La absorción de las relaciones de sales nutritivas Ca/Mg, (Ca+Mg)/K, K/P, K/Ca y K/Mg en las hojas de trigo, son afectadas por la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva.

Concentraciones de nitrógeno arriba de 256 ppm en la solución nutritiva,

favorecen la formación de brotes, retardan los días a floración y días a cosecha, y además se da la formación de espigas vanas.

De acuerdo a las conclusiones se recomienda para trabajos de fertilización en trigo, se debe utilizar el rango crítico de concentración de nitrógeno (3.12 a 3.65o/o) en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

I. INTRODUCCION

En Guatemala, el cultivo del trigo abarca un área de 26,930.43 ha en monocultivo y 331.16 ha de cultivo asociado, comprendidas entre las alturas de 1,500 a 2,500 msnm, cuya producción va dirigida a la industria de panificación (13).

El análisis químico foliar tiene como finalidad determinar la concentración de nutrimentos presentes en el tejido vegetal, que permite determinar el rango crítico de concentración y nivel crítico nutrimental, por medio de la curva de relación entre la concentración de nutrientes en el tejido y el rendimiento, que proporciona información para la evaluación de la nutrición mineral de las plantas.

El nitrógeno ha sido el nutrimento más estudiado por sus efectos en la producción (4). La fijación industrial se realiza por el proceso Haber-Bosch. Aldrich (2), reporta que para producir una libra de nitrógeno en forma de urea sólida se necesitan 8,120 kilocalorías, más la energía necesaria para el transporte y aplicación.

En base a lo anterior, para maximizar el uso de fertilizante nitrogenado, el conocimiento del rango crítico de concentración de nitrógeno en la planta, es de utilidad para conocer el rango o ámbito dentro del cual la planta está bien nutrimentada.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de once niveles de nitrógeno en la solución nutritiva con sustrato de arena, bajo condiciones de hidroponia, en trigo *Triticum aestivum* L. variedad BALANYA-80 en ambiente de invernadero; a lo cual se le efectuó un análisis foliar a los 35 días después de la siembra donde se analizó nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Con el propósito de obtener la curva de relación entre concentración de nitrógeno en el tejido y el rendimiento de grano; para determinar el rango crítico de concentración de nitrógeno.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Estudiar el efecto de once niveles de nitrógeno, sobre la concentración de nitrógeno en las hojas de trigo *Triticum aestivum* L. a los 35 días después de la siembra.

B. Objetivos específicos

1. Obtener la curva de relación entre la concentración de nitrógeno en el tejido y el rendimiento de grano.
2. Determinar el rango crítico de concentración de nitrógeno y el nivel crítico de concentración en las hojas de trigo, a los 35 días después de la siembra.
3. Evaluar el efecto de los niveles de nitrógeno, sobre la absorción de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

III. HIPOTESIS

La concentración de nitrógeno aplicado en la solución nutritiva y el porcentaje de nitrógeno en las hojas de trigo, hacer variar el rendimiento de grano.

Los diferentes niveles de nitrógeno en la solución nutritiva, afectan la absorción de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

IV. REVISION DE LITERATURA

A. Antecedentes

El análisis foliar es un método usado para el diagnóstico de problemas nutricionales en plantas, basado en que la concentración de nutrimentos está en función de los factores genéticos y ambientales. Usualmente, solo unos pocos, a lo sumo tres nutrientes se hacen variar en el experimento y los otros se consideran de acuerdo a los requerimientos del cultivo (19).

Aldrich (1) y Magnitski (18), indican que se tienen dos tendencias para el análisis de planta: el análisis total o cualitativo, y el semicuantitativo. Estos se pueden utilizar en varios estados de crecimiento de las plantas y en determinada sección anatómica o la planta total.

Así también, Aldrich (1), menciona que estos métodos pueden ser utilizados para; diagnóstico o confirmación de síntomas visibles, identificar deficiencias ocultas, localizar áreas con deficiencias nutrimentales y como indicador de los nutrimentos que absorbe la planta.

De acuerdo a lo anterior, Sánchez (22), indica que la ventaja del análisis foliar estriba en que integra los efectos del suelo, planta y clima; así como el manejo del cultivo y constituye un indicador de la disponibilidad de los nutrimentos. El mismo autor menciona tres propósitos para el análisis foliar; para identificar problemas nutritivos y cuantificar su corrección por medio del establecimiento de niveles críticos de concentración. Calcular niveles de absorción de nutrimentos, como índice para el uso de fertilizante y para revisar la nutrición de cultivos perennes.

Ante el fracaso de los análisis de suelo para el nitrógeno y en la búsqueda de una metodología eficiente, Bartholomew citado por Sánchez (22), observó una relación constante entre el rendimiento de cultivos de cereales y la absorción de nitrógeno total, como se observa en la Figura 1.

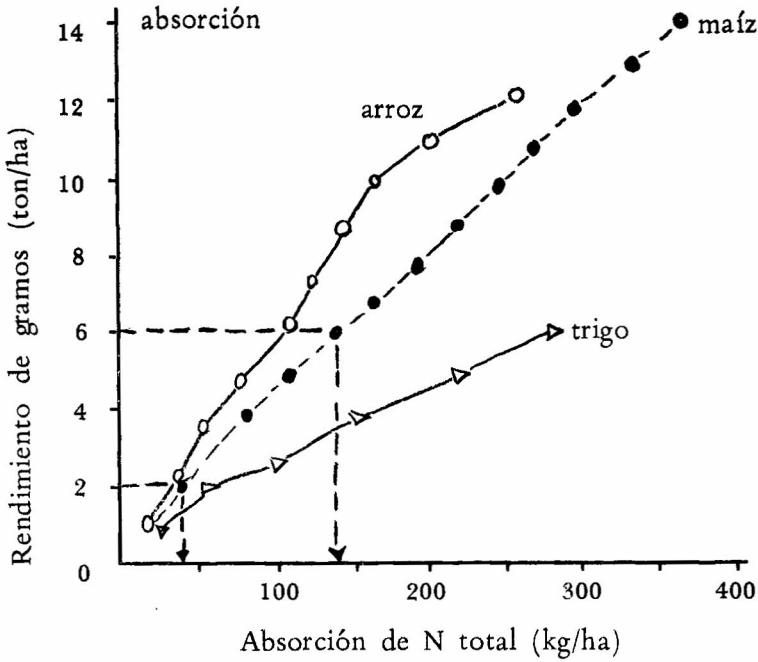


Figura 1. Relación entre rendimiento de grano en ton/ha y absorción de nitrógeno total, según Bartholomew.
Fuente: Sánchez (22).

La gráfica muestra que el menor rendimiento de maíz es de 2 ton/ha, pero con fertilización nitrogenada y buen manejo hay probabilidad de obtener 6 ton/ha con una absorción de 100 kg/ha de nitrógeno adicional, siempre que el nitrógeno sea el principal factor limitante. Además, se muestra que el arroz necesita 17 kg de nitrógeno para producir una tonelada de grano, el maíz 25 kg y por último el trigo necesita 42 kg de nitrógeno para producir una tonelada de grano, lo que indica que el trigo es el menos eficiente respecto al nitrógeno (22).

B. Importancia del nitrógeno

1. Efectos del nitrógeno en la planta

Harborne (16), dice que cerca del dos por ciento del peso seco de la planta consiste en nitrógeno, en comparación con el 40 por ciento de carbono. Devlin

(8), menciona que el papel más importante del nitrógeno en las plantas es su función en la estructura de la molécula de proteína y Scharrer (24), indica la participación del nitrógeno en las moléculas de clorofila, enzimas, alcaloides, fosfátidos, índoles, así como en los ácidos nucleicos.

Buckman (6) y Frear (12), mencionan que los efectos del nitrógeno en la nutrición vegetal se presentan de la manera siguiente:

Su deficiencia disminuye la resistencia a enfermedades y baja la calidad del cultivo en granos y frutos.

Aplicado de acuerdo a los requerimientos del cultivo, favorece el aumento de hojas, crecimiento y vigor de tallos incrementa la producción de frutos y granos y actúa en el crecimiento rápido y en vigor de la planta joven.

Y aplicado en exceso, retarda la maduración, debilita el tallo y favorece el acame en gramíneas.

Black (4), encontró que el índice de cosecha para los cereales varía con las aplicaciones de nitrógeno; por esta razón, el índice de cosecha disminuye al aumentar el suministro de nitrógeno.

Ortiz (20), en sus resultados, encontró que el efecto detrimental del nitrógeno en la dosis de 150 kg/ha se traduce en crecimiento vegetativo del trigo, lo cual actúa en la disminución del índice de cosecha; así también, observó una tendencia decreciente de la producción a medida que se incrementó el nivel de nitrógeno.

Gutiérrez (15), concluyó que el efecto del nitrógeno se manifiesta principalmente con el desarrollo vegetativo (altura) de las plantas de trigo, lo que fue notorio en tratamientos con el nivel de 320 kg/ha que presentó maduración retardada. Estrada (11), en sus conclusiones menciona que los bajos niveles de nitrógeno y fósforo y alta densidad de población, son limitantes en el rendimiento del trigo.

2. Concentración nutrimental en el tejido foliar

Ulrich (27), indica que el objeto del análisis foliar, para la nutrición de las plantas, tiene por finalidad determinar la concentración de nutrimentos y de esta forma obtener la curva de relación entre concentración de nutrientes en el tejido y el rendimiento.

