

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

*RELACION ENTRE ANALISIS DE SUELO, ANALISIS DE PLANTA
Y RENDIMIENTO EN GRANO DEL CULTIVO DE SOYA (Glycine max L.)*

TESIS

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

POR

DELIO EDVIN GARCIA ARGUETA

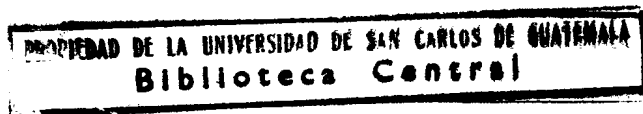
En el acto de su investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA,
AGOSTO DE 1986



DL
01
-(2+2)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	<i>Ing. Agr. César A. Castañeda S.</i>
VOCAL I	<i>Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.</i>
VOCAL II	<i>Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.</i>
VOCAL III	<i>Ing. Agr. Mario F. Melgar M.</i>
VOCAL IV	<i>P.A. Luis Molina Monterroso</i>
VOCAL V	<i>P.A. Axel Gómez Chavarry</i>
SECRETARIO	<i>Ing. Agr. Luis A. Castañeda A.</i>

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	<i>Ing. Agr. Cesar A. Castañeda S.</i>
EXAMINADOR	<i>Ing. Agr. Carlos Echeverría</i>
EXAMINADOR	<i>Ing. Agr. Gustavo A. Méndez</i>
EXAMINADOR	<i>Ing. Agr. Joaquín Castro Ordóñez</i>
SECRETARIO	<i>Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez Palma</i>



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

27 de agosto de 1986

Ingeniero Agrónomo
César Castañeda
Decano Fac. Agronomía

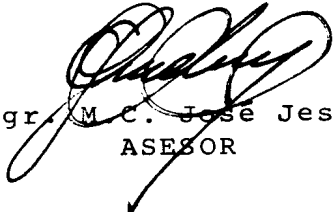
Señor Decano:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de tesis del estudiante Delio - Edvin García Argueta, con número de carnet 78-01448, - titulado "RELACION ENTRE ANALISIS DE SUELO, ANALISIS DE PLANTA Y RENDIMIENTO EN GRANO DEL CULTIVO DE SOYA (Glycine max L.), el cual según mi criterio reúne las características y condiciones necesarias para ser autorizado como tal, tomando en cuenta que es un aporte valioso para el cultivo de la soya.

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

Cordialmente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr.  M.C. José Jesús Chonay
ASESOR

cc. archivo

JJCh/nlzm

Guatemala, 25 de agosto de 1986.

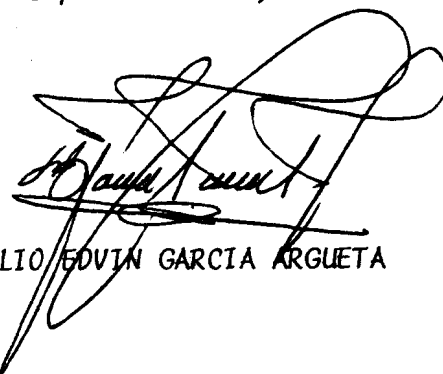
Señores
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores:

De conformidad con lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado "RELACION ENTRE ANALISIS DE SUELO ANALISIS DE PLANTA Y RENDIMIENTO EN GRANO DEL CULTIVO DE SOYA (Glycine max L.).

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, confío merezca vuestra aprobación.

Respetuosamente,



DELIO EDWIN GARCIA ARGUETA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES:

*Delio García (Q.E.P.D.)
Florinda Argueta vda. de García*

A MI ABUELITA

Bruna Castillo

A MIS HERMANOS

*Dora Marleny, Maira Surama,
Aura Lily*

A MIS SOBRINOS Y PRIMOS

A MIS TIOS

*Especialmente a
Forencio García, Adelivia Argueta
Olimpia de Mendoza*

A

Ana Patricia Alfaro Cisneros

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION

*Especialmente a
Belén Castillo, Padre Andrés Girón,
Fredy, Romeo, Jorge, Darío, Carlos,
Raquel, Gerardo, Otoniel, Eddy, Juan,
Hernan, Héctor, Eduardo.*

TESIS QUE DEDICO

A GUATEMALA

A CUILCO-HUEHUETENANGO

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A EL CAMPESINO GUATEMALTECO

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre, por su apoyo en este triunfo, que sea para ella el mejor reconocimiento a su esfuerzo.

A mis asesores, Ings. Agrs. José Jesús Chonay y Danilo Dardón, por la acertada dirección técnica y revisión del presente trabajo.

Al Ing. Agr. Salvador Castillo por su Colaboración en la realización del presente trabajo.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, en especial al personal de la estación experimental de San Jerónimo, Baja Verapaz, al Laboratorio de Suelos, al departamento de procesamiento de datos, y al centro de Documentación.

A la Dirección Técnica de Pesca y Acuicultura

A todas las personas que de una u otra manera ayudaron a la realización de este trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
A. Antecedentes	4
B. Analisis de planta	4
C. Analisis de la planta de soya	10
V. MATERIALES Y METODOS	14
A. Descripción del área experimental	14
B. Material experimental	17
C. Niveles de los nutrientes evaluados	17
D. Variables evaluadas	19
E. Analisis foliar	19
F. Metodología experimental	20
G. Analisis de datos	20
H. Manejo del experimento	21
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	
A. Concentración de macronutrientes en plántulas de soya en la cuarta semana del estado vegetativo.	23
1. Efecto de niveles de N,K,S aplicados al suelo sobre la concentración de N,P,K,Ca,Mg,S, en plántulas de soya en la cuarta semana del estado vegetativo.	23
2. Correlación entre analisis de suelo y análisis de planta en la cuarta semana del estado vegetativo	30
B. Concentración de macronutrientes en plántulas de soya al inicio de la floración.	31
1. Efecto de niveles de N,K,S aplicados al suelo sobre la concentración de N,P,K,Ca,Mg,S, en plantas de soya al inicio de la floración.	31

INDICE DE CONTENIDO

	Página
2. <i>Correlación entre análisis de suelo y análisis de planta al inicio de la floración.</i>	38
C. <i>Características agronómicas de la planta de soya y rendimiento de grano a la madurez fisiológica.</i>	39
VII. CONCLUSIONES	44
VIII. RECOMENDACIONES	45
IX. BIBLIOGRAFIA	46
X. ANEXOS	49

INDICE DE CUADROS

	Página
1 <i>Escala de suficiencia para hojas desarrolladas de soya muestreadas al inicio de la floración.</i>	11
2 <i>Composición de hojas de soya en campos de Gerogia, 1970</i>	12
3 <i>Temperatura, precipitación y humedad relativa registradas en el municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz, durante el ciclo del cultivo</i>	14
4 <i>Características físicas y químicas del suelo en el área experimental</i>	16
5 <i>Disponibilidad de nutrientes del suelo en el área experimental</i>	17
6 <i>Niveles nutrientes evaluados</i>	18
7 <i>Métodos de analisis químico foliar</i>	19
8 <i>Coeficientes de correlación con niveles de significancia entre el contenido de N,P,K,Ca,Mg,pH del suelo y la concentración de N,P,K,Ca,Mg,S, y el rendimiento del cultivo de soya en la cuarta semana del estado vegetativo</i>	30
9 <i>Coeficientes de correlación con niveles de significancia entre el contenido de P,K,Ca,Mg,pH del suelo y concentración de N,P,K,Ca,Mg,S, al inicio de la floración y el rendimiento del cultivo de soya.</i>	38
10 <i>Altura de planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta, peso de 100 semillas y rendimiento en kg/ha, de la planta de soya.</i>	39

INDICE DE CUADROS

	Página
11 <i>Efecto de los niveles de N-K-S sobre la altura de planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta y rendimiento en kg/ha. de la planta de soya.</i>	40

INDICE DE FIGURAS

	Página
1 <i>Definiciones de nivel critico de nutrientes en la planta.</i>	8
2 <i>Relación entre el contenido de nutrientes en planta y la producción.</i>	9
3 <i>Efectos de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de nitrógeno en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.</i>	24
4 <i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de fósforo en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.</i>	25
5 <i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de potasio en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.</i>	26
6 <i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de calcio en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo</i>	27
7 <i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de magnesio en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.</i>	28
8 <i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de azufre en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.</i>	29
9 <i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de nitrógeno en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.</i>	32

INDICE DE FIGURAS

		Página
10	<i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de fósforo en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.</i>	33
11	<i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de potasio en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.</i>	34
12.	<i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de calcio en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.</i>	35
13	<i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de magnesio en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.</i>	36
14	<i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de azufre en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.</i>	37
15	<i>Efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre el rendimiento en grano del cultivo de soya.</i>	42

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la relación entre análisis de suelo, análisis de tejido foliar y rendimiento en grano, para efectuar recomendaciones de fertilización de N-P-K-S para el cultivo de soya y se planteó como hipótesis que los niveles de N-P-K-S aplicados al suelo influyen en la altura de plántula y de la primera vaina, número de vainas y de granos por plántula, concentración de macronutrientes en el tejido y rendimiento en grano de soya.

La investigación se realizó en la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, ubicada en el municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz y para darle respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones y el arreglo de tratamientos un factorial con 3 niveles de nitrógeno, 3 niveles de potasio y 2 niveles de azufre, la unidad experimental consistió en un área neta de 6 metros cuadrados.

Las variables de respuesta evaluadas son, concentración de macronutrientes en plántula y suelo a la cuarta semana del estado vegetativo y al inicio de la floración, características agronómicas de la planta y rendimiento en grano por parcela a la madurez fisiológica.

Los resultados indican que el suelo de la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de San Jerónimo, Baja Verapaz, suministra los nutrientes necesarios para el cultivo de soya.

El análisis de varianza de rendimiento grano no es significativo por efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo y el mayor rendimiento se obtiene con la aplicación de 60 kg de N/ha, 0 kg de K/ha y 60 kg de S/ha.

Por los resultados obtenidos del análisis de tejido al inicio de la floración al compararlos con la escala de suficiencia de la universidad de Ohio se concluye que hay suficiencia de los nutrientes P,K,Ca,Mg e insuficiencia de N y S.

I. INTRODUCCION

Las plantas necesitan de los nutrientes esenciales para el normal desenvolvimiento de las funciones que en ella tienen lugar y de las cuales depende la producción.

Los requerimientos de elementos nutritivos para la planta depende de las necesidades de nutrientes del cultivo y la disponibilidad de estos en el suelo. Cuando el sustrato no proporciona las cantidades de elementos para el desarrollo normal de las plantas, es necesario que sean suministrados. Lo anterior, implica el uso de técnicas de diagnóstico para la identificación de los síntomas de deficiencia.

El análisis de suelo y tejido son una ayuda para determinar el momento en que es necesario fertilizar. Ambos se complementan para el diagnóstico y corrección de deficiencias nutricionales.

La adición de fertilizantes al suelo y su efecto en la concentración de nutrientes en la hoja y en la producción, acumulan datos que muestran relaciones significativas entre el contenido de nutrientes en el suelo, en el tejido y su efecto en la producción.

La soya (Glycine max L), se estudia por ser materia prima para la obtención de aceite, productos útiles a la industria y alimentación humana y animal.

La composición química de la semilla reporta un 40o/o de proteína y 20 o/o de grasa.

En Guatemala, la soya se adapta a distintos climas y la mayor producción es en la costa sur, con rendimientos de 3,500 kg/ha.

El trabajo se realizó en la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de San Jerónimo, Baja Verapaz, que por su posición geográfica presenta condiciones climáticas para un buen desarrollo del cultivo de soya.

El objetivo del trabajo es determinar la correlación que existe entre la fertilización al suelo con N-K-S, su acumulación en la planta y rendimiento grano, para efectuar recomendaciones de fertilización.

II. OBJETIVOS

1. *Relacionar el analisis de suelo, el análisis de plántulas y el rendimiento en grano como base para recomendación de fertilizantes.*
2. *Evaluar el efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo en altura de la planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta, concentración de macronutrientes en el tejido y rendimiento en grano del cultivo de soya.*

III. HIPOTESIS

1. *La concentración de nutrientes en la planta sí correlaciona con los nutrimentos del suelo y el rendimiento en grano.*
2. *Los niveles de N-K-S aplicados al suelo influyen en el incremento de altura de la planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta, macronutrientes en el tejido y rendimiento en grano del cultivo de soya.*

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. Antecedentes.

El análisis de tejido se inició hace más de cien años con el propósito de definir las causas de anomalías en el crecimiento de las plantas. En la actualidad se emplea para el diagnóstico de deficiencias, toxicidad y como una guía en la fertilización.

Love, citado por Sandoval (18), menciona que el objetivo de las investigaciones mediante el diagnóstico de tejidos, es obtener correlación entre el rendimiento y la concentración de nutrientes en la hoja para determinar niveles críticos y zonas de deficiencia.

Dulac, citado por Sandoval (18), reportó que en estudios de la plántula de maíz por la técnica de análisis de tejido hay un alto grado de correlación entre el análisis de tejido, los fertilizantes aplicados y la producción.

Quirce, citado por Corriols (6), concluyó que el fósforo es uno de los elementos que más eleva la productividad del frijol, encontró una correlación significativa entre la producción y la concentración de nitrógeno total presente en el follaje. El mismo autor reportó que la interacción fósforo, potasio y calcio aplicados al suelo aumentan el contenido de nitrógeno foliar y menciona una correlación negativa entre la producción del frijol y el nitrógeno del suelo.

Jenne et al, citado por Jones (14), en estudios sobre el cambio de la concentración de nutrientes conforme la edad del cultivo de maíz, concluyen que el nitrógeno y potasio decrecen a medida que madura la planta, el fósforo se mantiene estable y el calcio y magnesio aumentan.

B. Análisis de la Planta.

El análisis de planta se basa en la premisa de que la cantidad de un elemento en la planta es un índice del suministro del nutriente y se relaciona directamente con la cantidad del mismo disponible en el suelo. Así mismo, ayuda a estudiar la relación entre el estado de nutrición de la planta y el rendimiento de la cosecha.

1 *Epoca de muestreo.*

La obtención de muestras para análisis de plantas de soya es cuando ésta empieza a florecer. Durante este período, la utilización de los nutrientes es máxima y niveles bajos de nutrientes son detectados con facilidad. (10)

Bowen (2), concluye que no hay un acuerdo sobre la hora adecuada para recolectar muestras, indica muestrear tres horas después de la salida del sol debido a que la concentración de nitrógeno y potasio fluctúa con la humedad de los tejidos. Cuando se muestrea por la tarde, la humedad es baja en los tejidos, mientras que si se toman muestras temprano en la mañana, el contenido de humedad es alto y se comete un error en la interpretación de la curva de calibración.

2 *Parte de la planta a muestrear.*

Es esencial analizar la parte de la planta que dará la mejor indicación sobre el estado de nutrición

Howeler (12), indica que debido a que las concentraciones de nutrientes varían en las diferentes partes de la planta y cambian de acuerdo a su estado de crecimiento, es importante utilizar métodos uniformes de muestreo. Además, para hacer comparaciones con datos que se obtienen al revisar la literatura, es necesario tomar muestras de las mismas partes de la planta y en la misma etapa de crecimiento.

Menciona que las muestras más representativas son las hojas nuevas que han completado su desarrollo normal en la parte superior de la planta. Se descartan hojas dañadas por insectos, enfermedades, herbicidas, etc.

Viets et al, citados por Sandoval (18), indican que en maíz se debe seleccionar la segunda hoja debajo de la espiga y al inicio de la floración para el análisis del nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

En general, la hoja más aceptada para muestreo es la recién llegada a la madurez, por considerar que en ella la actividad fisiológica es más alta.

3 *Tamaño de la muestra.*

Jackson (13), afirma que la cantidad de la muestra de tejido vegetal necesaria para los análisis queda determinada por la finura de la molienda, la concentración del elemento en la planta y la sensibilidad del método analítico. Por lo general, la cantidad que se usa es de 0.5 gramos.

Cuando el método empleado lo permita, se utiliza una sola muestra y se evita preparar una muestra independiente para cada nutriente.

4 *Interpretación de datos.*

La interpretación de los resultados obtenidos en el análisis de planta es la parte más compleja debido a los múltiples factores que intervienen en la concentración de nutrientes en la hoja. (10)

Para el diagnóstico se debe conocer la fisiología, rendimiento y vigor de la planta, el balance de los demás nutrientes, las características físicas y químicas del suelo y las condiciones climáticas. En general, lecturas de concentraciones bajas o medias para el nitrógeno, fósforo y potasio a los 30 días de crecimiento, indican que una planta producirá menos que el valor óptimo, y lecturas de contenido adecuado de nutrientes, al inicio de la floración significa que la planta tendrá buena producción.

Según Dow y Roberts, citados por Medina (15), existen cuatro criterios para la interpretación del análisis de planta, los cuales son: nivel crítico, rango crítico, valor standard y el sistema integrado de diagnosis y recomendación.

El más usado es el nivel critico normal y rango crítico, pero no consideran las interacciones entre los nutrientes.

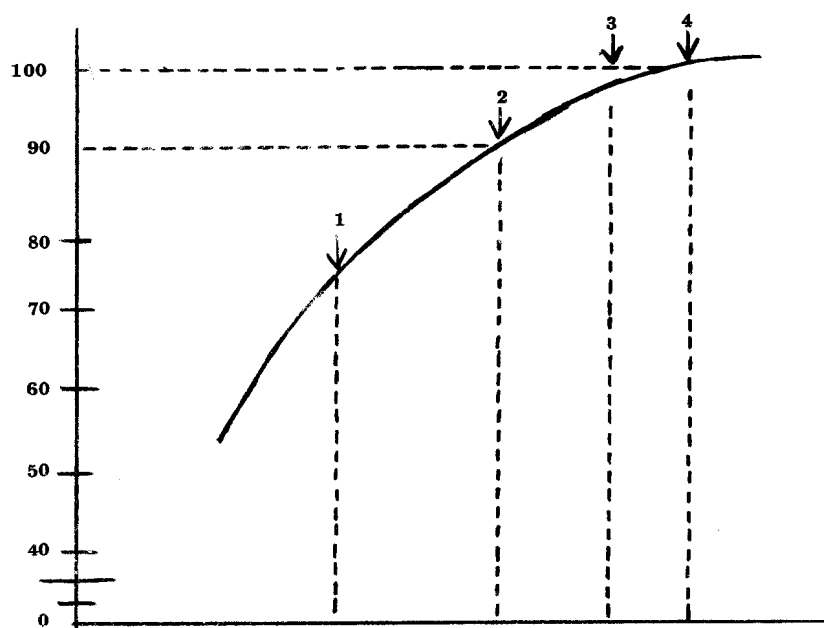
El valor standard y el sistema integrado de diagnosis y recomendación, tienen la ventaja de considerar el desbalance nutricional.

Se han propuesto muchas definiciones de nivel crítico, pero la que más parece tener sentido para el agricultor es el contenido de un elemento por debajo del cual la producción del cultivo disminuye. (21)

Ulrich, citado por Dow y Roberts (8), da los siguientes conceptos de nivel crítico:

- a. *El punto donde el rendimiento es 100/o menos que el máximo.*
- b. *La maxima cantidad adecuada dentro de un rango de suficiencia del elemento en la planta, acompañado de una alta producción.*
- c. *La concentración donde el crecimiento de la planta empieza a decrecer.*

Reinhardt, citado por Estrada (9), menciona que los niveles críticos se pueden definir utilizando la curva de calibración de nutrientes como se aprecia en la figura 1.



Concentración de nutrientes

Figura 1 Definiciones de nivel crítico de nutrientes en la planta.

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

Dow y Roberts, citados por Medina (15), sugieren el cambio de nivel crítico por rango de concentración de nutrientes, ya que el nivel crítico es señalado como un punto en la curva de calibración, mientras que el rango de concentración de nutrimentos, se considera como un intervalo en la curva de concentración de nutrientes arriba del cual la concentración es adecuada y abajo del cual el cultivo es deficiente respecto al nutriente en estudio.

La relación entre el contenido de un determinado nutriente en la hoja, y el crecimiento o cosecha de una planta que crece en un medio deficiente en este nutriente, cuando se efectúan aplicaciones crecientes de él al suelo, suele seguir la curva de la figura 2.

(10)

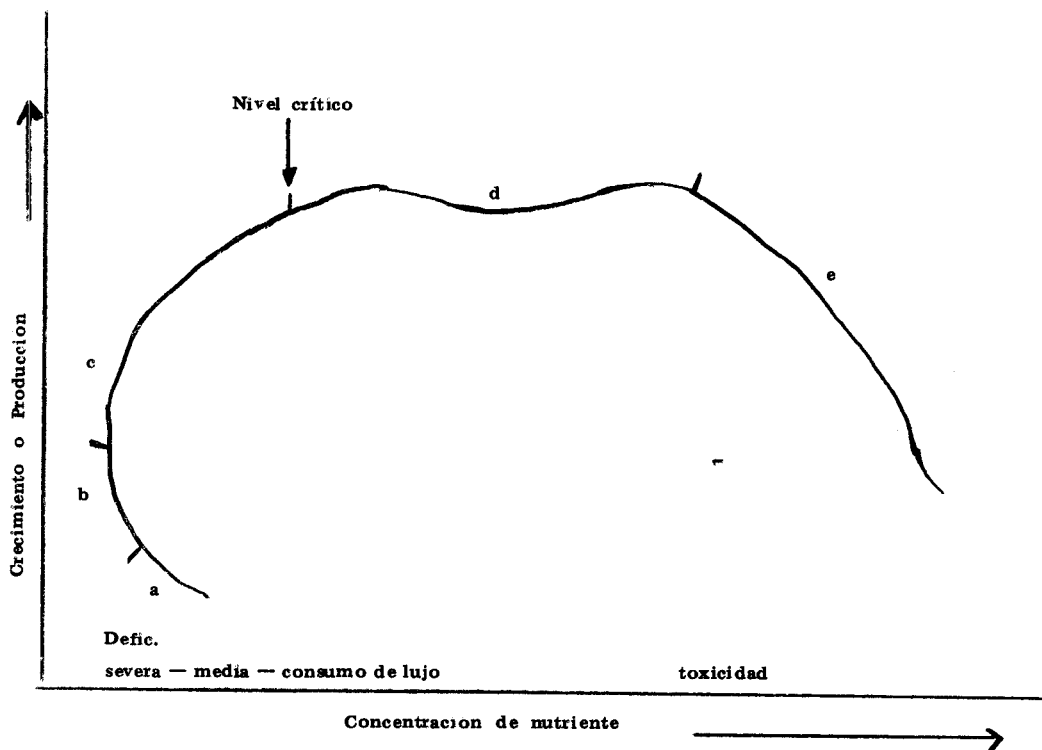


Figura 2. Relación entre contenido de nutriente en planta y producción.

En la zona a, llamada deficiencia extrema, aumenta la cosecha, pero no la concentración de nutriente en la hoja. Este fenómeno parece estar relacionado con un proceso de dilución y se denomina "efecto de Steenberg" por haber sido descrito por este autor. (10)

La zona b, indica un posible aumento de cosecha con ningún o escaso aumento en el contenido de nutriente en la hoja. Estas dos zonas no se encuentran corrientemente en un cultivo en el campo.

En la zona c, ocurre un simultaneo incremento en la concentración de nutriente en la planta y en la cosecha, hasta llegar a un punto a partir del cual esta última prácticamente permanece constante; el punto de inflexión se suele denominar "nivel crítico" del nutriente respectivo.

La zona d, donde el crecimiento o cosecha no aumenta, aunque si lo haga la concentración en nutriente, se llama "consumo de lujo".

La zona e, muestra que la cosecha puede disminuir al aumentar la concentración de nutriente en la planta, debido a un efecto toxico o a un desequilibrio entre nutrientes. (10)

C. Análisis de la planta de soya.

En soya, el uso de analisis de planta como instrumento de diagnóstico y guía de fertilización en programas de producción planificada de cosechas está en su inicio. Como ejemplo, se cita el programa de analisis foliar de la estación agrícola experimental de Ohio, en el cual despues de analizar 17,000 muestras de hojas de soya enviadas por agricultores y técnicos, se obtuvo la escala de suficiencia para 13 elementos esenciales, y se llegó a la conclusión de que el principal problema nutricional en este cultivo, eran los macronutrientes especialmente N y K. (10)

Los niveles de nutrientes son definidos con la ayuda de cosechas en las curvas de respuesta. Estas curvas son desarrolladas al medir los cambios incrementados de grano en el campo contra adiciones al suelo del nutriente limitado.

La soya constantemente responde a la fertilización directa y en la mayoría de experimentos donde esta fertilización ha sido probada efectivamente, la producción oscila entre 2500 a 3000 kg/ha, a este nivel de rendimiento, los grandes productores de soya buscan la

ayuda de análisis de planta para sus programas de producción. (20)

1. Resultados obtenidos.

En el Cuadro 1 (20), se aprecian los datos de suficiencia para el cultivo de soya, desarrollados por la Universidad de Ohio, cuyos valores son usados para la recomendación de nutrientes.

Cuadro 1 Escala de suficiencia para hojas de soya completamente desarrolladas, muestreadas al inicio de la floración.

Elemento	Escala de suficiencia
N o/o	4.26 ---- 5.50
P o/o	0.26 ---- 0.50
K o/o	1.71 ---- 2.50
Ca o/o	0.36 ---- 2.00
Mg o/o	0.26 ---- 1.00
Mn ppm	21 ---- 100
Fe ppm	51 ---- 350
B ppm	21 ---- 55
Cu ppm	10 ---- 30
Zn ppm	21 ---- 50
Mo ppm	1 ---- 5

Anderson et al, citado por Galiano (10), presenta en el Cuadro 2, el valor de la concentración de 11 elementos determinados por análisis de planta en el cultivo de soya en Georgia, en 1970. La mayoría de nutrientes están dentro de la escala de suficiencia de la Universidad de Ohio, excepto para Mn que presenta valores más altos.

Cuadro 2 Composición de hojas de soya en campos de Georgia, 1970

Elemento	Concentración
P o/o	0.34
K o/o	2.31
Ca o/o	0.83
Mg o/o	0.34
Mn ppm	116
Fe ppm	186
B ppm	39
Cu ppm	12
Zn ppm	42
Al ppm	205
Mo ppm	8.0

Frazier, citado por Galiano (10), condujo un estudio comparativo de 46 campos de soya en Indiana, encontró que las concentraciones de P y K en hojas recientemente maduras recogidas al inicio de la floración son de 0.51 y 2.7o/o respectivamente. Estos valores están un poco arriba de los valores de suficiencia para hojas de soya de la Universidad de Ohio.

Datos determinados por compañías fertilizadoras haciendo uso del análisis de planta en Alabama, Tennessee, Mississippi y Kentucky, reportan que concentraciones de K, están abajo de los niveles de nutrientes del estado de Ohio, y concluyen que una buena cosecha de soya es obtenida con fertilización directa de K. (10)

3. Interpretación.

Para el cultivo de soya, se han desarrollado sistemas de interpretación para análisis de plantas basados en niveles críticos.

Estos niveles son establecidos del analisis de gran número de muestras recogidas de

plantas normales. Las interpretaciones son hechas al comparar un análisis desconocido a la escala de suficiencia para hojas de soya desarrollada por la Universidad de Ohio, que son altamente aceptados y usados por universidades y agrónomos industriales. (20)

Una vez estimados los índices de nutrición óptimos, el análisis foliar en soya informa si el contenido de nutrientes es satisfactorio o no, en cuyo caso, se tomarán las medidas oportunas.

En ensayos de campo con fertilizantes, el análisis foliar proporciona información sobre el efecto de la aplicación en el contenido de nutrientes en la planta y los resultados pueden estar influenciados por dosis altas o bajas, el tiempo, lugar de aplicación, interacciones físicas o químicas que impiden la absorción o bien que hay otro nutriente que es el factor limitante principal. (10)

En conclusion, desórdenes nutricionales fuertes de soya que dañan los campos son casi siempre identificados y diagnosticados con ayuda de análisis de planta. Concentraciones de nutrientes, en los extremos, ambos mínimos o máximos son fácil de interpretar.