Howeler (17) Summer (26) y Ulrich (27), coinciden en que los niveles críticos en la curva de relación entre concentración de nutrientes en el tejido y el rendimiento, se pueden definir por niveles correspondientes al 90 ó 95 por ciento del rendimiento máximo, así como aquellos bajo los cuales se presentan síntomas de deficiencia o sobre los que se notan síntomas de toxicidad.

Salisbury (23) y Ulrich (27), reconocen cuatro zonas en la curva de relación entre concentración de nutrientes en el tejido y el rendimiento, donde definen la "Zona de deficiencia" en la cual la concentración nutrimental aumenta muy poco y el rendimiento incrementa en grandes porcentajes con cada aumento en la aportación y absorción de nutrimentos.

Dentro de la "Zona de transacción" la concentración nutrimental y el rendimiento aumentan simultáneamente como respuesta al aumento de nutrición de la planta y en la parte media de esta zona se marca el nivel crítico de concentración nutrimental.

La "Zona adecuada" donde la concentración nutrimental foliar incrementa rápidamente, no así el rendimiento, que permanece relativamente constante.

Y la "Zona de toxicidad" que por el continuo aumento de la concentración nutrimental da como resultado la disminución del rendimiento.

Así también, Dow y Roberts (10), indican que la concentración crítica nutrimental, denominado CNC, implica un solo punto en la curva, donde el estado nutricional de la planta varía de deficiente a adecuado, y en cambio proponen el término de rango de concentración crítico nutrimental, que se abrevia CNR, el cual se define como un rango arriba del cual la planta está bien suplementada y debajo de este rango la planta es deficientemente nutrimentada y su producción es limitada.

Además, dichos autores presentan cuatro zonas en la curva de relación entre concentración de nutrientes en el tejido y el rendimiento, y las nombran como, deficiente, CNR, adecuado y tóxico, lo cual se ilustra en la Figura 2.

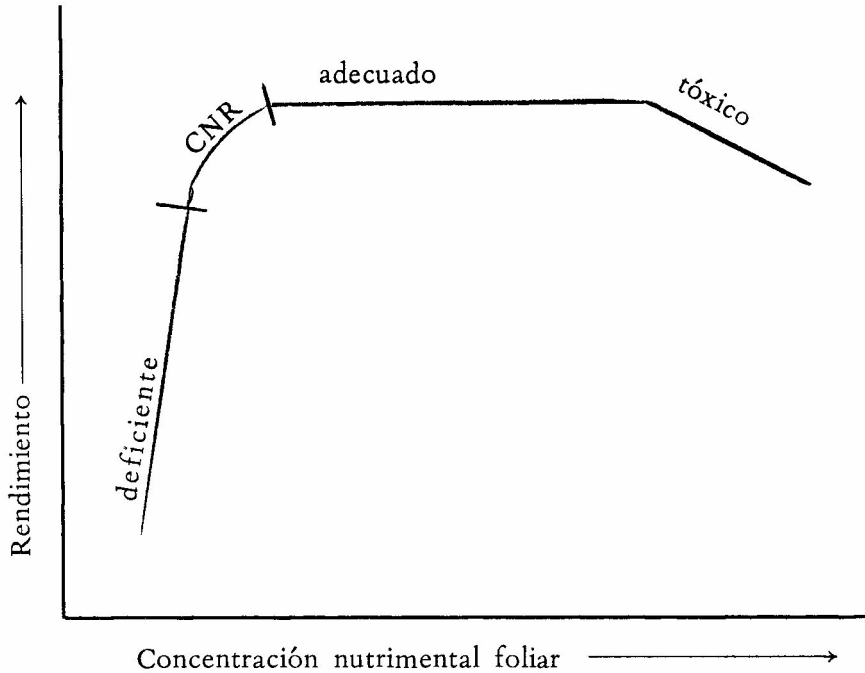


Figura 2. Relación entre concentración nutricional en el tejido de la planta y rendimiento.
Fuente: Dow y Roberts (10).

Además de la concentración crítica nutricional y el rango de concentración crítica ya mencionados, se reporta el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones, denominado DRIS, que se define como un sistema de calibración de planta, suelo y medio ambiente, que se toman en cuenta entre los factores que afectan el desarrollo y producción, el sistema DRIS caracteriza los parámetros de suelo, planta y medio ambiente en términos de índices, los cuales pueden ser usados para propósitos de diagnóstico y recomendaciones (25).

Schrenk, citado por Ward et al (28), presenta un reporte de trabajos sobre

concentración nutrimental en plantas de trigo en 14 localidades cerca de Kansas realizados durante cuatro años, donde obtienen como promedio general de la composición de toda la planta los siguientes valores: 4.72o/o de nitrógeno, 0.22o/o de fósforo, 3.2o/o de potasio, 0.36o/o de calcio y 0.12o/o de magnesio.

Fertilizaciones con nitrógeno incrementan su concentración en muestras de plantas de trigo de varios estados de crecimiento; sin embargo, al madurar la planta la concentración de proteína en el grano no siempre aumenta al fertilizar con nitrógeno y reporta que decrece la concentración de fósforo y calcio (28).

Así también, el potencial genético de la variedad es un factor que ejerce influencia en el crecimiento, desarrollo y producción de la planta y está limitado por la acción ambiental; es decir, el potencial genético genera el desarrollo metabólico y fisiológico de la planta y los factores ambientales determinan el límite al potencial genético (19).

C. Toma de muestras

Sánchez (22), indica que los niveles críticos de los análisis de planta son menos específicos en sitio y situación, de los obtenidos de análisis de suelos, siempre que sean estandarizados con respecto a la parte de la planta, a su edad y en algunos casos, a la variedad. Howeler (17), recomienda que por ser los niveles de nutrimentos variables de acuerdo a la parte de la planta y al estado de crecimiento de la misma, es necesario tomar las muestras de la misma parte de la planta y en la misma etapa de crecimiento, debiéndose tomar las hojas nuevas que han completado su desarrollo normal en la parte superior de la planta; indica además, que la cantidad mínima para hacer los análisis de los macronutrientes y micronutrientes es de 3 a 5 g de materia seca.

Devlin (8), menciona que el nitrógeno es un nutriente móvil, por esta razón, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas, las hojas jóvenes retienen su nitrógeno y además absorben el nitrógeno procedente de las hojas caducas, por lo que es conveniente recolectar las hojas jóvenes que han completado su desarrollo.

D. Solución nutritiva

Para efectuar estudios del contenido mineral de las plantas, es difícil lograr que el

suelo quede libre de todos los nutrientes y luego controlar la aportación de elementos nutritivos puestos a disposición de las raíces en el suelo. Este problema se evita con el uso de soluciones nutritivas con las que se puede ejercer control de la cantidad y proporción de las sales minerales suministradas a la planta. Esta condición permite estudiar las relaciones cuantitativas que existen entre el suministro de sales y el crecimiento y/o producción de una planta. Se pueden utilizar varios métodos, entre éstos, el unifactorial que consiste en elegir un nutriente e introducirlo en la solución nutritiva bajo diversas concentraciones y medir el crecimiento y/o producción correspondiente (3,8).

Barcello (3), indica que el pH en las soluciones nutritivas normalmente oscila entre 5 y 7. La importancia del pH en las soluciones nutritivas estriba en su influencia sobre la solubilidad de varios de sus componentes, otro aspecto importante a considerar es el potencial osmótico, que por lo regular en las soluciones nutritivas oscila entre -0.5 y -1 bar, que no indica ningún problema, pues al conocer el principio el cual presenta que a mayor concentración de solutos, menor será el potencial hídrico del agua en la que están disueltos y esto no ocurre en las soluciones nutritivas, pues se tiene control de los solutos en la solución.

Los cultivos en arena, como medio de soporte a la planta, es conveniente utilizar como material inerte, arena que se encuentre libre de contaminantes. Se puede utilizar arena de sílice purificada o cuarzo triturado pobre en oligoelementos solubles, esto tiene la ventaja que permite a las raíces crecer como en un medio natural y no necesitan soporte, y la solución nutritiva se puede incorporar periódicamente vertiéndola sobre la superficie, por goteo o por subirrigación (3,8)

V. MATERIALES Y METODOLOGIA

A. Descripción del área experimental

1. Localización del experimento

El experimento se desarrolló bajo las condiciones del invernadero de la Facultad de Agronomía, ubicado en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, zona 12. Su localización geográfica es de 14° 35' 11" latitud norte y 90° 31' 58" longitud oeste, a una altura de 1502 msnm.

2. Condiciones climáticas

Las condiciones de temperatura y humedad relativa, bajo las cuales se desarrolló el experimento se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Registro de temperatura y humedad relativa, del invernadero, durante la fase experimental.

Mes	Año	Temperatura °C			Humedad relativa o/o		
		mínima	media	máxima	mínima	media	máxima
Octubre	1983	18.0	28.5	39.0	52.0	65.5	79.0
Noviembre	1983	20.0	29.5	39.0	50.0	64.0	78.0
Diciembre	1983	13.0	23.0	33.0	73.0	76.0	79.0
Enero	1984	10.0	23.0	36.0	67.0	73.5	80.0

Fuente: Archivo del invernadero de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

B. Metodología Experimental

En base a las condiciones del área experimental se utilizó el diseño experimental completamente al azar, el cual se arregló con once tratamientos y tres repeticiones de cada unidad experimental; y su modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = u - T_i - e_{ij}$$

donde:

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

u = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento

e_{ij} = Error experimental, asociado a la ij-esima unidad experimental

i = 1, 2, 3, 10, 11 tratamientos

j = 1, 2, 3 repeticiones

Los tratamientos se evaluaron para la elaboración de la curva de relación entre la concentración de nitrógeno en el tejido y el rendimiento. Y estos se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Concentración de nitrógeno en la solución nutritiva.

Tratamiento	Solución nutritiva nitrógeno * en ppm
1	0
2	2
3	4
4	8
5	16
6	32
7	64
8	128
9	256
10	512
11	1024

* Fuente de nitrógeno: nitrato de amonio (NH_4NO_3) 33o/o de N.

Cada unidad experimental consistió en una maceta de plástico con capacidad de cuatro litros, que se llenó con arena pómez, colocándose arena gruesa en el fondo y fina en la parte superior, como se ilustra en la Figura 3.

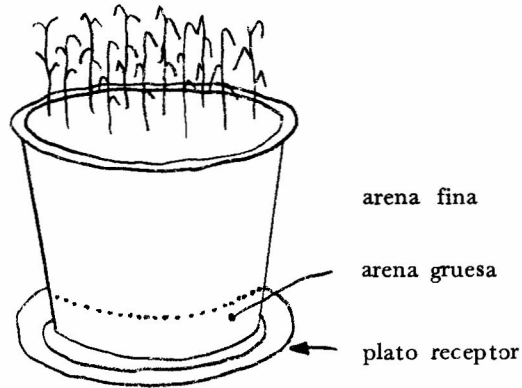


Figura 3. Distribución del sustrato para cada unidad experimental.

Cada unidad experimental se sembró con 0.5 gramos de semilla de trigo variedad BALANYA-80 en base a las recomendaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (14). En el Cuadro 3, se detallan las características de la variedad.

Cuadro 3. Características de la variedad BALANYA-80

color grano	altura de planta	días a cosecha	rendimiento kg/ha	rango de adaptación msnm
Rojo	105 cm	160	3,895	1,500 a 2,000

Fuente: Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. En Chimalteango siembre trigo en la segunda quincena de agosto. Folleto Técnico 13. 1981. 12 p.

La solución nutritiva se preparó de acuerdo a los equivalentes en nutrientes de la solución de Hoagland y Arnon, Cuadro 4, la cual se aplicó diariamente sobre la superficie de la maceta.

Cuadro 4. Fuente de nutrimentos y concentración en la solución nutritiva.

Macronutrientes	ppm	Micronutrientes	ppm
NH_4NO_3	0 a 1024	H_3BO_3	2.86
$\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$	490	$\text{MnCl} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	1.81
K_2SO_4	880	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	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	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ (0.5o/o)	0.6 ml/1*

* Se aplicó 3 veces por semana.

C. Variables bajo estudio

Para darle respuesta a la hipótesis y objetivos planteados, se evaluaron las variables siguientes:

La concentración de nitrógeno foliar, en la tercera hoja del ápice hacia la base, a los 35 días después de la siembra.

El rendimiento relativo de grano a 14o/o de humedad, de cada uno de los tratamientos.

El efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva sobre la absorción de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

La acción del nitrógeno sobre el crecimiento de la planta; las alturas fueron medidas a intervalos de 15 días.

El efecto de la concentración de nitrógeno sobre el amacollamiento, medido a los 40 días después de la siembra y la maduración a través del registro de los días a floración y días a cosecha.

D. Análisis químico foliar

Las muestras vegetales se secaron en un horno de convección a 70 grados centígrados, hasta alcanzar un peso constante.

Una vez secas las muestras, se molieron en un molino Willey con un tamiz de 20 mallas por pulgada cuadrada.

El análisis de nitrógeno en las hojas, se efectuó por el método de micro-kjeldahl y el fósforo, potasio, calcio y magnesio, por digestión seca. En el Cuadro 5, se presentan las metodologías aplicadas.

Cuadro 5. Metodologías para la determinación de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Determinación	Método	Referencia
P	Colorimétrico	Días, R. y Hunter, A. (9)
K	Espectrofotometría	Días, R. y Hunter, A. (9)
Ca y Mg	Titrimetría (EDTA)	Braeuner (5)

E. Análisis estadístico

Para medir el efecto de las variables estudiadas, se procesaron los datos mediante los siguientes procedimientos estadísticos:

Análisis de varianza para las variables de concentración de nitrógeno en las hojas, rendimiento de grano, amacollamiento, días a maduración, días a cosecha y altura de planta; a un nivel de significancia del cinco por ciento.

Comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey al cinco por ciento de significancia y análisis de regresión lineal simple.

VI RESULTADOS Y DISCUSION

A. Concentraciones de nitrógeno en las hojas de trigo

En el Cuadro 6, se describen los resultados del efecto de la concentración de nitrógeno en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra, sobre el rendimiento de grano. Se observa que el rendimiento de grano se incrementa conforme aumenta la concentración de nitrógeno en las hojas y decrece en el punto donde la concentración de nitrógeno se torna tóxica para el metabolismo de la planta.

Cuadro 6. Contenido de nitrógeno en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra y el rendimiento de grano.

Concentración de nitrógeno en la solución nutritiva ppm	contenido de nitrógeno en las hojas o/o	Rendimiento relativo o/o
0	0.95	2.48
2	1.47	5.62
4	1.78	9.28
8	2.16	15.39
16	2.56	31.76
32	2.71	47.11
64	2.86	71.85
128	3.21	86.44
256	3.90	100.00
512	4.46	87.17
1024	5.16	72.92

1. Análisis de varianza para rendimiento

En el Cuadro 7, se presenta el análisis de varianza para el rendimiento de grano, evaluado bajo diferentes concentraciones de nitrógeno en la solución

nutritiva. Se observa que el rendimiento en grano de trigo varía de acuerdo a la concentración del nitrógeno tanto en la solución nutritiva como en el tejido vegetal.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento en grano de trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.01
Tratamiento	10	3,710.04	522.20**	3.26
Error	22	7.12		
Total	32			

** Significancia al 1o/o de probabilidad

C.V. = 5.81o/o

En el Cuadro 8, se presenta la comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey al uno por ciento de probabilidad para el rendimiento expresado en porcentaje de grano de trigo, en comparación con el porcentaje de nitrógeno en las hojas a los 35 días después de la siembra. Se muestra que a concentraciones de 3.90o/o de nitrógeno en las hojas se da el mayor rendimiento de grano, a concentraciones entre 0.95 a 1.78o/o el menor rendimiento y a concentraciones arriba de 4.46o/o se presentan efectos tóxicos en el trigo a través de la reducción del rendimiento de grano.

Cuadro 8. Efecto de la concentración de nitrógeno en las hojas a los 35 días después de la siembra sobre el rendimiento de grano.

Tratamiento nitrógeno en ppm	Concentración de ni- trógeno en las hojas o/o	Rendimiento Relativo o/o
256	3.90	100.00
512	4.46	87.17
128	3.21	86.44
1024	5.16	72.92
64	2.86	71.85
32	2.71	47.11
16	2.56	31.76
8	2.16	15.39
4	1.78	9.28
2	1.47	5.62
0	0.95	2.48
DHS _{0.05} = 0.58		DHS _{0.01} = 9.41

Tratamientos unidos por la misma línea son iguales al 5 y 1o/o de probabilidad respectivamente.

2. Análisis de regresión

En la Figura 4, se presenta el diagrama de dispersión, resultado de la relación entre concentración de nitrógeno en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra y el rendimiento de grano. Este fenómeno fue explicado por el modelo de regresión cuadrático, el cual proporcionó un coeficiente de correlación de 0.90. En la gráfica se muestran las zonas de deficiencia, suficiencia, rango de concentración crítico CNR y toxicidad.

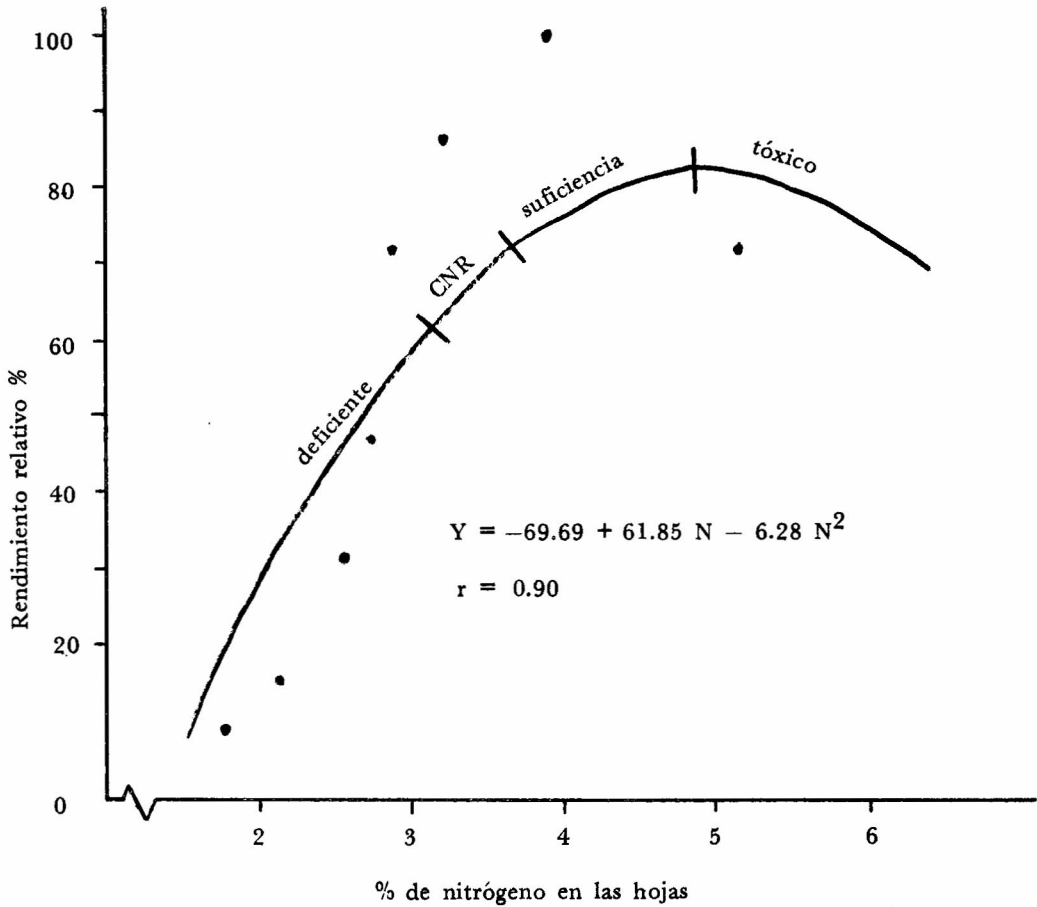


Figura 4. Efecto de la concentración de nitrógeno en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra sobre el rendimiento de grano.