4. Respuesta de la soya al nitrógeno.

Respecto al nitrógeno, ningún otro elemento provee el crecimiento con más complejidad y riesgos al planear programas nutricionales para soya. La respuesta de la soya a la fertilización nitrogenada es inconsistente, impredecible y con frecuencia inexplicable, debido al efecto confundido de la actividad simbiótica de bacterias.

Un resumen de 5 años, de los datos de análisis de planta en Ohio, muestran que más del 42o/o de las muestras de hojas están abajo de los valores de suficiencia de nitrógeno.

En muchos casos, muestras tomadas de campos muy productivos están en la categoría de insuficientes. (20).

V. MATERIALES Y METODOS

A. Descripción del área experimental

El trabajo se condujo en la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola localizada en el municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz, con ubicación geográfica de 15°03' 40'' latitud norte; 90°14' 0'' longitud oeste y a una altura de 1500 metros sobre el nivel del mar (11).

Las condiciones climáticas se detallan en el cuadro 3.

Cuadro 3 Temperatura, precipitación y humedad relativa registradas en el municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz durante el ciclo del cultivo.

Mes	Temperatura °C			Precipitación media mensual en mm	o/o Humedad rela- tiva media
	mínima	máxima	media		
Febrero	5.0	31.0	19.5	5.2	66
Marzo	5.5	35.5	20.6	7.2	66
Abril	10.0	33.5	22.7	25.0	67
Mayo	10.0	33.5	23.2	52.6	68
Junio	14.0	33.0	22.5	200.2	77
Julio	13.5	32.8	21.5	131.0	77
Agosto	11.5	32.8	21.1	128.0	78

Fuente Registros climatológicos de 7 años del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

El suelo segun Simons, Tarano y Pinto (19), pertenece a la serie Salama y está formado sobre cenizas volcánicas, con relieve ondulado y excesivo drenaje. El suelo superficial varía de café a café grisáceo, clase de textura arena franco fina, con espesor aproximado de 20 cm; el subsuelo es color café amarillento, de consistencia suelta, clase de textura franco-arenoso y espesor aproximado de 30 centímetros.

Las muestras de suelo analizadas se obtuvieron siguiendo la técnica de muestreo descrita por Nelson y Tisdale (21), así se tomó submuestras de quince lugares del campo, luego fueron depositadas y mezcladas en un recipiente para obtener una muestra representativa del área donde se estableció el experimento. Estas muestras fueron secadas al aire y sombra, luego fueron pasadas a través de un tamiz de 2 mm de diámetro y posteriormente homogenizadas para ser sometidas al análisis.

En el Cuadro 4, se presentan las características físico-químicas determinadas de la siguiente manera: textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos (3), materia orgánica por combustión húmeda de Walkley y Black (13), bases intercambiables extraídas con acetato de amonio 1 N a pH 7 y leídas en espectrofotómetro de absorción atómica (1), capacidad total de intercambio catiónico determinado por sustitución con cloruro de sodio al 100/o y pH 2.5 titulado con ácido sulfúrico valorado (1), hidrógeno intercambiable por diferencia con respecto a la CTI y porcentaje de saturación de bases calculado a través de fórmula. (7)

Cuadro 4 Características físicas y químicas del suelo
en el área experimental

muestra	-----o/o-----			Clase Textural	pH	o/o M.O.	CTI	Ca	Mg	-----me/100 gr-----		H	o/o S.B.
	Arcilla	Limo	Arena							Na	K		
1	17.27	28.03	54.70	Franco arenoso	6.4	2.34	13.33	5.95	1.79	0.15	0.46	4.98	62.64
2	16.23	28.00	55.77	Franco arenoso	6.4	2.04	13.60	5.44	1.56	0.17	0.50	5.93	56.40

Determinado en: Laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

La fertilidad natural de las muestras caracterizadas fue determinada por medio de la solución extractora de Mehlich ($HCl\ 0.05\ N + H_2SO_4\ 0.025\ N$) (7) y se presentan en el Cuadro 5

Cuadro 5 Disponibilidad de nutrientes del suelo en el área experimental

Fósforo microgramos/ml	Potasio	Calcio meq/100 ml de suelo	Magnesio
26.00	130.00	5.73	1.31
24.50	120.00	4.62	1.23

Determinado en: Laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

B. Material experimental

La variedad de soya utilizada en el experimento es Jupiter con las siguientes características.

54 días promedio a floración, 118 días promedio a madurez fisiológica, 75o/o de nodulación por bacterias del género *Rhizobium*, 60.2 cm de altura de planta, 11 cm de altura de primera vaina, 1.24o/o de acame, material indehisciente, 35.5 vainas por planta, 20 gramos peso de 100 semillas, 2.7 granos por vaina, flor color púrpura, semilla amarilla clara, 3.25 ton/ha de rendimiento promedio, susceptible a pústula bacterial y mildiu.

C. Niveles de los factores evaluados

Los niveles y fuentes para cada uno de los tratamientos aplicados al suelo se presentan en el Cuadro 6 y se establecieron en base a la recomendación de fertilizantes para la soya de la disciplina de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

Cuadro 6 Niveles de nutrientes evaluados

N	P	K	S
kg/ha			
0	0	0	0
0	0	0	60
0	0	120	0
0	0	120	60
0	0	240	0
0	0	240	60
60	0	0	0
60	0	0	60
60	0	120	0
60	0	120	60
60	0	240	0
60	0	240	60
120	0	0	0
120	0	0	60
120	0	120	0
120	0	120	60
120	0	240	0
120	0	240	60
0	45	0	0
120	90	120	0

Fuentes: N: Urea al 46o/o de N

K: Muriato de potasio al 60o/o de K_2O

S: Flor de Azufre al 100o/o de S

P: Triple superfosfato al 46 o/o de P_2O_5

D. Variables evaluadas

Para darle respuesta a los objetivos e hipótesis se midió las siguientes variables:

- 1 Concentración de macronutrientes en el suelo y en la planta en la cuarta semana del estado vegetativo y al inicio de la floración.
- 2 Características agronómicas de la planta y rendimiento de grano por parcela a la madurez fisiológica.

E. Análisis químico foliar

Para evaluar la concentración de nutrientes en plantulas, las muestras se secaron a 65° C por 48 horas, luego fueron molidas en un molino tipo Wiley a 20 mallas. La determinación del nitrógeno fue por digestión húmeda y las determinaciones de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre por combustión seca. En el Cuadro 7 (7), se detalla la metodología de análisis.

Cuadro 7 Métodos de análisis químico foliar

Elemento determinado	Método	Referencia
Nitrógeno	Microkjeldalh	Díaz y Hunter 1978
Fósforo	Colorimetría	Díaz y Hunter 1978
Potasio	Espectofometría	Díaz y Hunter 1978
Calcio	Espectofometría	Díaz y Hunter 1978
Magnesio	Espectofometría	Díaz y Hunter 1978
Azufre	Colorimetría	Díaz y Hunter 1978

F. Metodología experimental

El diseño experimental utilizado es el de bloques al azar y el arreglo de tratamientos un factorial $3 \times 3 \times 2$, con 3 niveles de nitrógeno, 3 niveles de potasio y 2 niveles de azufre. Además se adicionaron 2 tratamientos para observar el comportamiento del fósforo y su interacción con los demás nutrientes.

La unidad experimental consistió en una parcela de 5 metros de largo por 2.40 metros de ancho, con 4 surcos de los cuales se cosecharon los 2 centrales, siendo el área bruta de 12 metros cuadrados y el área de cosecha de 6 metros cuadrados.

El modelo estadístico lineal para el análisis de las características evaluadas es el siguiente: (16)

$$Y_{ijkl} = U + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + R_l + E_{ijkl}$$

l = 1,2,3 bloques

i = 1,2,3 niveles de N

j = 1,2,3 niveles de K

k = 1,2 niveles de S

donde U , media general; A_i , i -ésimo nivel de nitrógeno; B_j , j -ésimo nivel de potasio; C_k , k -ésimo nivel de azufre; AB_{ij} , interacción del i -ésimo nivel de nitrógeno con el j -ésimo nivel de potasio; AC_{ik} , interacción del i -ésimo nivel de nitrógeno con el k -ésimo nivel de azufre; BC_{jk} , interacción del j -ésimo nivel de potasio con el k -ésimo nivel de azufre; ABC_{ijk} , interacción del i -ésimo nivel de nitrógeno con el j -ésimo nivel de potasio y el k -ésimo nivel de azufre; R_l , l -ésima repetición; E_{ijkl} , el error en $ijkl$ -ésima unidad experimental; Y_{ijkl} , variable respuesta a la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

G. Análisis de datos

Para darle respuesta a los objetivos e hipótesis se procesaron los datos de la siguiente manera:

Análisis de varianza y comparación múltiple de medias si hay significancia en el ANDEVA por medio del estadístico de Tukey al 5 o/o de significancia para concentración de nutrientes en la cuarta semana del estado vegetativo y al inicio de la floración. Así mismo se procesaron los datos para altura de planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta y rendimiento grano.

Análisis de correlación lineal simple entre el contenido de P,K,Ca, Mg, pH del suelo y la concentración en hojas de soya de N,P,K,Ca,Mg,S y el rendimiento del cultivo de soya en la cuarta semana del estado vegetativo y al inicio de la floración.

H. Manejo del experimento

La preparación del terreno fue mecanizada y el febrero de 1985 se efectuó la siembra en forma manual. Luego de trazar las parcelas se trató el suelo con Carbofuran para evitar plagas, luego se distribuyó al chorro 250 semillas a lo largo de cada surco efectuando a los 15 días un entresaque para dejar 125 plántulas por hilera. Al emerger las plántulas se hizo la fertilización aplicando en su totalidad los niveles de potasio, fósforo y azufre; el nitrógeno se distribuyó el 50o/o al germinar la semilla y 50o/o restante al inicio de la floración.

A los 30 días de crecimiento se llevó a cabo el primer muestreo de suelo, obteniendo una muestra completa que proviene de doce sub-muestras a lo largo de la cara interior de los surcos centrales de cada parcela; así como el primer muestreo de hojas del tercio superior de las plántulas en las hileras centrales de cada unidad experimental.

*La desinfección del cultivo se efectuó por incidencia de tortuguilla (*Diabrotica* sp.), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), chicharrita (*Empoasca fabae*) con Parathión, Methamidophos y Methomyl a razón de medio litro por manzana con bomba de mochila.*

Al inicio de la floración se realizó el segundo muestreo de suelo y de hoja siguiendo la metodología del primero y luego se trasladó las muestras al laboratorio.

Debido a que la siembra se realizó a inicios de verano, durante el ciclo del cultivo fué necesario regar cada semana.

Cuando el 95o/o de la plantación llegó a la madurez fisiológica se caracterizó 5 plantas por parcela así como la cosecha, pesando la cantidad de grano obtenida por parcela.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Para darle respuesta a los objetivos e hipótesis se presentan los resultados obtenidos en la investigación en el siguiente orden:

Concentración de macronutrientes en plántulas de soya y correlación entre análisis de suelo y análisis de plántulas en la cuarta semana del estado vegetativo.

Concentración de macronutrientes en plántulas de soya y correlación entre análisis de suelo y análisis de plántulas al inicio de la floración.

Características agronómicas y rendimiento en grano a la madurez fisiológica.

A. Concentración de macronutrientes en plántulas de soya en la cuarta semana del estado vegetativo.

1 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de N,P,K,Ca, Mg,S en plantulas de soya en la cuarta semana del estado vegetativo.

En el Cuadro 1 del anexo, se aprecia que la aplicación de N,P,K,S al sustrato en la dosis de 120-0-0-60 kg/ha aumenta la concentración de fósforo, potasio y magnesio del tejido, mientras que el calcio aumenta con 60-0-0-0 kg/ha aplicado al suelo. Respecto al nitrógeno y azufre reportan mayor concentración en la hoja al aplicar al suelo el tratamiento 120-0-120-60 kg/ha.

Una baja concentración de nitrógeno se obtiene al aplicar al sustrato 0 kg/ha de N,P,K,S en tanto que para el potasio, calcio y magnesio con la dosis 60-0-120-60 kg/ha.

Respecto al fósforo y azufre reportan menor concentración en el tejido cuando se aplica al suelo el tratamiento 60-0-120-0 kg/ha.