En el Cuadro 9, se presentan los valores de la concentración de nitrógeno en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra, correspondientes a los estados nutrimentales deficiente, rango de concentración crítica, suficiencia y tóxico, de acuerdo al rendimiento expresado en porcentaje de grano.

Cuadro 9. Rangos de concentración de nitrógeno en las hojas de trigo y estado nutricional a los 35 días después de la siembra.

Rangos de nitrógeno en las hojas (o/o)		Rendimiento relativo o/o		Estado nutricional de la planta
Menor de 3.12	3.12	Menor de 80	80	Deficiente
a 3.65	3.65	a 90	90	Rango de concentración crítico
a 4.90	4.90	a 100	100	Suficiencia
Mayor de 4.90	4.90	Menor de 100	100	Tóxico

En la Figura 5, se presenta el efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva sobre el rendimiento de grano (g/maceta). Se aprecia que el rendimiento sufre un aumento hasta un máximo de 32.18 g/maceta que corresponde a un nivel de 384 ppm de nitrógeno, arriba de la cual, la producción en el trigo decrece por efectos de toxicidad.

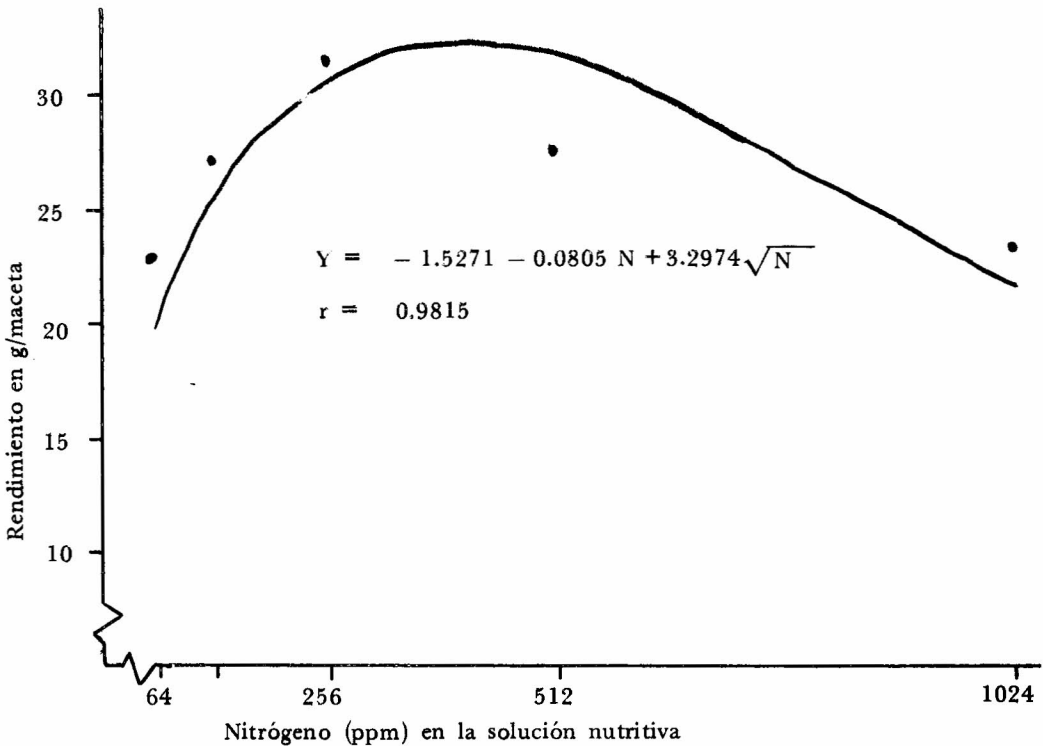


Figura 5. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva sobre el rendimiento de grano en g/maceta.

B. Efecto del Nitrógeno en la solución nutritiva sobre la absorción de P, K, Ca y Mg

Con la concentración de 256 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva, se obtuvo el mayor rendimiento de grano y correspondió a los valores de 3.90o/o de nitrógeno, 0.6o/o de fósforo, 3.92o/o de potasio, 0.68o/o de calcio y 0.14o/o de magnesio; analizado a los 35 días después de la siembra, cuyos valores concuerdan con los reportados por Schren, citado por Ward et al (28)

La relación entre el nitrógeno de la solución nutritiva y el fósforo absorbido por la planta, se presenta en la Figura 6, donde se puede apreciar la forma en que aumenta la concentración de fósforo en la planta a medida que se incrementa la disponibilidad de nitrógeno en la solución nutritiva. Esta relación es explicada por el modelo de regresión raíz cuadrada y los niveles se ajustan a los reportados por Ward et al (28)

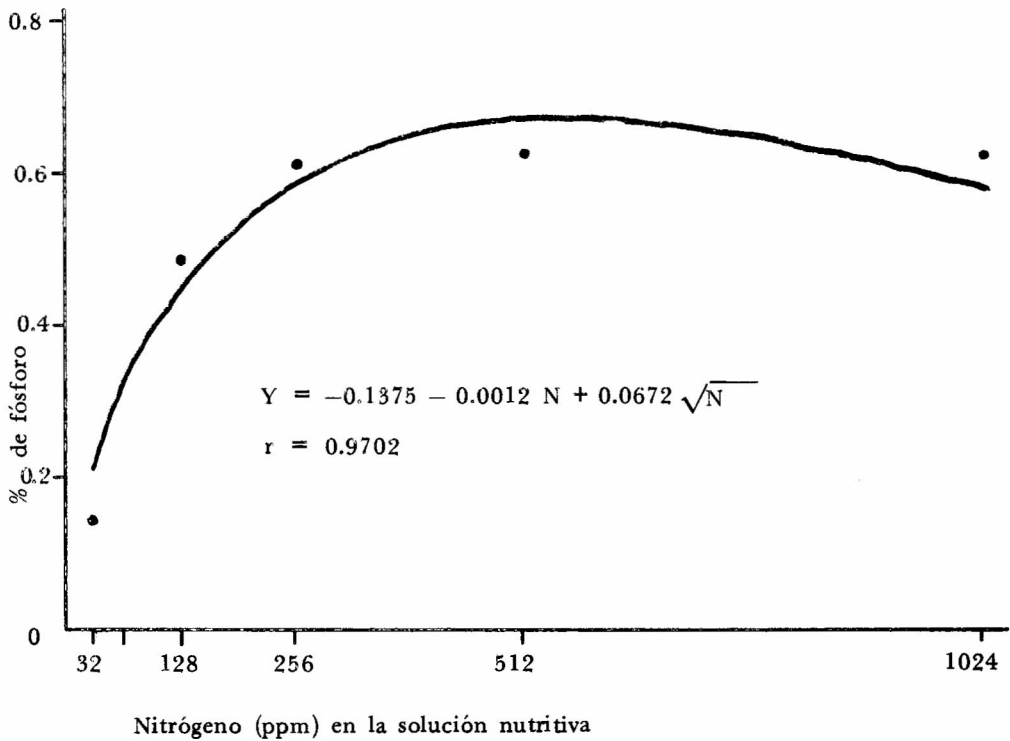


Figura 6. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva sobre la absorción de fósforo en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

En la Figura 7, se observa la relación entre los niveles de nitrógeno de la solución nutritiva y la concentración de potasio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra. El diagrama de dispersión indica que la concentración de potasio aumenta en relación directa al incremento del nitrógeno en la solución nutritiva hasta los 512 ppm, después de la cual la absorción de potasio decrece, lo que concuerda con lo reportado por Sumner (25).