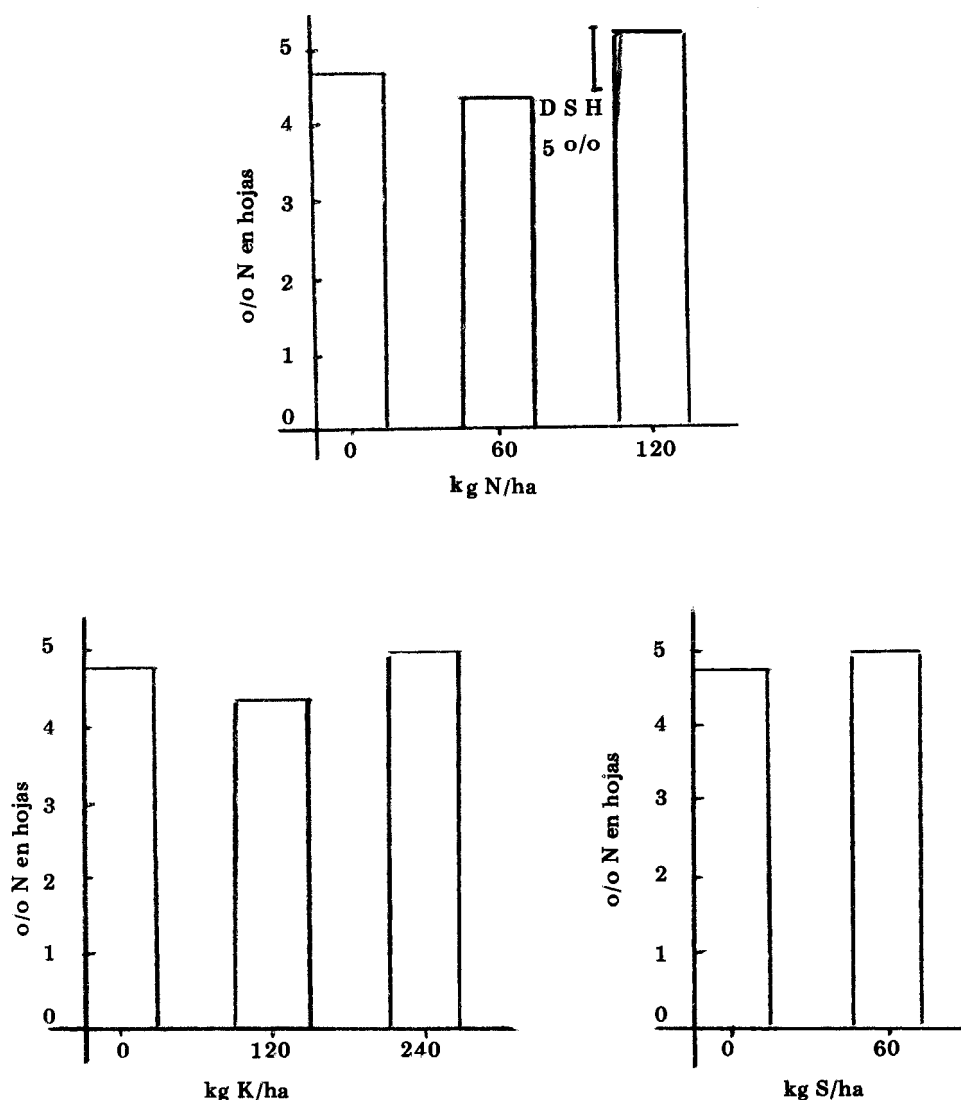


Figura 3 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de nitrógeno en en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.

En la figura 3, se observa que la concentración de nitrógeno en plántulas de soya aumenta al 5 o/o de significancia cuando se aplica al suelo 120 kg de N/ha. Respecto a la aplicación al suelo de 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg de S/ha la concentración de nitrógeno se encuentra en el valor de 4.75o/o.

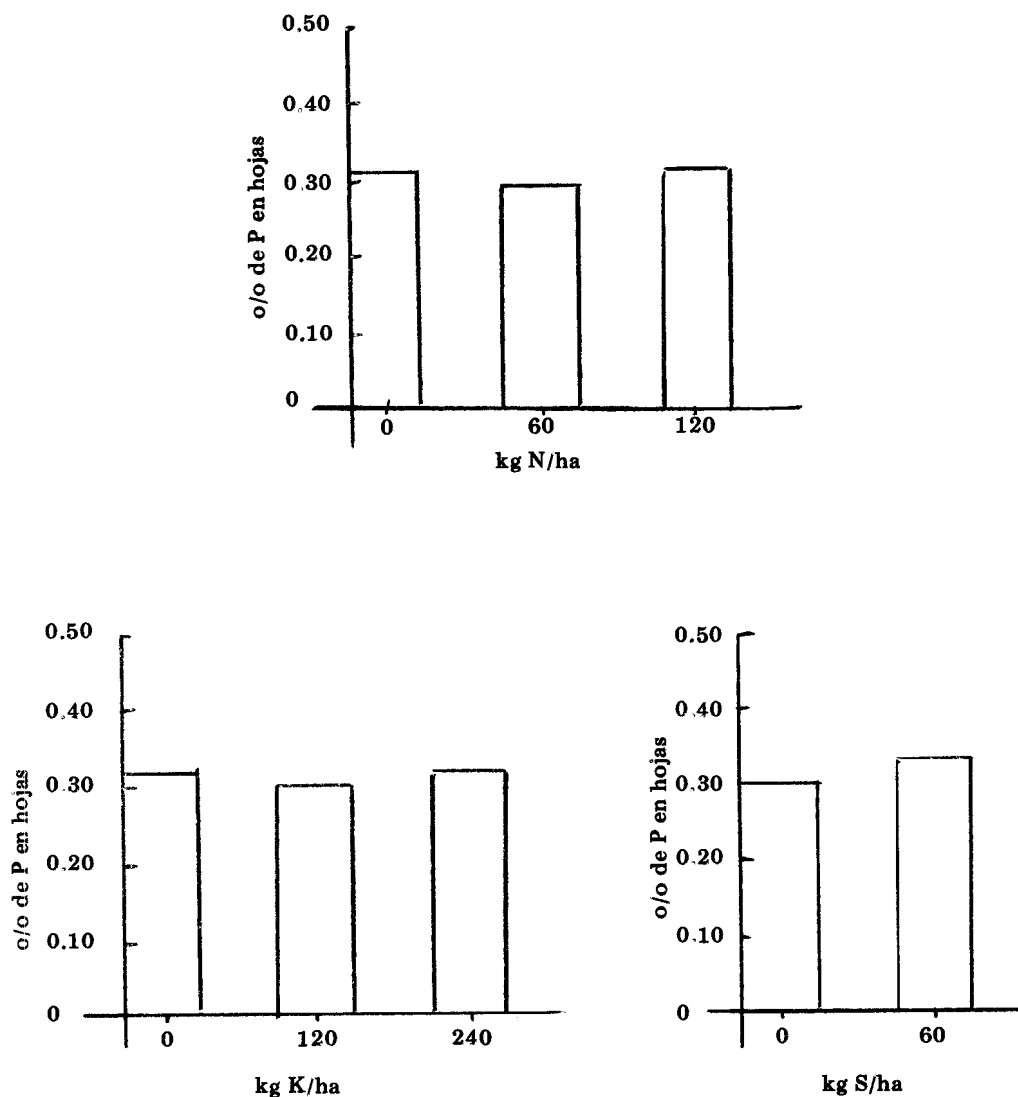


Figura 4 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de fósforo en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.

En la figura 4, se aprecia que la concentración de fósforo en plántulas de soya se encuentra en el valor de 0.30o/o como respuesta de las aplicaciones al suelo de 0-60-120 kg de N/ha, 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg de S/ha. En base a los análisis de suelo que reportan concentraciones mayores de 24 ppm se deduce que el sustrato suministra la cantidad de este nutriente para el desarrollo del cultivo.

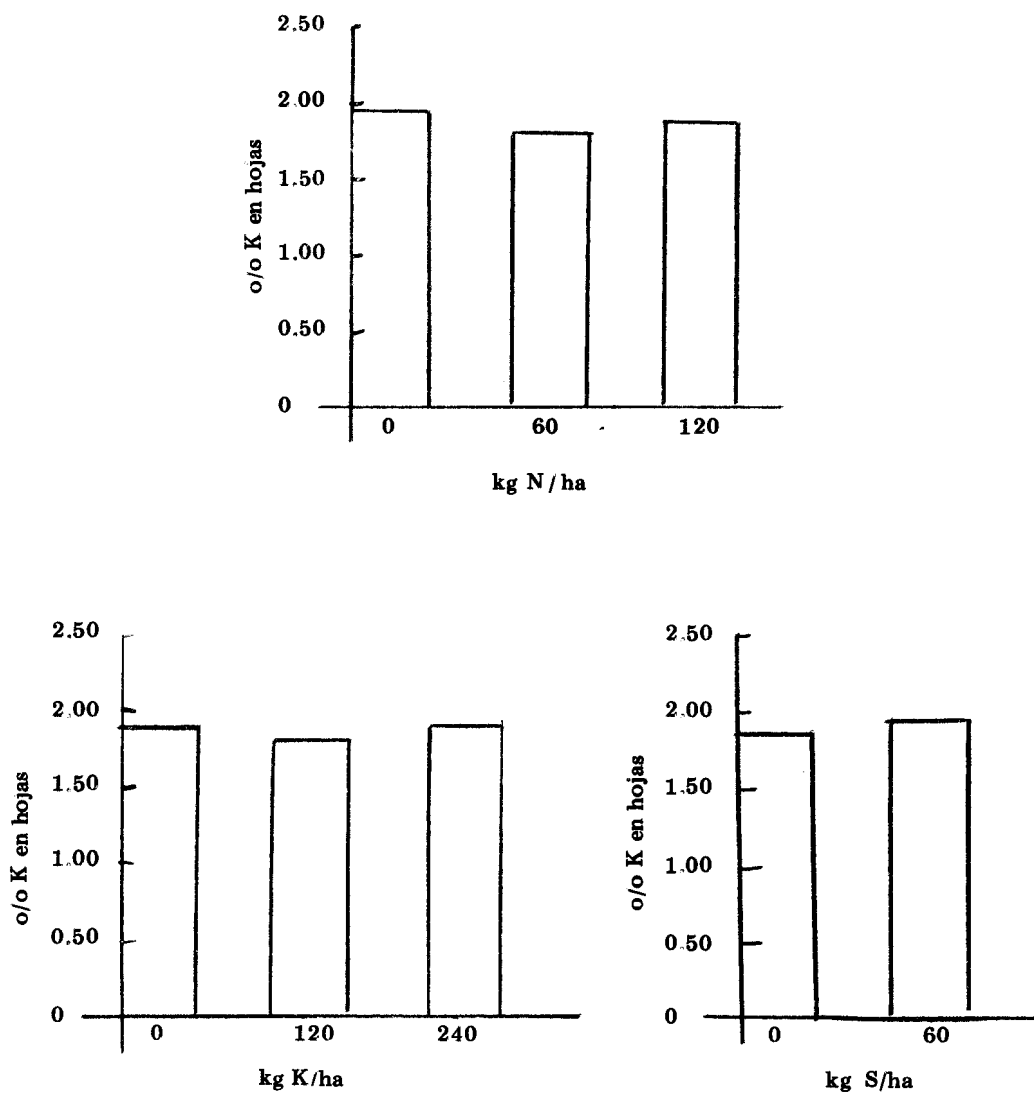


Figura 5 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de potasio en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.

En la figura 5 se observa que la concentración de potasio en plántulas de soya se encuentra en el valor de 1.86 o/o como respuesta de las aplicaciones al suelo de 0-60-120 kg de N/ha, 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg de S/ha. Se infiere que el sustrato proporciona este nutriente para el desarrollo de la planta.

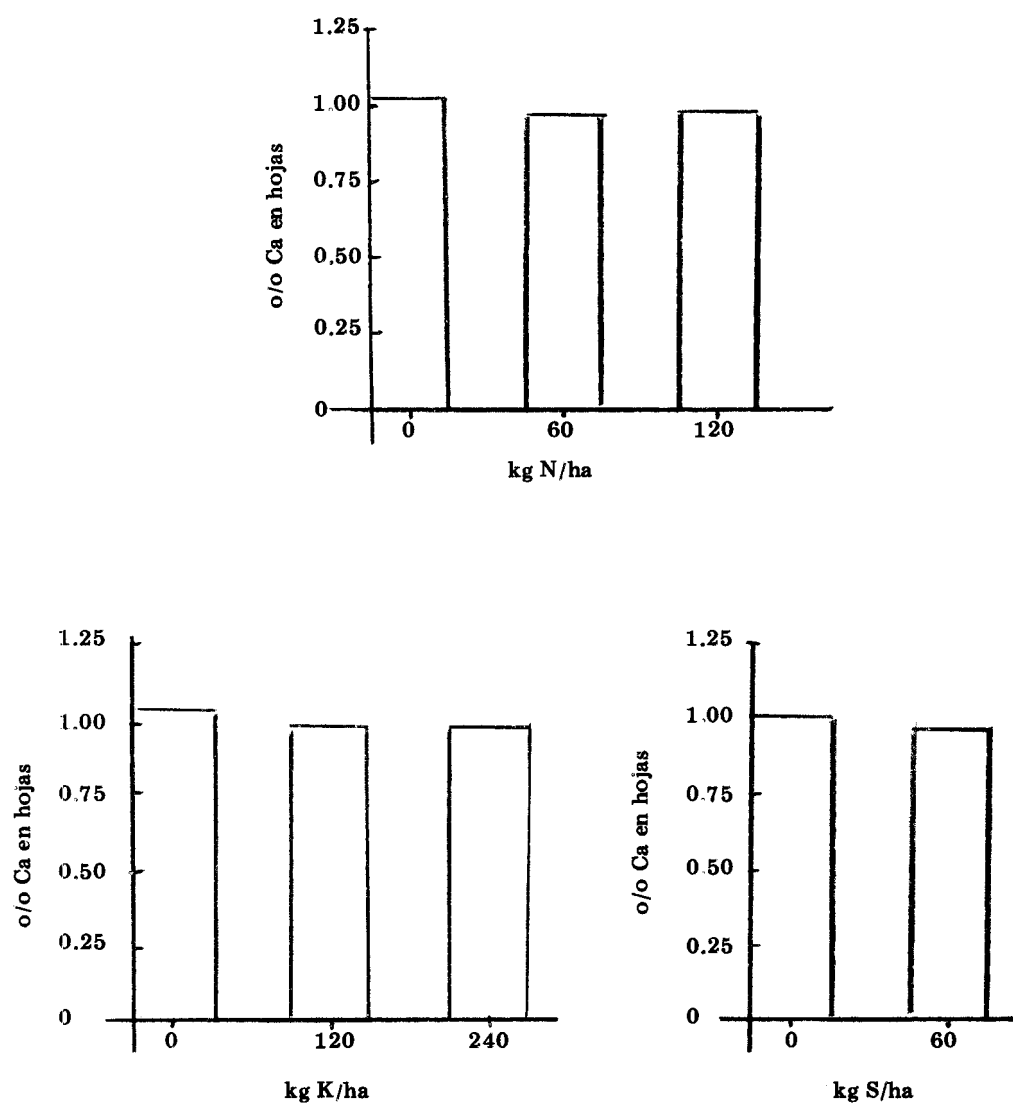


Figura 6 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de calcio en hojas de soya muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.

En la figura 6, se aprecia que la concentración de calcio en plántulas de soya decrece al aumentar los niveles de N,K,S aplicados al suelo. Se deduce que el sustrato proporciona este nutriente para el desarrollo de la planta.