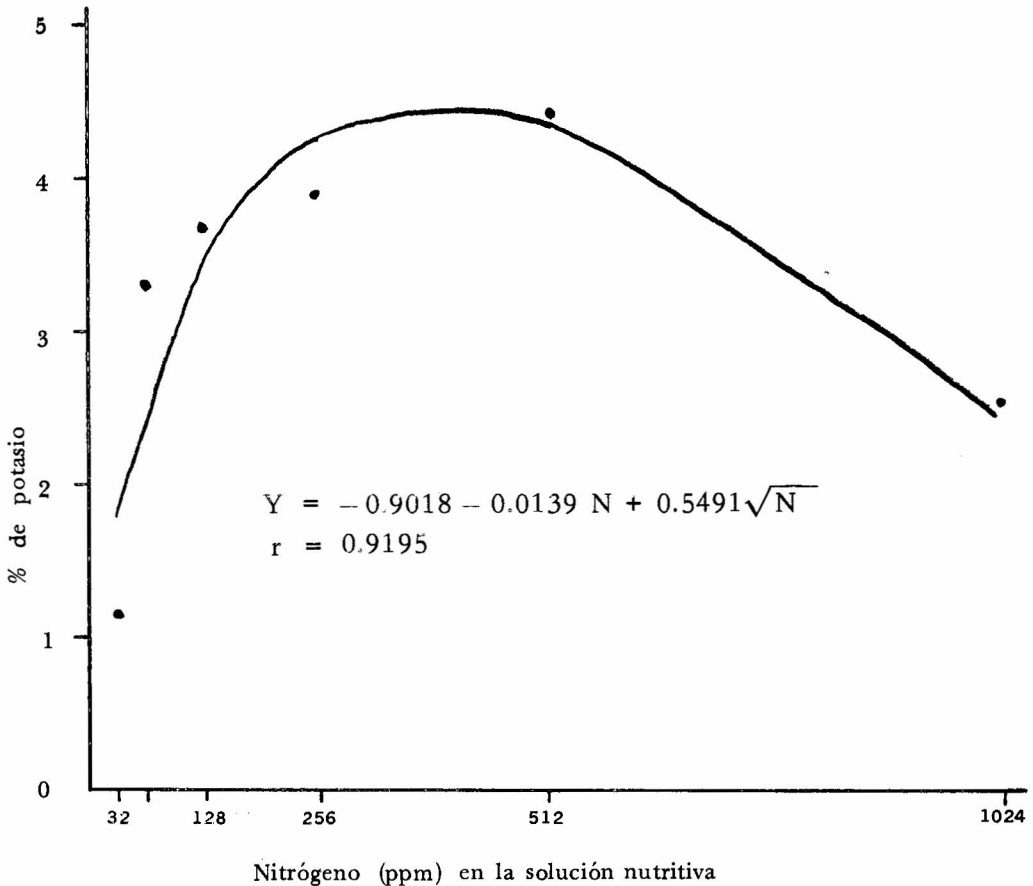


Figura 7. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de potasio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

En la Figura 8, se observa el efecto de la relación entre la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva y la concentración de calcio absorbido por la

planta de trigo a los 35 días después de la siembra. El diagrama muestra que la concentración de calcio presenta un aumento en relación directa a la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, los niveles de calcio varían entre deficientes (0.24o/o de Ca) y altos (1.20o/o de Ca), de acuerdo a la tabla de interpretación de análisis de planta para avena, cebada y trigo propuesta por Ward et al (28).

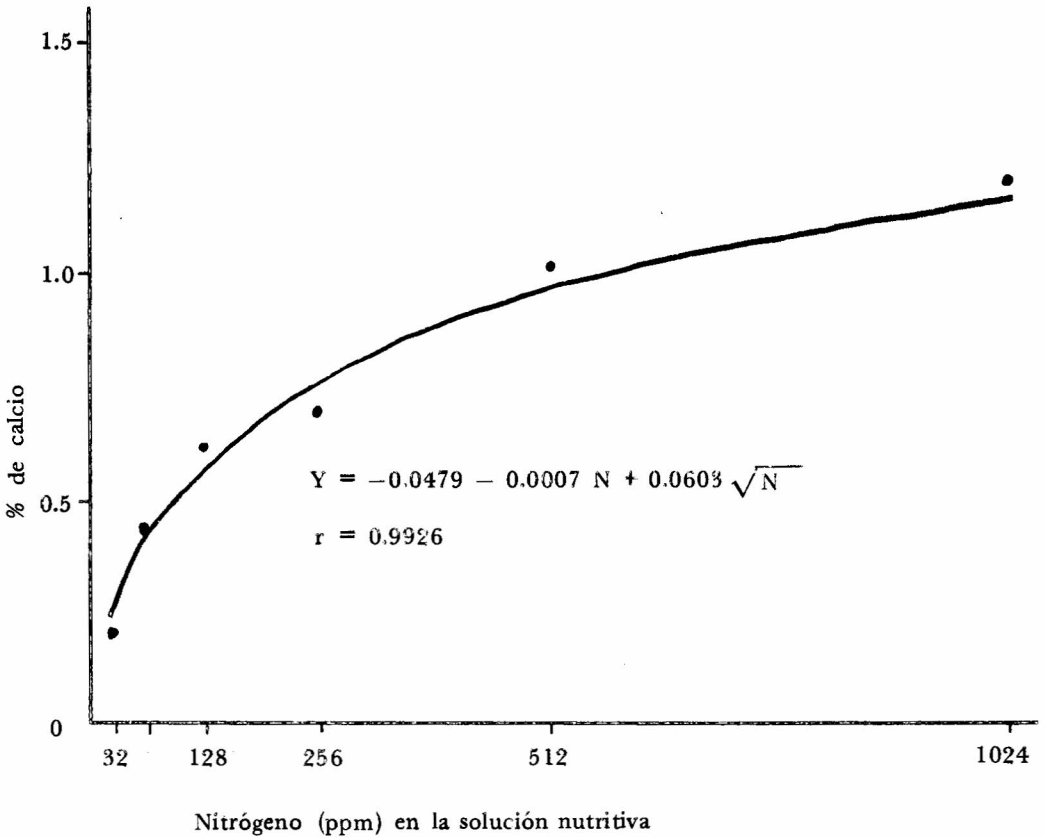


Figura 8. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de calcio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

En la Figura 9, se observa el efecto de la relación entre la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva y la concentración de magnesio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra. El modelo de regresión raíz cuadrada explica este fenómeno, que de acuerdo a Ward et al (28), estos niveles varían en los

diferentes tratamientos entre deficientes a suficientes.

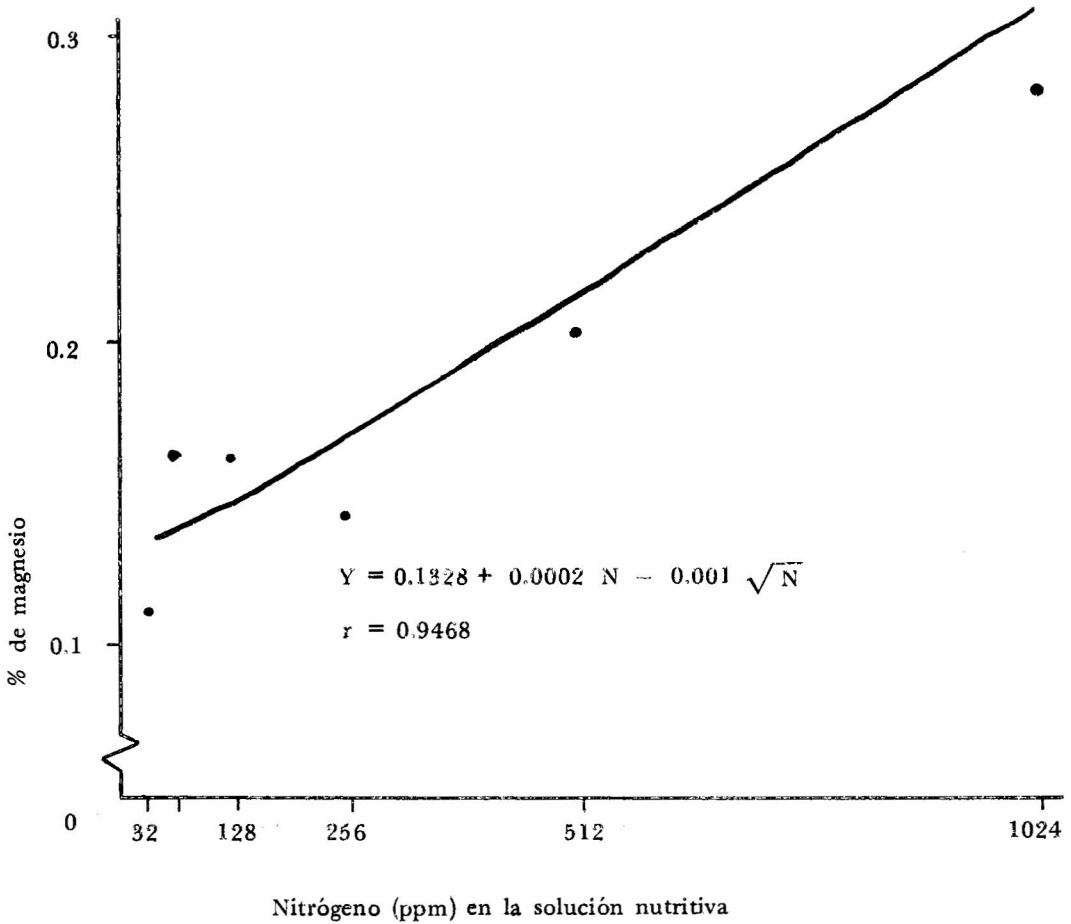


Figura 9. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de magnesio en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

C. Relaciones de Ca/Mg, (Ca +Mg)/K, K/P, K/Ca y K/Mg en las hojas de trigo

El efecto entre los niveles de nitrógeno de la solución nutritiva y la relación de los cationes Ca/Mg en hojas de trigo a los 35 días después de la siembra, se presenta en la Figura 10. El diagrama muestra que la concentración de Ca/Mg aumenta en relación directa con el incremento de nitrógeno en la solución nutritiva hasta el nivel

de 512 ppm de nitrógeno, arriba del cual, la absorción de la relación Ca/Mg comienza a decrecer.

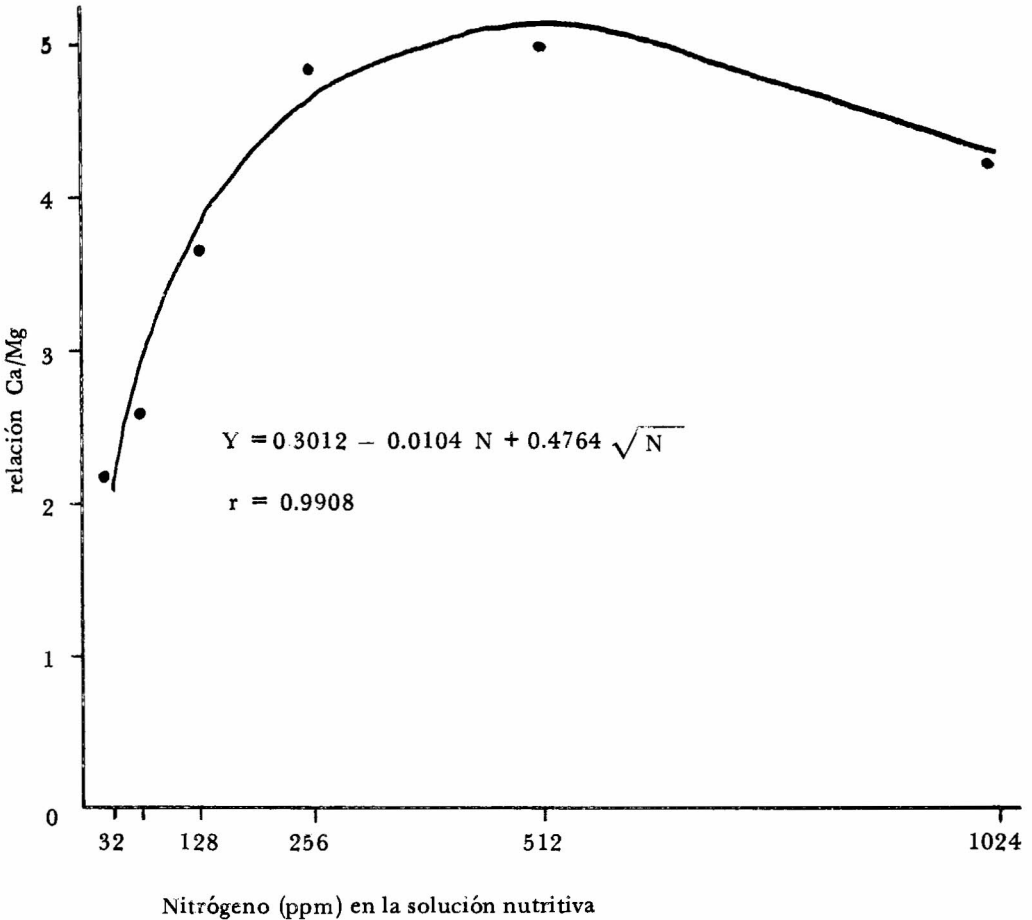


Figura 10. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación Ca/Mg en las hojas de trigo a los 35 días de la siembra.

La Figura 11, muestra el efecto de los niveles de nitrógeno de la solución nutritiva sobre la concentración de la relación de sales alcalinas (Ca + Mg)/K en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra. Se observa que en aplicaciones de 64, 128, 256 y 512 ppm de nitrógeno, la relación de sales (Ca + Mg)/K oscila entre 1:0.19 a 1:0.30 y están asociados con los mayores rendimientos en grano.

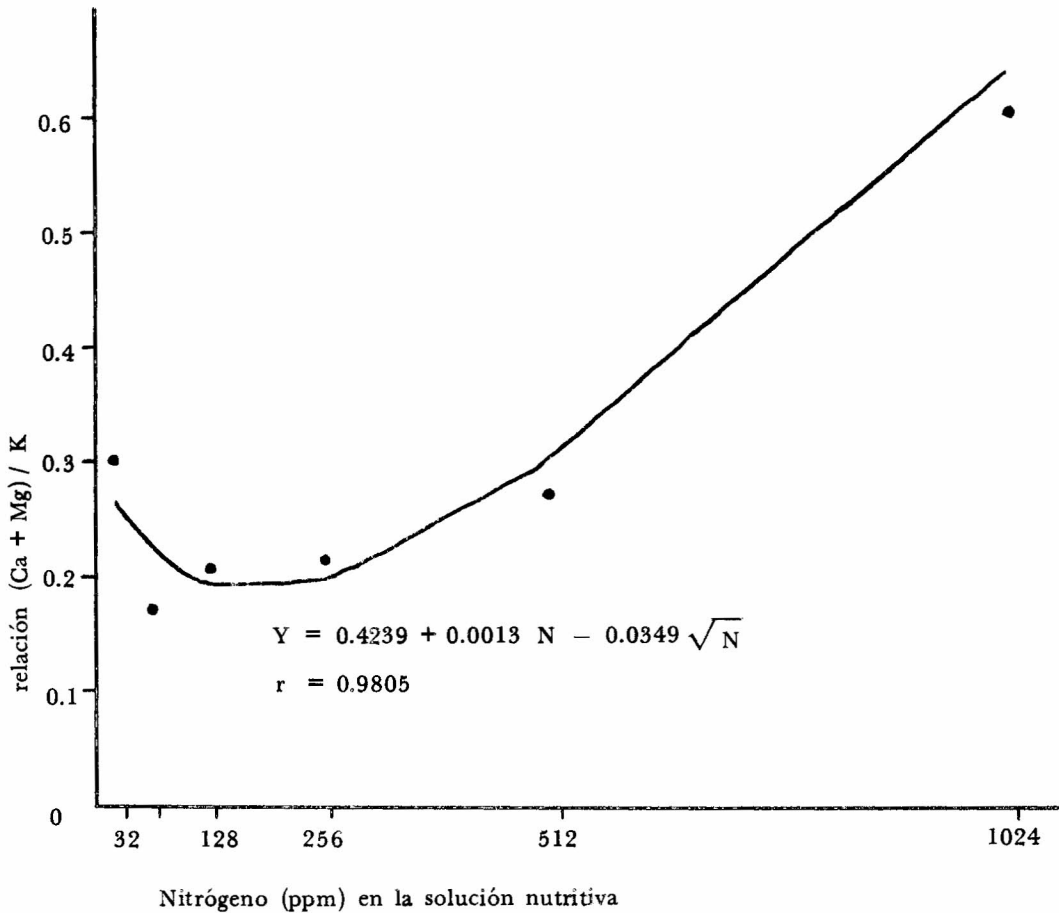


Figura 11. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación (Ca + Mg)/K en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

En la Figura 12, se presenta el efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/P, en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra. Se observa que a mayor concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, la relación K/P es menor.

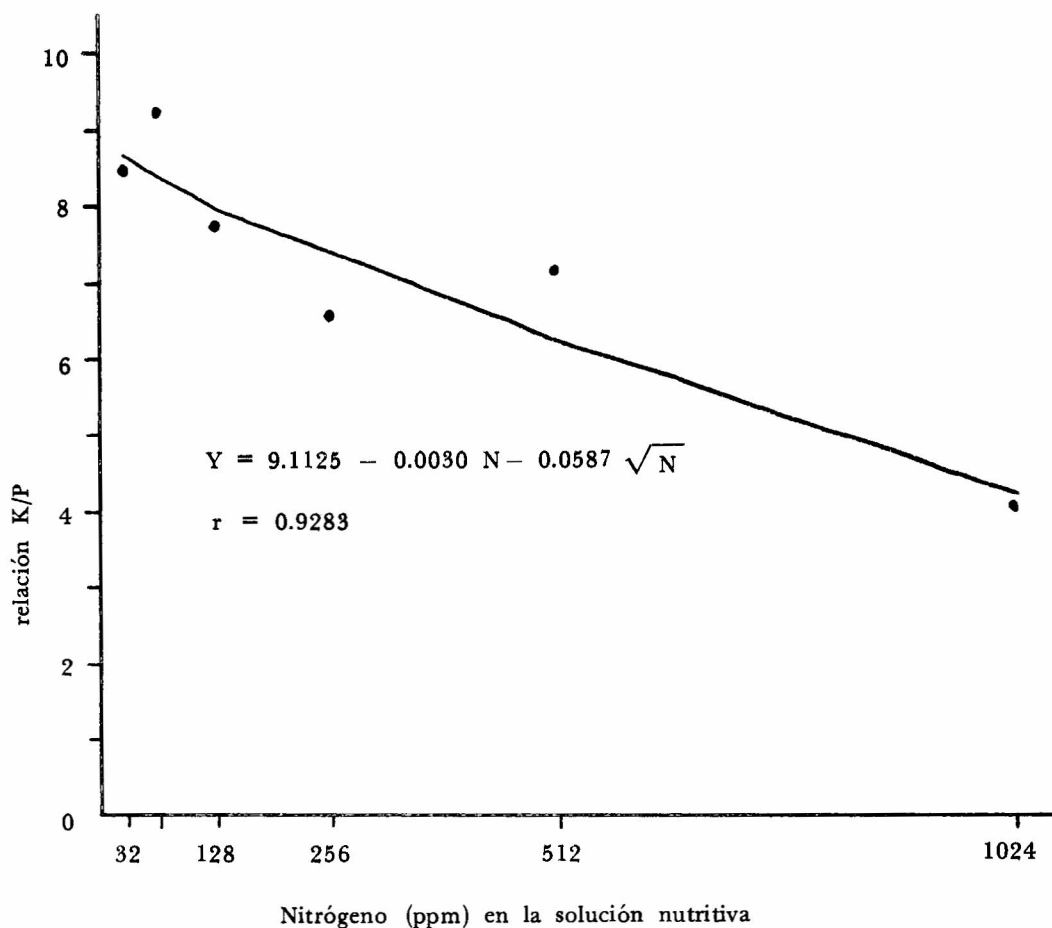


Figura 12. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/P en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

La Figura 13, muestra el efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva sobre la absorción de la relación K/Ca en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra. Se observa, que a un nivel de 128 ppm de nitrógeno, la relación K/Ca alcanza un valor de 1:6.28 y a menores o mayores concentraciones de nitrógeno el valor de la relación se reduce.