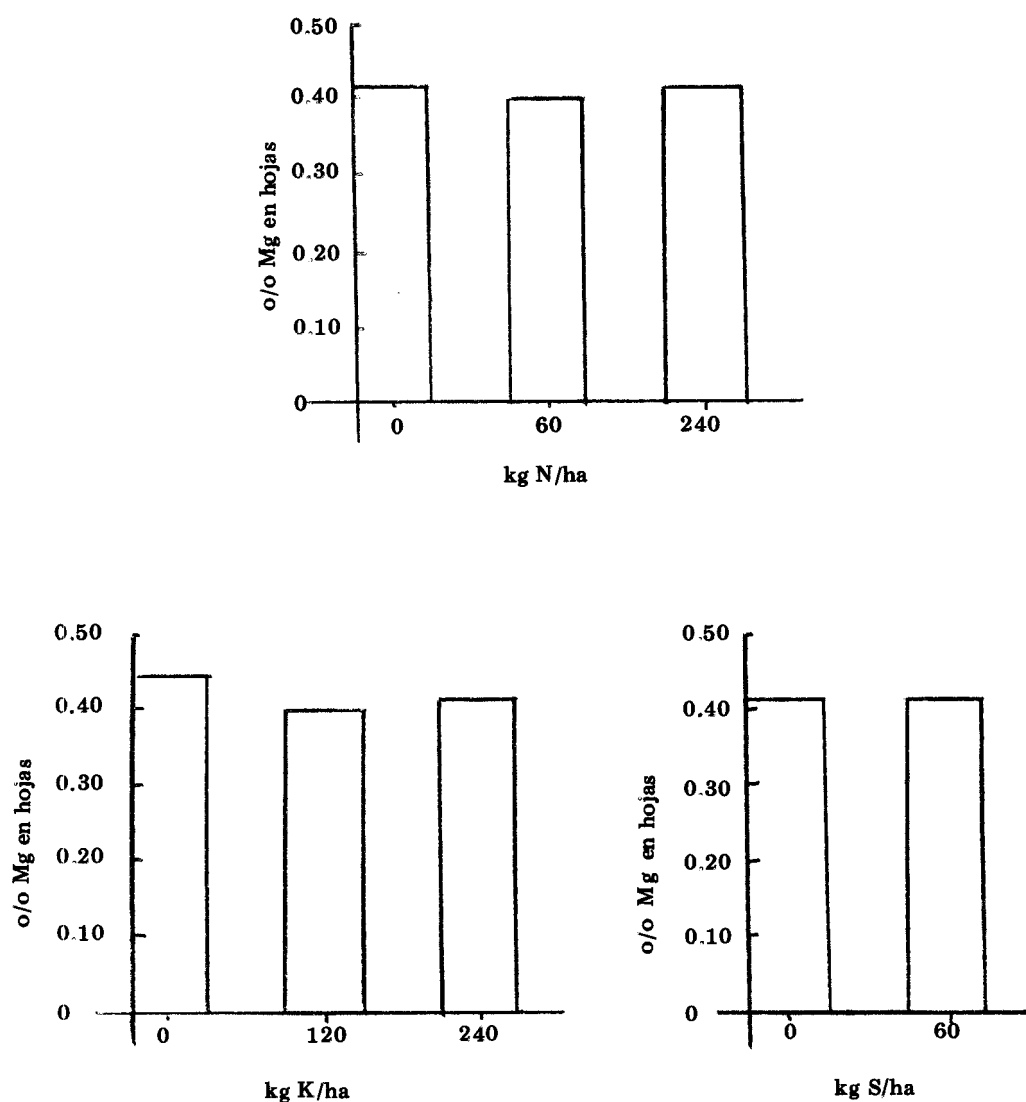


Figura 7 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de magnesio en hojas de soya muestreada en la cuarta semana de estado vegetativo.

En la figura 7, se observa que la concentración de magnesio en plántulas de soya se encuentra en el valor de 0.42o/o como respuesta de aplicaciones al suelo de 0- 60- 120 kg de N/ha, 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg de S/ha. Se infiere que el sustrato suministra la cantidad de este nutriente para el desarrollo de la planta.

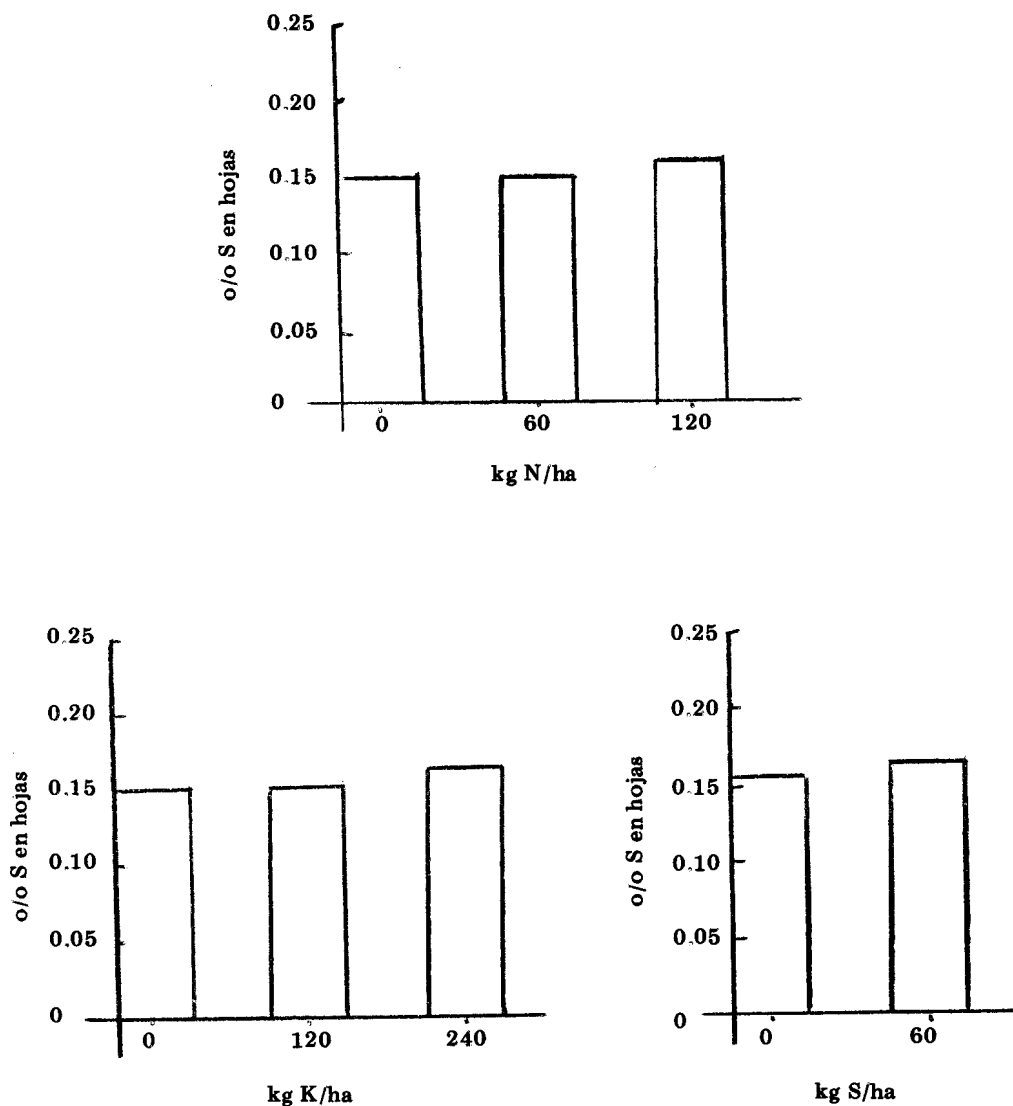


Figura 8 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de azufre en hojas de soja muestreadas en la cuarta semana del estado vegetativo.

En la figura 8, se aprecia que la concentración de azufre en plántulas de soja se encuentra en el valor de 0.15o/o como respuesta de la aplicación al suelo de 0-60-120 kg de N/ha, 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg de S/ha. Se infiere que el sustrato provee este nutriente para el desarrollo de la planta.

2 Correlación entre análisis de suelo y análisis de planta en el estado vegetativo.

Cuadro 8 Coeficientes de correlación con niveles de P,K,Ca,Mg,pH del suelo y la concentración de N,P,K,Ca,Mg,S en el cultivo de soya y su rendimiento en la cuarta semana del estado vegetativo.

SUELO	PLANTA						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Rendimiento.
P	-0.36	0.53*	-0.09	-0.25	-0.24	-0.10	0.05
K	0.04	0.17	-0.08	-0.55*	-0.50*	0.28	-0.21
Ca	-0.10	0.38	0.21	-0.42	-0.18	0.49*	-0.14
Mg	-0.26	0.45*	0.47*	-0.24	-0.18	0.16	-0.25
pH	-0.32	0.31	-0.08	0.30	0.63*	-0.01	-0.20
Rend.	-0.12	-0.08	-0.11	-0.13	-0.22	-0.07	

* Significancia al 5 o/o de probabilidad.

En el Cuadro 8, se observan los coeficientes de correlación y niveles de significancia de las concentraciones de nutrientes del suelo y la planta evaluadas en el estado vegetativo.

Se observa que el fósforo del suelo incrementa la cantidad de fósforo en el tejido foliar; el potasio del sustrato disminuye el contenido de calcio y magnesio absorbido por el follaje, este fenómeno es conocido efecto de Viets (21); el magnesio del suelo incrementa la cantidad de fósforo y potasio en la planta, a dicho nutriente se le atribuye ser transportador de fósforo en la planta y regular la asimilación de otros nutrientes (21); el calcio del sustrato aumenta la concentración de azufre en la planta, y el pH del suelo favorece la absorción de calcio y magnesio.

B. Concentración de macronutrientes en plántulas de soya al inicio de la floración.

- 1 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo sobre la concentración de N,P,K,Ca, Mg,S en plántulas de soya al inicio de la floración.

En el Cuadro 4 del anexo, se aprecia que la aplicación de N,P,K,S al sustrato en la dosis 120-0-240-60 kg/ha aumenta la concentración de nitrógeno y potasio en el tejido, mientras que el fósforo se incrementa con 120-90-120-0 kg/ha aplicado al suelo y el calcio, magnesio, azufre reportan mayor concentración en la hoja al aplicar al sustrato 0 kg/ha de los nutrientes evaluados.

Se observa baja concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre en el tejido al aplicar al suelo el tratamiento 0-0-240-60 kg/ha, mientras que el calcio decrece con la dosis 0-0-120-60 kg/ha.

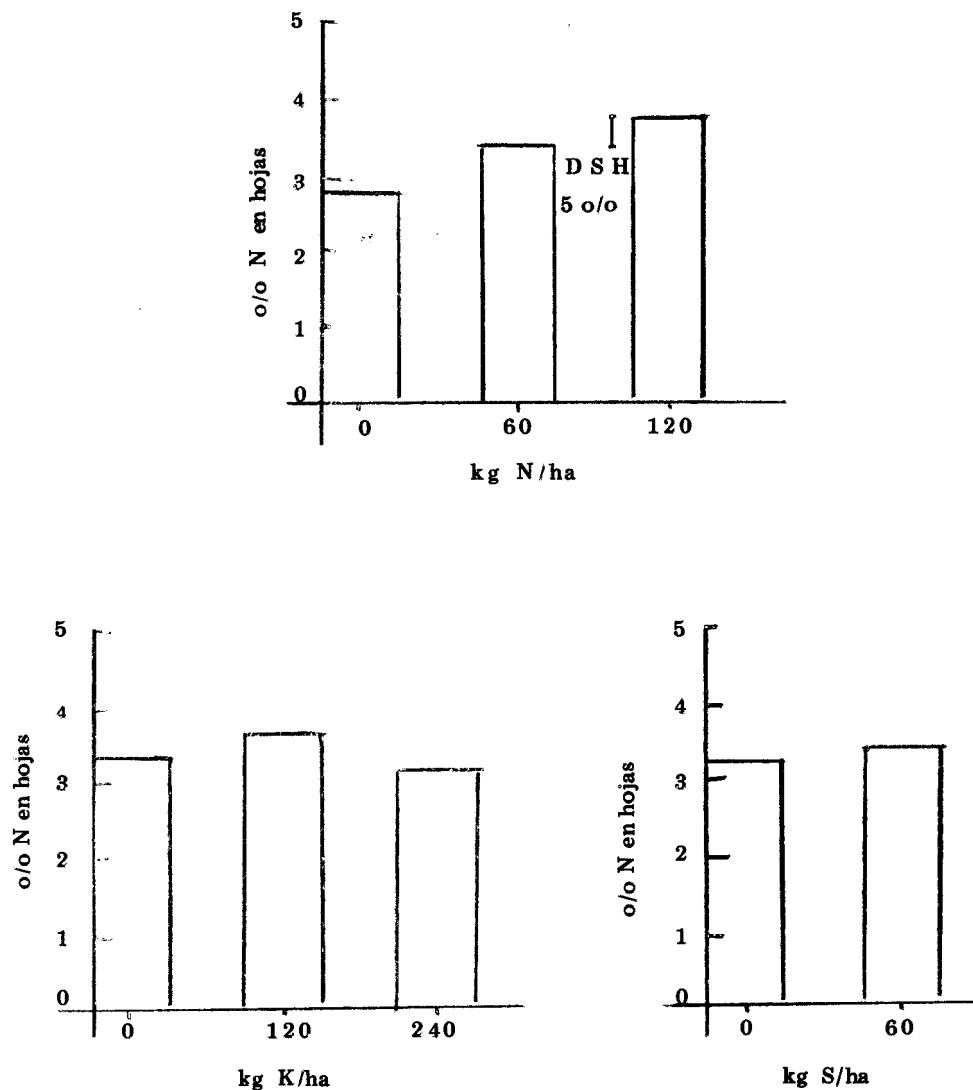


Figura 9 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de nitrógeno en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.