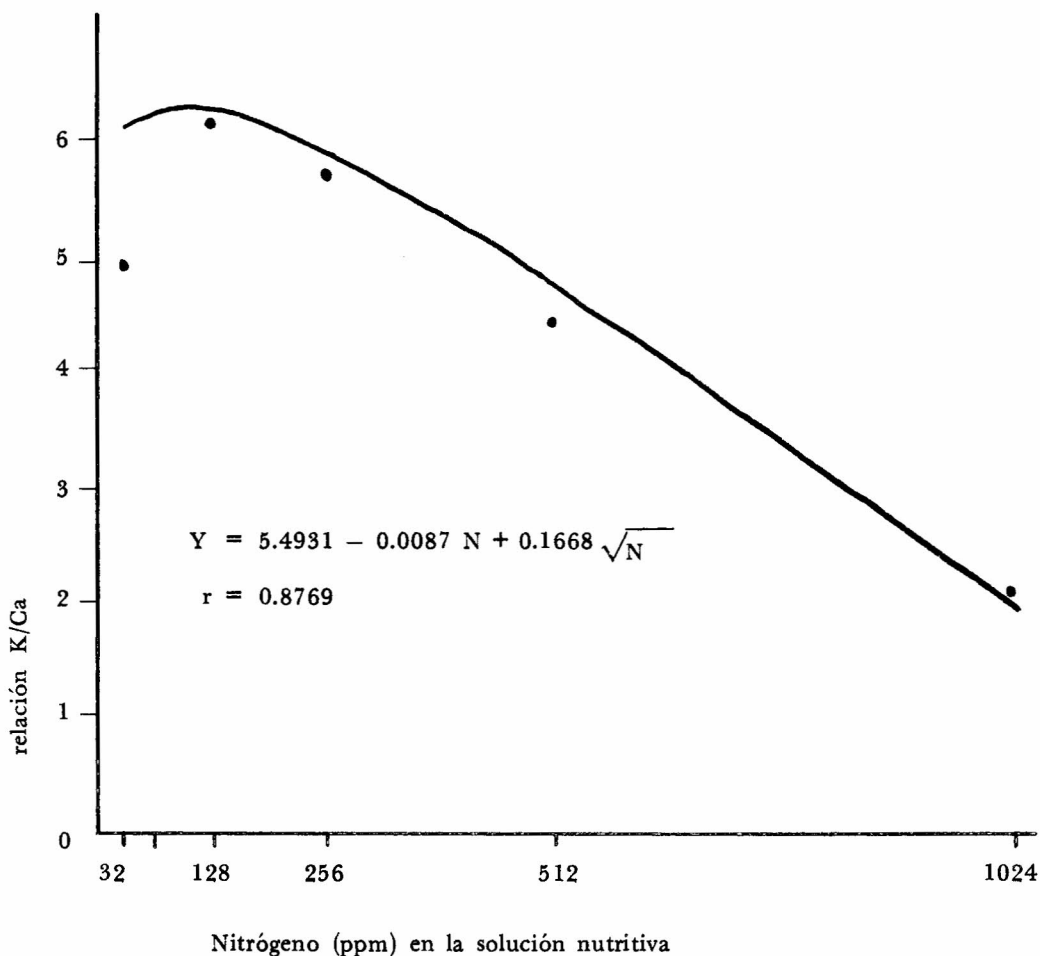


Figura 13. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/Ca en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

En la Figura 14, se presenta el efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/Mg en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra. Se observa que a un nivel de 320 ppm de nitrógeno se alcanzó un valor de 1:26.86 de la relación K/Mg y se reduce el valor de la relación a menores o mayores concentraciones de nitrógeno.

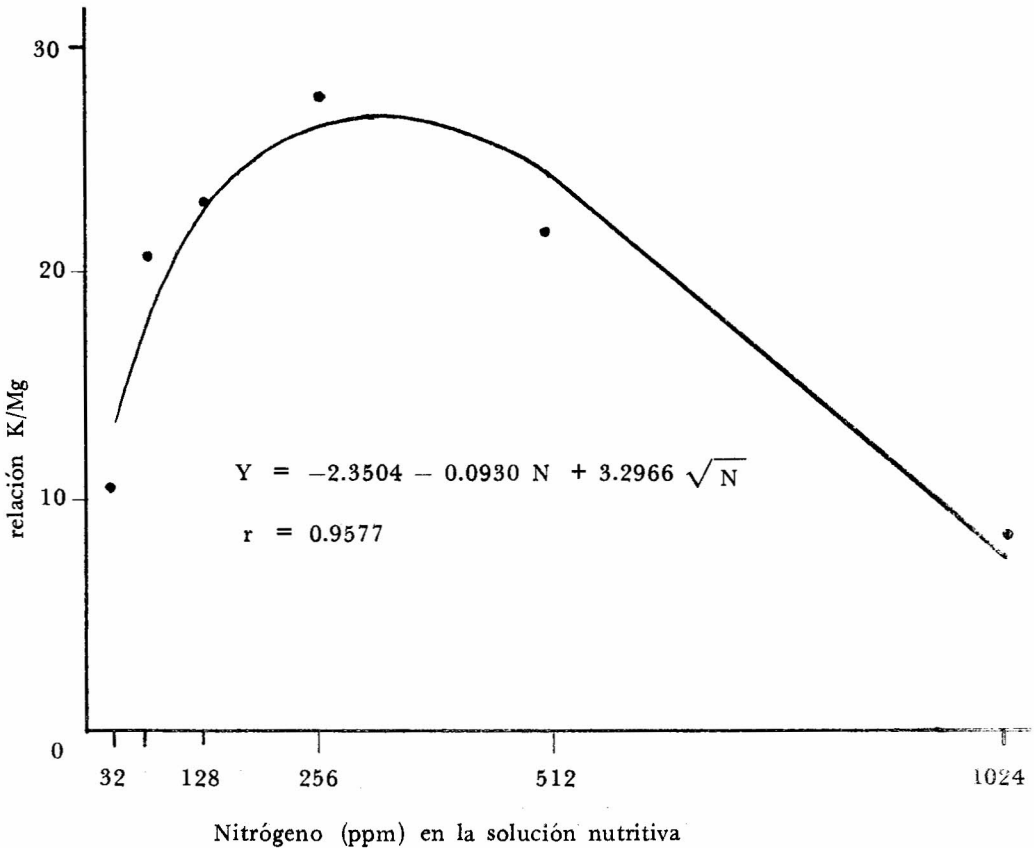


Figura 14. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, sobre la absorción de la relación K/Mg en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

D. Efectos del nitrógeno, sobre el crecimiento, desarrollo y maduración del trigo.

Para el crecimiento de la planta, en el Cuadro 10, se presentan los análisis de varianza para las alturas de planta, medidos con intervalo de 15 días.

Cuadro 10. Análisis de varianza para altura de planta en trigo medido a intervalos de 15 días.

días de Crecimiento	fuelle de variación	G.L.	cuadrado medio	Fc	coeficiente variación
15	tratamiento	10	105.14	43.37**	8.61o/o
	error	22	2.42		
	total	32			
30	tratamiento	10	339.73	260.72**	3.46o/o
	error	22	1.30		
	total	32			
45	tratamiento	10	602.33	233.85**	3.42
	error	22	2.57		
	total	32			
60	tratamiento	10	677.83	360.78**	2.72o/o
	error	22	1.88		
	total	32			

** Significancia al 1o/o de probabilidad

El análisis de varianza para las alturas muestra una diferencia entre tratamientos al 1o/o de significancia, y se observó que durante los primeros 15 días de crecimiento la planta de trigo, se ve afectada por concentraciones elevadas de nitrógeno, pues el crecimiento en altura es mayor a niveles altos de nitrógeno en la solución nutritiva, mientras a los 30 días de crecimiento se comienza a notar el efecto de toxicidad en los tratamientos con 512 y 1024 ppm, y a los 45 días en adelante la toxicidad por efecto del nitrógeno es visible incluso a nivel de 256 ppm; la comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey se presenta en el Apéndice 1.