En la figura 9, se aprecia que la concentración de nitrógeno en plantas de soya aumenta al 50/o de significancia cuando se aplica al suelo 60 y 120 kg de N/ha. En relación a la aplicación al sustrato de 0-120-240 kg de K/ha y 0 -60 kg de S/ha, la concentración de nitrógeno del tejido se encuentra en el valor de 3.210/o. En esta etapa del ciclo del cultivo, y en base a la escala de suficiencia para hojas de soya de la universidad de Ohio, la concentración de nitrógeno es insuficiente para el desarrollo del cultivo. (20)

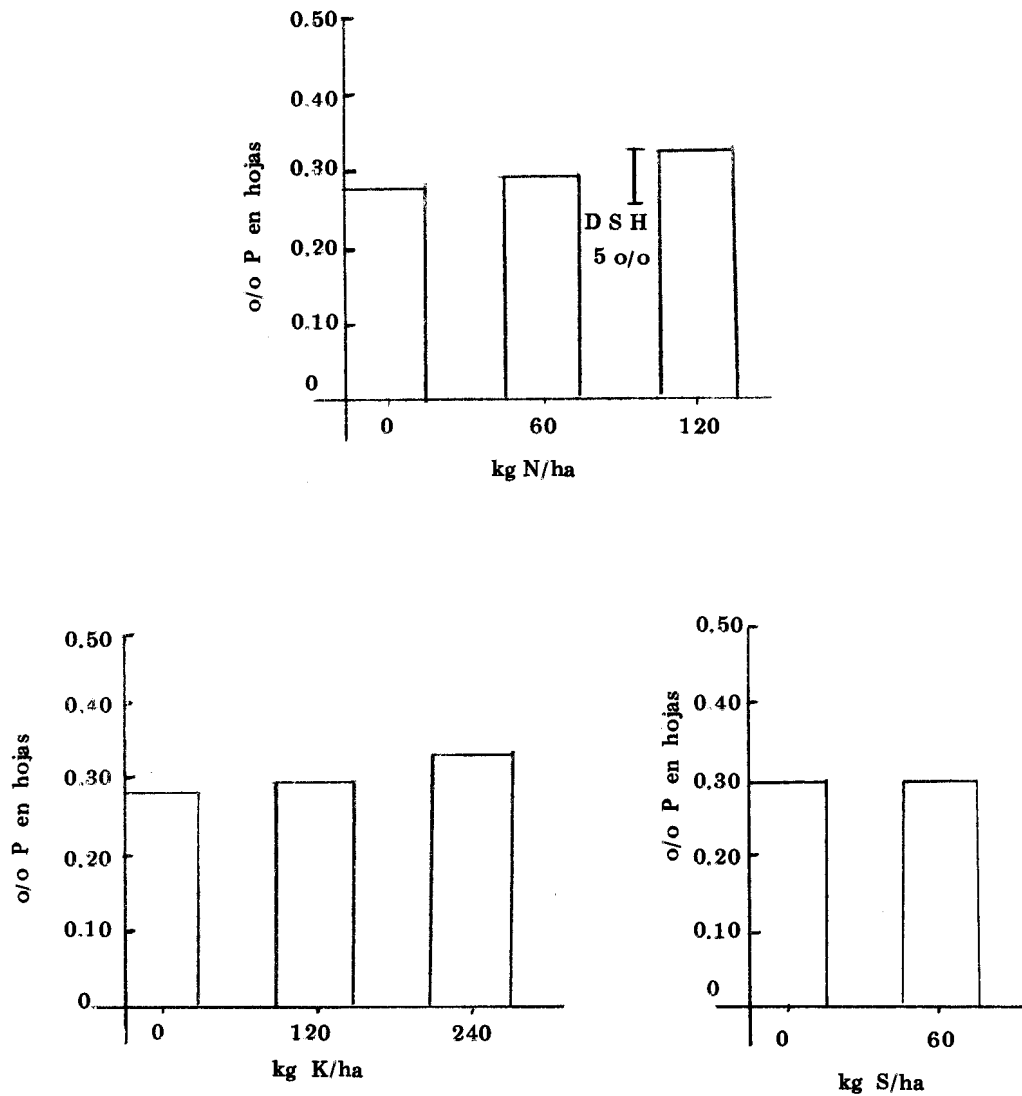


Figura 10 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de fósforo en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.

En la figura 10, se observa que la concentración de fósforo en la planta se encuentra en el valor de 0.30o/o como respuesta de las aplicaciones al suelo de 0-60-120 kg N/ha, 0-120-240 kg K/ha y 0-60 kg S/ha. En esta etapa del cultivo se encontró que el fósforo en el tejido es adecuado debido a que se encuentra dentro de la escala de suficiencia para hojas de soya de la universidad de Ohio. (20)

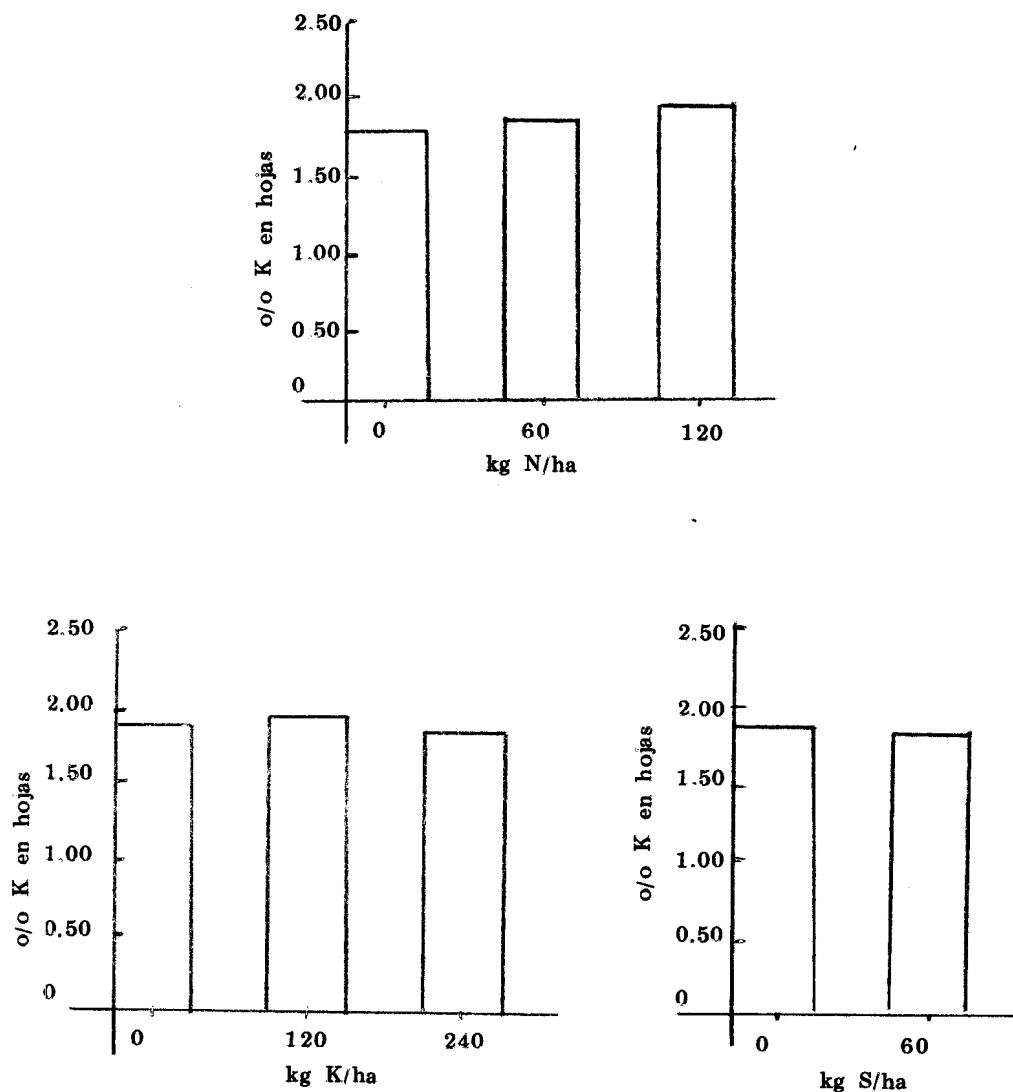


Figura 11 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de potasio en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.

En la figura 11, se aprecia que la concentración de potasio en hojas de soya se encuentra en el valor de 1.91 o/o como respuesta de las aplicaciones al suelo de 0-60-120 kg N/ha, 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg S/ha. En esta etapa del cultivo se encontró que el potasio en el tejido es adecuado debido a que se encuentra dentro de la escala de suficiencia para hojas de soya de la universidad de Ohio. (20)

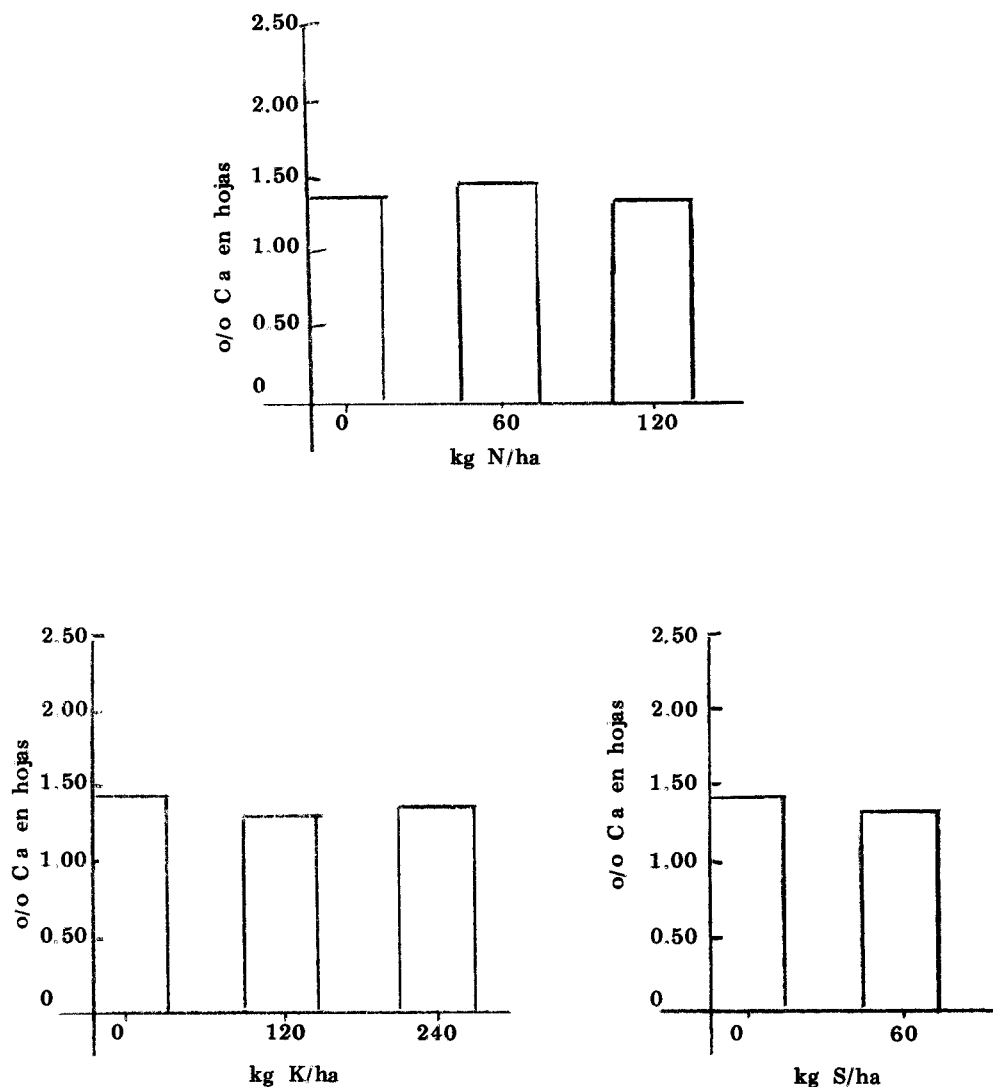


Figura 12 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de calcio en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración.

En la figura 12, se observa que la concentración de calcio en hojas de soya se encuentra en el valor de 1.44o/o como respuesta de las aplicaciones al suelo de 0-60-120 kg N/ha, 0-120-240 kg K/ha y 0-60 kg S/ha. En esta etapa del cultivo se encontró que el calcio en el tejido es adecuado debido a que se encuentra dentro de la escala de suficiencia para hojas de soya de la universidad de Ohio. (20)

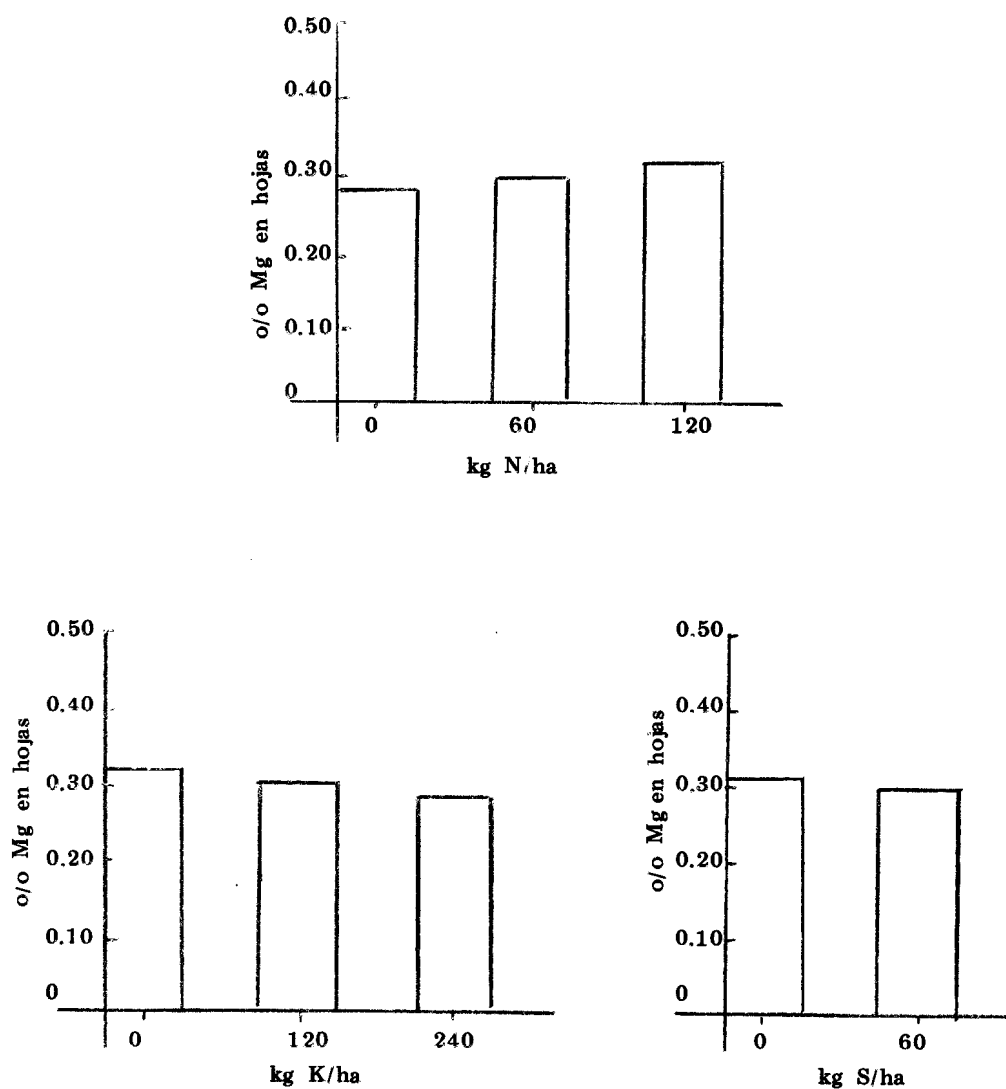


Figura 13 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de magnesio en hojas de soya muestreada al inicio de la floración.