El amacollamiento y la longitud de espiga fueron variables medidas para

evaluar el efecto del nitrógeno sobre el desarrollo del trigo, en el cuadro 11, se presenta el análisis de varianza.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el amacollamiento y longitud de espiga.

variable	fuelle de variación	G.L	cuadrado medio	Fc	coeficiente variación
amacollamiento	tratamiento	10	55.15	237.63**	13.99o/o
	error	22	0.023		
	total	32			
longitud de espiga	tratamiento	10	21.79	180.93**	7.13o/o
	error	22	0.12		
	total	32			

** Significancia al 1o/o de probabilidad

En el apéndice 2, se presenta la comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey, donde se muestra que el amacollamiento es afectado por la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, el tratamiento de 1024 ppm, alcanzó un promedio de 3.67 brotes por planta, y a concentraciones de 0 a 8 ppm, no se desarrollaron brotes.

Así también, la longitud de espiga presenta mayor desarrollo a niveles altos de nitrógeno en la solución nutritiva hasta el límite de 512 ppm, arriba del cual el desarrollo de la espiga es menor en longitud y además se observan vanas.

El efecto del nitrógeno en la solución nutritiva sobre la maduración del trigo se evaluó a través de los días a floración y días a cosecha, en el Cuadro 12, se presenta el análisis de varianza para estas variables.

Cuadro 12. Análisis de varianza para las variables, días a floración y días a cosecha.

variable	fuelle de variación	G.L	cuadrado medio	Fc	coeficiente variación
días a floración	tratamiento	10	16.27	8.26**	2.91o/o
	error	22	1.97		
	total	32			
días a cosecha	tratamiento	10	105.45	695.99**	0.41o/o
	error	22			
	total	32			

** Significancia al 1o/o de probabilidad

La comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey se presenta en el apéndice 3, donde se muestra que los tratamientos a niveles de 256, 512, 1024 al igual que 0, 2 y 4 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva, presentaron floración tardía; y para los días a cosecha concentraciones de 256, 512 y 1024 ppm, se conservaron tardíos con respecto a los niveles de 0, 2 y 4 ppm, que redujeron los días a cosecha.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

1. Las diferentes concentraciones del porcentaje de nitrógeno en hojas de trigo a los 35 días después de la siembra, hacen variar el rendimiento expresado en porcentaje de grano; así también los niveles de nitrógeno en la solución nutritiva afectan la absorción de fósforo, potasio, calcio y magnesio, por lo que se aceptan las hipótesis planteadas.

El rango de concentración crítica de nitrógeno varía de 3.12 a 3.65o/o, y el nivel de concentración crítica es de 3.37o/o, en las hojas de trigo a los 35 días después de la siembra.

2. La concentración de nitrógeno en la solución nutritiva afecta la absorción de P, K, Ca y Mg en la forma siguiente:

El porcentaje de fósforo, calcio y magnesio en hojas de trigo a los 35 días después de la siembra, se incrementa en forma directa al aumentar la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva. Y el porcentaje de potasio se eleva dentro de la planta, y luego el exceso de nitrógeno limita su absorción.

3. Los niveles de absorción de las relaciones Ca/Mg, (Ca+ Mg)/K, K/P, K/Ca y K/Mg son afectados por la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva.
4. El efecto del nitrógeno sobre el crecimiento, desarrollo y maduración del trigo se observó de la siguiente manera:

Concentraciones arriba de 256 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva afectan el crecimiento normal en las plantas de trigo, favorecen la formación de brotes, se alargan los días a floración, días a cosecha y se da la formación de espigas vanas.

B. Recomendación

Se recomienda para trabajos de fertilización utilizar el valor del rango de concentración crítica de nitrógeno, comprendido entre 3.12 a 3.65o/o, evaluado a los 35 días después de la siembra.

VIII BIBLIOGRAFIA

1. ALDRICH, S. R. Plant analysis: problems and opportunities. In Walsh, L. M. y Beaton, J. D. eds. Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1973. pp. 213-221.
2. -----Nitrogen, in relation to food, environment, and energy. Illinois, University of Illinois, 1980. pp. 89-91
3. BARCELLO COLL, J. et al. Fisiología vegetal. Madrid, Pirámire, 1980. 750 p.
4. BLACK, C. A. Relaciones suelo-planta. Trad. por Armando Rabuffetti. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. v. 2. pp. 574-581.
5. 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.
6. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. C. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. de R. Solard Barceló. Barcelona, UTEHA, 1966. pp. 426-427.
7. COCHRAN, W. G. y COX, G. M. Diseños experimentales. México, Trillas, 1981. 661 p.
8. DEVLIN, R. M. Fisiología vegetal. Trad. por Xavier Llinosa pagés. 3 ed. Barcelona, Omega, 1980. 517 p.
9. DIAZ, 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.
10. DOW, A. I. and ROBERTS, S. Critical nutrient ranges for crop diagnosis. Agronomy Journal 74(2): 401-403. 1982.
11. ESTRADA AJA, M. R. Determinación de dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de población en el cultivo del trigo (***Tricum vulgare***) variedad Balanyá-80 en el departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981.- 40 p.

12. FREAR, D. E. H. Tratado de química agrícola. Trad. por Adolfo Roncaño. Barcelona, Salvat, 1956. v. 2. pp. 207-209.
13. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. Anuario estadístico. Guatemala, 1980. p. 71.
14. ----- INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. En Chimaltenango siembre trigo en la segunda quincena de agosto. Folleto Técnico 13. 1981. 13 p.
15. GUTIERREZ LOARCA, C. E. Efecto del nitrógeno, magnesio y azufre en la fertilización del trigo (*Triticum aestivum* L./en Thell) en suelos serie Ostuncalco, Quezaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 37 p.
16. HARBORNE, J. B. Phytochemical Methods. London, Chapman and Hall, 1973. pp. 166-167.
17. HOWELER, R. H. Análisis foliar de algunos cultivos tropicales. Cali, Colombia, CIAT, 1974. 22 p.
18. MAGNITSKI, K. P. The diagnosis of mineral nutrition of plants according to chemical composition of leaves. In Reuther W. ed. Plant analysis and fertilizer problems. Washington, Baltimore, Press, 1961. pp. 159-179.
19. MUNSON, R. D. and NELSON, W. L. Principles and practices in plant analysis. In Walsh, L. M. y Beaton, J. D. eds. Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1973. pp. 223-248.
20. ORTIZ DARDON, H. R. Evaluación de la respuesta del trigo (*triticum aestivum* L./nm Thell), a la fertilización nitrogenada usando dos fuentes, tres niveles y trece formas de aplicación. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. 32 p.
21. REYES CHAVEZ, L. M. El análisis de regresión y sus métodos de cómputo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 149 p.

22. SANCHEZ, P. A. Suelos del trópico. Trad. por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA, 1981. pp. 328-333.
23. SALISBURY, F. B. and ROSS, C. W. Plant physiology. 2nd ed. Belmont, California, Wadsworth Publishing, 1978. pp. 79-92.
24. SCHARRER, K. Química agrícola. Trad. por María Teresa Toral. México, UTEHA, 1960. v. 1. pp. 18-19
25. SUMNER, M. E. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. Commun. in Soil Science and plant Analysis 8(3): 251-268. 1977.
26. ----- Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. Agronomy Journal 71(2): 343-348. 1979.
27. ULRICH, A. Plant analysis in sugar beet nutrition. In Rether, W. ed. Plant analysis and fertilizer problems. Washington, Baltimore Press, 1961. pp. 190-211.
28. WARD, R. D., WHITNEY, D. A. and WESTFALL, D. G. Plant analysis as an aid in fertilizing small grains. In Walsh, L. M. and Beaton, J. D. Eds. Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1973. pp. 329-348.



Alfonso Ramírez

IX. A P E N D I C E

Apéndice 1. Comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey, para alturas de plantas de trigo.

días de crecimiento							
15		30		45		60	
trat.	Tukey	trat.	Tukey	trat.	Tukey	trat.	Tukey
11		9		8		8	
10		10		9		9	
9		11		10		10	
8		8		7		7	
7		7		6		6	
6		6		11		11	
5		5		5		5	
4		4		4		4	
3		3		3		3	
2		2		2		2	
1		1		1		1	
DHS	0.05	4.55	3.33			4.69	4.00

Tratamientos unidos con la misma línea son iguales al 50/o de significancia.

Apéndice 2. Comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey, para amacollamiento y longitud de espiga.

amacollamiento			longitud de espiga (cm)		
trat.	media	Tukey	trat.	media	Tukey
11	3.67		10	8.96	
10	3.13		11	8.72	
9	2.20		9	7.54	
8	1.51		8	6.68	
7	0.82		7	5.28	
6	0.45		6	4.05	
5	0.18		5	3.21	
4	0.00		4	2.71	
3	0.00		3	2.47	
2	0.00		2	2.17	
1	0.00		1	1.81	
	DHS _{0.05} = 0.45			DHS _{0.05} = 1.01	

Tratamientos unidos con la misma línea son iguales al 50/o de significancia.

Apéndice 3. Comparación múltiple de medias por el estadístico de Tukey, para los días a floración y días a cosecha.

días a floración			días a cosecha		
trat.	media	Tukey	trat.	mediá	Tukey
10	51.67		10	108.00	
11	51.00		9	102.67	
2	50.00		11	100.00	
1	49.67		8	94.00	
3	49.00		7	93.67	
9	48.33		6	91.00	
4	47.33		5	91.00	
5	46.67		4	91.00	
6	46.67		3	91.00	
8	46.67		2	91.00	
7	43.00		1	91.00	
	DHS _{0.05} = 4.10			DHS _{0.05} = 1.14	

Tratamientos unidos con la misma linea son iguales al 5o/o de significancia.

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 S.
D E C A N O