En la figura 13 se observa que la concentración de magnesio en hojas de soya se encuentra en el valor de 0.30o/o como respuesta de aplicaciones al suelo de 0-60-120 kg N/ha, 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg de S/ha. En esta etapa del cultivo se encontró que el magnesio en el tejido es adecuado debido a que se encuentra dentro de la escala de suficiencia para hojas de soya de la universidad de Ohio. (20)

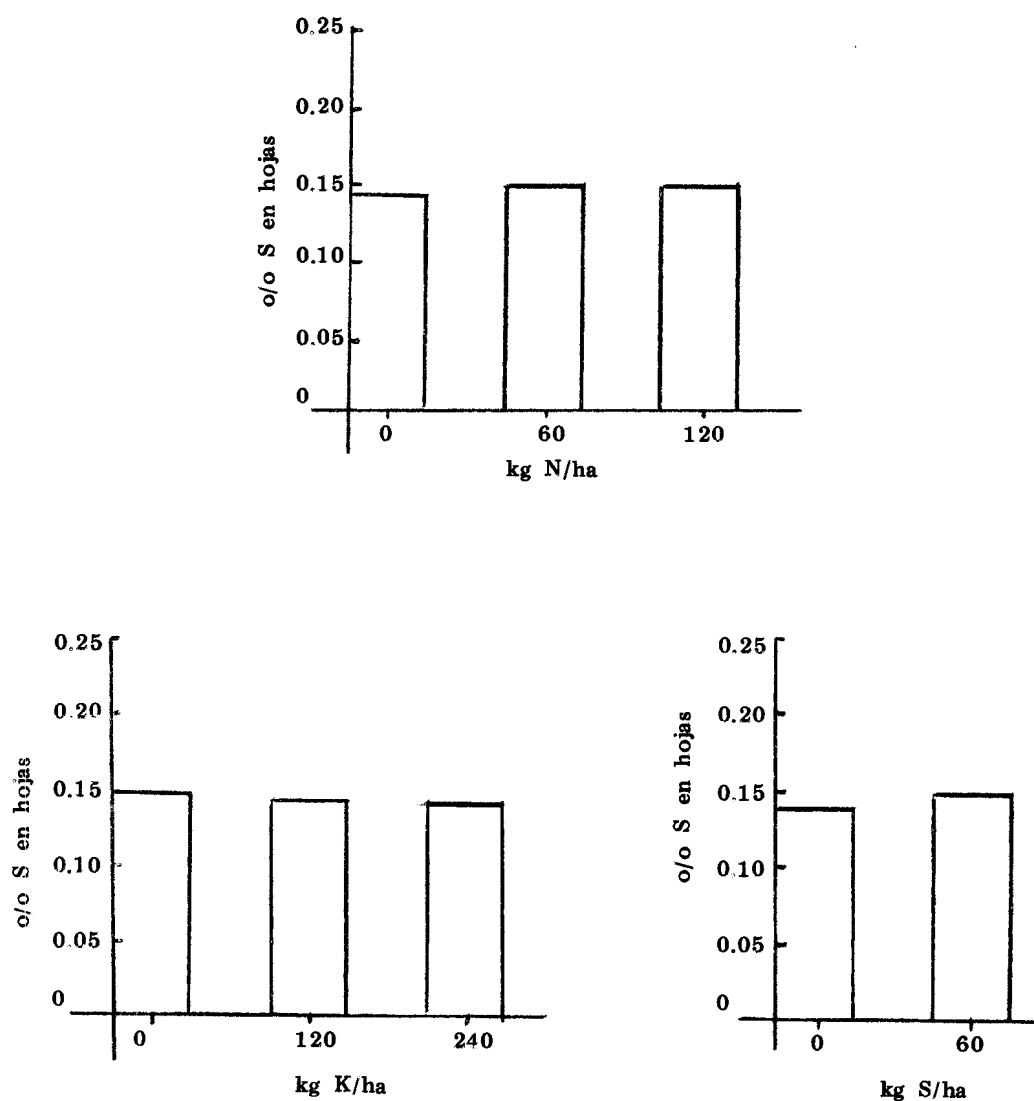


Figura 14 Efecto de niveles de N-K-S aplicados al suelo en kg/ha sobre la concentración de azufre en hojas de soja muestreada al inicio de la floración.

En la figura 14, se nota que la concentración de azufre en la planta se encuentra en el valor de 0.15o/o como respuesta a la aplicación al suelo de 0-60-120 kg de N/ha, 0-120-240 kg de K/ha y 0-60 kg de S/ha. En esta etapa del ciclo de cultivo se encontró que la concentración de azufre en el tejido es insuficiente en comparación de los porcentajes reportados en campos productivos de 5 áreas de la región sureste y en tres áreas de la región noroeste de los Estados Unidos de Norteamérica, los cuales se encuentran entre los valores de 0.25 y 0.22o/o. (20)

2 *Correlacion entre analisis de suelo y analisis de planta al inicio de la floración.*Cuadro 9 *Coeficientes de correlación con niveles de P,K,Ca,Mg,pH del suelo y la concentración de N,P,K,Ca,Mg,S en el cultivo de soya y su rendimiento al inicio de la floración.*

SUELO	PLANTA						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Rendimien- to
P	-0.01	-0.16	0.09	0.11	-0.06	0.26	0.39
K	-0.07	-0.15	-0.11	-0.17	-0.49*	0.03	0.27
Ca	-0.16	-0.33	-0.04	-0.24	-0.10	0.07	-0.14
Mg	-0.45*	-0.48*	-0.22	-0.16	-0.18	0.07	0.05
pH	-0.08	0.58*	0.14	0.16	0.37	0.32	0.20
Rend.	-0.05	0.04	0.03	0.34	0.06	0.03	

* *Significancia al 5 o/o probabilidad*

En el Cuadro 9, se observan los coeficientes de correlación y niveles de significancia de las concentraciones de nutrientes del suelo y la planta evaluadas al inicio de la floración.

Se observa que el potasio del suelo disminuye la cantidad de magnesio en el follaje, este fenómeno es conocido como efecto de Viets (21), el magnesio del sustrato disminuye la concentración de nitrógeno y fósforo foliar, y el pH del suelo favorece la absorción de fósforo en la planta y se coincide con Nelson y Tisdale (21), en que la mayor disponibilidad de fósforo en la planta ocurre con un pH del sustrato que fluctúe de 5.5 a 7.

C. Características agronómicas y rendimiento de grano a la madurez fisiológica.

Cuadro 10 Altura de planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta, peso de 100 semillas y rendimiento en kg/ha de la planta de soya.

kg/ha				Altura en cm		vainas	granos	peso de	rendimien-
N	P	K	S	planta	1a. vaina	por planta	por planta	100 granos en gramos	to de grano en kg/ha
0	0	0	0	89	13	37	69	25	3239
0	0	0	60	78	18	44	69	23	3284
0	0	120	0	72	10	38	59	24	3256
0	0	120	60	76	10	33	48	24	2934
0	0	240	0	75	12	56	80	24	2627
0	0	240	60	83	14	33	60	23	3125
60	0	0	0	86	19	39	67	24	3121
60	0	0	60	90	19	49	85	25	3673
60	0	120	0	88	12	40	66	27	3236
60	0	120	60	87	17	43	66	26	3537
60	0	240	0	82	11	34	53	26	2979
60	0	240	60	76	13	29	43	24	3071
120	0	0	0	88	15	36	46	25	2897
120	0	0	60	86	16	33	56	26	3472
120	0	120	0	77	12	36	58	25	3215
120	0	120	60	86	18	32	52	24	2582
120	0	240	0	83	15	36	59	26	2969
120	0	240	60	87	13	43	66	25	2881
0	45	0	0	76	13	31	50	24	2390
120	90	120	0	84	12	57	97	26	3246
Media				82.24	13.80	38.93	62.54	-	3086.25
Coef. de var. (o/o):				9.64	24.10	33.78	34.46	-	21.16
Signific. al 5o/o :				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	N.S.

En el Cuadro 10, se infiere que para altura de planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta y rendimiento de grano no hay diferencia significativa por la aplicación de los diferentes tratamientos de N-P-K-S.

Cuadro 11 Efecto de los niveles de N K-S sobre la altura de planta, altura hasta la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por planta y rendimiento en kg/ha de la planta de soya.

Caracte- rística agronómica	kg de N/ha			kg de K/ha			Kg de S/ha	
	0	60	120	0	120	240	0	60
<i>Altura de planta en cm</i>	79.00	84.72	83.00	81.66	83.33	81.72	81.11	83.37
<i>Altura de primera vaina en cm</i>	12.16	15.05	14.16	13.88	13.66	13.83	13.66	13.92
<i>Numero de vainas por planta</i>	40.22	39.44	37.11	39.61	38.16	39.00	39.55	38.29
<i>Número de granos por planta</i>	64.38	64.55	58.66	66.05	59.24	61.61	61.77	63.29
<i>Rendi- miento en kg/ha</i>	3076	3156	3083	3058	3243	3011	3101	3108

En el Cuadro 11, se observa el efecto de niveles de N-K-S sobre las características agronómicas y rendimiento en grano a la madurez fisiológica.

Se aprecia que la altura de la planta es mayor con la aplicación al suelo del nivel 60 kg de N/ha, 120 kg de K/ha y 60 kg de S/ha, mientras que la menor altura se observa cuando no se aplican los nutrientes evaluados.

La altura hasta la primera vaina aumenta con la aplicación al suelo del nivel 60 kg de N/ha, 60 kg de S/ha y disminuye al aumentar los niveles de potasio.

Se observa que el número de vainas decrece conforme se aumentan los niveles de N,K,S aplicados al suelo, mientras que el número de granos aumenta cuando se aplica el nivel 60 kg de N/ha y 60 kg de S/ha, disminuye al aumentar los niveles de potasio.

El rendimiento de grano es mayor al aplicar al sustrato los niveles de 60 kg de N/ha, 120 kg de K/ha y 60 kg de S/ha

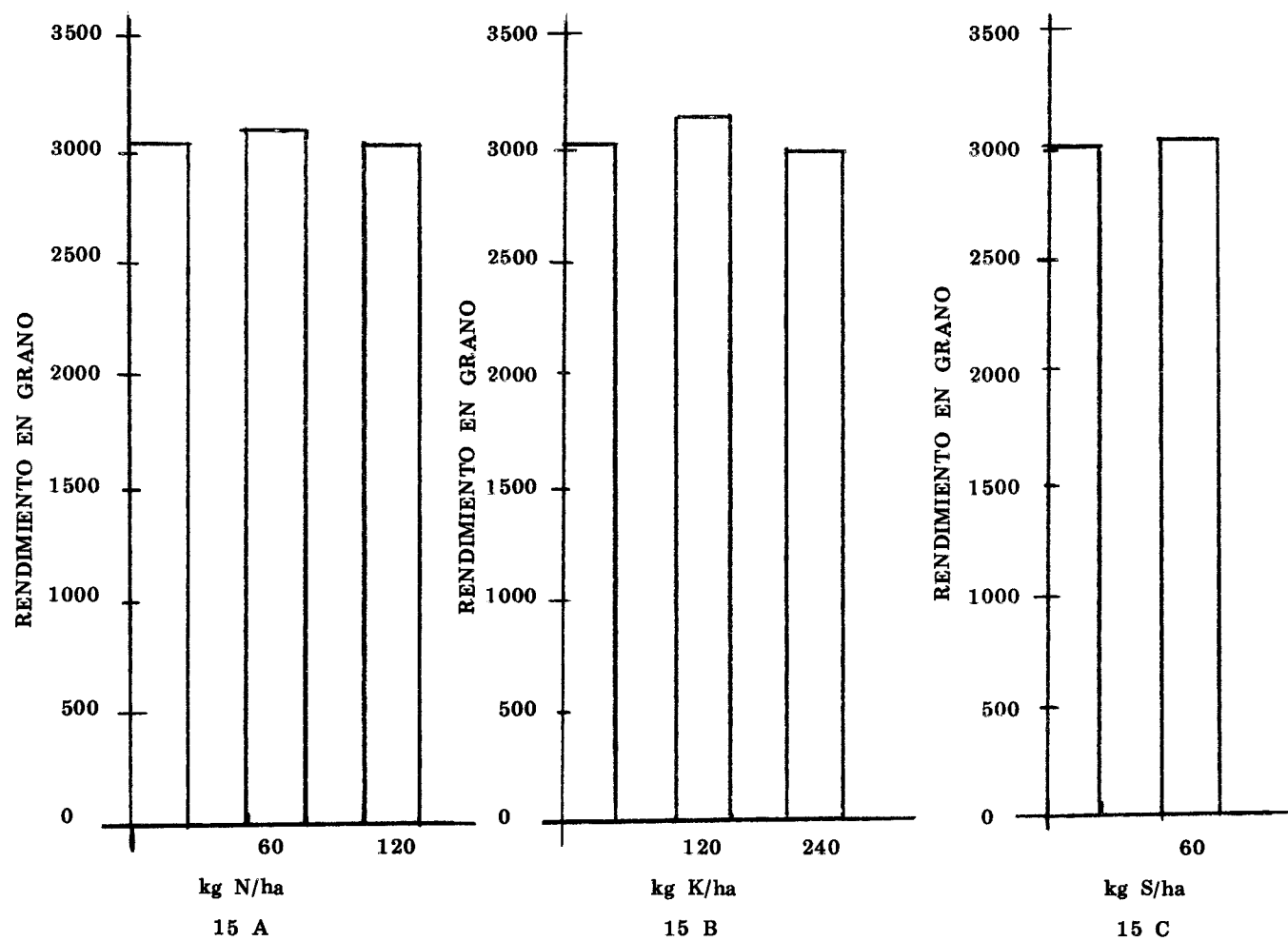


Figura 15 Efecto de niveles de nitrógeno, potasio, y azufre aplicados al suelo en kg/ha sobre el rendimiento del cultivo de soya.

En la figura 15 se presentan los rendimientos del cultivar de soya como respuesta a la aplicación al suelo de N-K-S.

En la figura 15 A se aprecia que el rendimiento aumenta a 3156 kg de grano/ha cuando se aplica al suelo el nivel 60 kg de N/ha, y decrece a niveles mayores de nitrógeno. Se deduce que la cosecha disminuye al aumentar la concentración de éste nutriente al suelo.

En la figura 15 B se observa que el rendimiento aumenta a 3243 kg de grano/ha cuando se incorpora al sustrato el nivel 120 kg de K/ha y disminuye cuando se duplica esta dosis.

Se deduce un efecto decreciente por alta concentración de potasio sobre el rendimiento de la planta.

En la figura 15 C se nota que aplicaciones de azufre al suelo no tienen ningún efecto sobre el rendimiento de grano de la planta de soya y por lo tanto, no hay diferencia significativa entre el nivel de 0 kg de S/ha y 60 kg de S/ha.

VII. CONCLUSIONES

- 1 *El suelo de la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de San Jerónimo, Baja Verapaz, suministra nutrientes para el cultivar de soya. El estado nutricional de las parcelas con y sin nutrientes aplicados al sustrato es semejante como se observa en el análisis de suelo obtenidos en el estado vegetativo y al inicio de la floración presentados en los cuadros 3 y 6 del anexo.*
- 2 *El análisis de varianza para la concentración de nutrientes en hojas de soya es significativo para el nitrógeno en el estado vegetativo y al inicio de la floración, mientras que el potasio solamente en el estado vegetativo como se observa en los análisis de varianza presentados en el anexo.*
- 3 *El análisis de varianza de rendimiento grano no es significativo por efecto de los niveles de N-K-S aplicados al suelo, siendo el mayor rendimiento obtenido con aplicación al sustrato de 60 kg de N/ha, 0 kg de K/ha y 60 kg de S/ha.*
- 4 *En el estado vegetativo sí existe correlación entre el P,K, Ca, Mg, pH del suelo y el P,K,Ca, Mg, S, de la planta, por lo que para estas variables se acepta la hipótesis planteada.*
- 5 *Al inicio de la floración sí existe correlación lineal simple entre el K, Mg, pH del suelo y N,P,Mg de la planta por lo que para estas variables se acepta la hipótesis planteada.*
- 6 *El rendimiento grano de soya expresado en kg/ha no presenta correlación con las variables del suelo.*
- 7 *La concentración de nutrientes en la hoja al inicio de la floración indica al compararla con la escala de suficiencia para hojas de soya de la universidad de Ohio que hay suficiencia de los elementos P,K,Ca,Mg e insuficiencia de N y S ya que estos dos elementos están bajo la escala de suficiencia.*

VII. RECOMENDACIONES

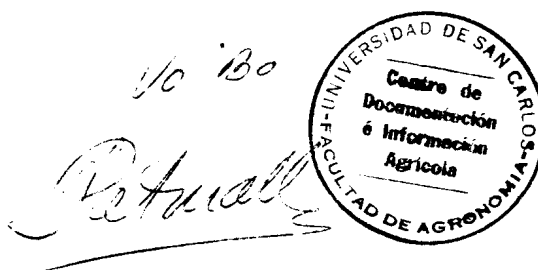
- 1 *Se recomienda preservar y mejorar el estado nutricional del suelo de la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de San Jerónimo, Baja Verapaz para obtener máximos rendimientos ya que en la actualidad esta en capacidad de suministrar los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta de soya.*
- 2 *Se recomienda para el cultivo de soya investigar la fijación biológica de nitrógeno por bacterias del género Rhizobium para reducir el uso de fertilizantes nitrogenados.*
- 3 *Se recomienda el uso de análisis de planta y suelo como método para recomendar las necesidades de fertilización.*
- 4 *De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio se recomienda fertilizar el cultivo de soya con la siguiente dosis, 60 kg de N/ha y 60 kg de S/ha.*

IX. BIBLIOGRAFIA

1. BLACK, C.A. Relaciones suelo, planta. Estados Unidos, Universidad de Iowa, AID, 1975. 510 p.
2. BOWEN, J.E. Análisis de los tejidos vegetales, guía precisa para la fertilización. Agricultura de las Américas (Estados Unidos) 28 (12):56-62. 1979.
3. 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.
4. CARVAJAL, J.F. Cafeto cultivo y fertilización. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa, 1972. 141 p.
5. CORDERO ORTIZ, E. El análisis de la planta como guía de la fertilización fosfórica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1968. 45 p.
6. CORRIOLS ESPINOZA, M. Análisis de la planta como guía de la fertilización nitrogenada del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1965. 44 p.
7. DIAZ, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreos de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 68 p.
8. DOW, A.I. and ROBERTS, S. Critical nutrient ranges for crop diagnosis. Agronomy Journal (Estados Unidos) 74(2):401-403. 1982.
9. ESTRADA ORTIZ, H. Determinación del nivel crítico de potasio por análisis foliar, en dos estados fenológicos del maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 41 p.

- 10 GALIANO S., F. Diagnostico foliar fundamento y empleo en algunos cultivos.
In Francisco Silva Mojica, ed. Fertilidad de Suelos; diagnóstico y control.
Colombia, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1980. pp. 201-224
- 11 GUATEMALA, INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Atlas geográfico nacional.
Guatemala, 1972. p. irr.
- 12 HOWELER, R.H. Analisis foliar de algunos cultivos tropicales. Cali, Colombia,
CIAT, 1974. 22 p.
- 13 JACKSON, M.L. Analisis quimico de suelos. 3 ed. Barcelona, Omega, 1976.
pp. 441-473.
- 14 JONES, J. and ECK, H. Plant analysis as an in fertilizing corn and grain sorghum.
In Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, Soil Science Society
of America, 1980. pp. 349-364.
- 15 MEDINA GUERRA, E. Relationship of the composition of plant tissue in mesquite
(*Prosopis velutina*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) to soil composition. Thesis
Mag. Sc. Texas, USA, Texas University, 1983. 62 p.
- 16 MELGAR, M. Cuaderno del curso de diseños experimentales. Guatemala, Universidad
de San Carlos, Facultad de Agronomía, s.f. 45 p.
- 17 ROO MAITIN, E. El análisis de la planta como guía de la fertilización potásica del
frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad,
Facultad de Agronomía, 1967. 49 p.
- 18 SANDOVAL, J.L. El nivel critico del nitrógeno en maíz (*Zea mays*). Tesis Ing.
Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1971. 71 p.
- 19 SIMMONS, Ch. S., TARANO, J.M. y PINTO, J.H. Clasificación de reconocimiento
de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona.
Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.

- 20 SMALL JUNIOR, H.G. and OHLROGGE, A.J. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In WALSH, L.M. and BEATON J.D. Eds. Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Science Society of América, 1973. pp 315-317.
- 21 TISDALE, S. L. y NELSON, W.L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, UTEHA, 1970. pp. 490-494.
- 22 US. NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE. Manual de fertilizantes. México, LIMUSA, 1980. 292 p.



A N E X O S

Cuadro 1 Concentración de N,P,K,Ca,Mg y S expresados en o/o en hojas de soya muestreadas en el estado vegetativo como respuesta de aplicaciones al suelo de niveles de N-K-S.

Niveles aplicados				Concentración en el follaje					
N	P	K	S	N	P	K	Ca	Mg	S
kg/ha									
0	0	0	0	4.16	0.32	1.92	1.03	0.44	0.16
0	0	0	60	51.2	0.29	1.76	1.08	0.46	0.18
0	0	120	0	4.18	0.30	1.89	1.05	0.42	0.12
0	0	120	60	4.25	0.32	2.04	0.98	0.41	0.14
0	0	240	0	5.17	0.32	1.91	1.01	0.42	0.17
0	0	240	60	5.13	0.31	1.97	0.93	0.41	0.17
60	0	0	0	4.92	0.29	1.84	1.08	0.46	0.16
60	0	0	60	5.01	0.32	2.02	1.04	0.43	0.16
60	0	120	0	4.45	0.28	1.88	1.00	0.41	0.12
60	0	120	60	3.32	0.31	1.47	0.79	0.32	0.16
60	0	240	0	3.83	0.33	1.92	0.94	0.40	0.17
60	0	240	60	5.24	0.32	1.83	1.01	0.44	0.14
120	0	0	0	4.67	0.31	1.77	1.08	0.45	0.13
120	0	0	60	5.45	0.34	2.02	1.00	0.45	0.16
120	0	120	0	4.84	0.30	1.83	0.94	0.41	0.17
120	0	120	60	5.64	0.33	1.89	0.95	0.43	0.20
120	0	240	0	5.29	0.29	1.72	0.95	0.39	0.16
120	0	240	60	5.03	0.32	1.93	0.96	0.43	0.17
0	45	0	0	3.94	0.31	1.85	1.04	0.44	0.13
120	90	120	0	4.23	0.33	1.75	0.98	0.40	0.13
Media				4.69	0.31	1.86	0.99	0.42	-
Coef. de var (o/o)				10.50	8.30	8.46	11.20	9.45	-
Signifi. 5o/o				**	N.S.	*	N.S.	N.S.	-

Cuadro 2 Resultado de análisis foliar en el estado vegetativo en soya.

kg/ha			Primera repetición Porcentaje						Segunda repetición Porcentaje						Tercera repetición Porcentaje					
N	K	S	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
0	0	0	4.8	0.29	2.16	1.19	0.45	0.16	3.7	0.32	1.78	1.01	0.43	0.16	3.8	0.34	1.82	0.99	0.45	0.16
0	0	60	4.6	0.29	1.82	1.10	0.52	0.18	4.8	0.25	1.63	1.15	0.44	0.18	5.8	0.33	1.82	0.99	0.44	0.18
0	120	0	4.4	0.29	1.82	1.10	0.47	0.12	4.0	0.26	1.47	0.95	0.35	0.12	4.0	0.34	2.38	1.10	0.44	0.12
0	120	60	3.7	0.30	2.03	1.01	0.41	0.14	4.0	0.34	2.16	0.95	0.40	0.14	5.0	0.33	1.94	0.99	0.43	0.14
0	240	0	4.7	0.32	1.88	0.99	0.45	0.17	5.0	0.28	1.82	1.12	0.40	0.17	5.7	0.36	2.03	0.92	0.40	0.17
0	240	60	4.7	0.27	1.94	1.01	0.44	0.17	5.0	0.33	1.94	0.92	0.39	0.17	5.5	0.33	2.03	0.87	0.40	0.17
0(N)45(P)0(K)			4.2	0.28	1.72	1.04	0.44	0.13	4.0	0.27	1.63	1.04	0.42	0.13	3.5	0.32	2.03	1.10	0.47	0.13
60	0	0	5.4	0.22	1.88	1.19	0.47	0.16	4.7	0.32	1.82	0.95	0.40	0.16	4.5	0.32	1.82	1.10	0.50	0.16
60	0	60	5.0	0.30	2.09	1.04	0.41	0.16	4.6	0.32	2.03	1.10	0.47	0.16	5.3	0.33	1.94	0.99	0.41	0.16
60	120	0	4.9	0.24	1.82	1.04	0.43	0.12	3.9	0.26	1.72	0.95	0.38	0.12	4.4	0.34	2.09	1.01	0.41	0.12
60	120	60	3.2	0.28	1.47	0.87	0.34	0.16	3.5	0.32	1.22	0.57	0.24	0.16	3.1	0.33	1.72	0.92	0.38	0.16
60	240	0	3.7	0.26	1.94	1.01	0.41	0.17	3.3	0.36	2.03	0.95	0.43	0.17	4.4	0.36	1.78	0.87	0.37	0.17
60	240	60	4.1	0.30	1.72	0.87	0.37	0.14	5.2	0.32	1.88	1.12	0.45	0.14	6.2	0.34	1.83	1.04	0.49	0.14
120N90 P120K			4.6	0.34	1.82	1.01	0.39	0.13	3.9	0.32	1.72	1.04	0.41	0.13	4.1	0.33	1.72	0.90	0.40	0.13
120	0	0	5.1	0.29	1.72	0.92	0.40	0.13	5.0	0.30	1.83	1.30	0.50	0.13	3.8	0.33	1.72	1.04	0.46	0.13
120	0	60	5.3	0.34	2.03	0.92	0.42	0.16	5.6	0.32	2.09	0.99	0.45	0.16	5.3	0.36	1.94	1.10	0.49	0.16
120	120	0	4.9	0.30	1.88	0.87	0.40	0.17	5.0	0.28	1.78	0.95	0.40	0.17	4.5	0.32	1.82	1.01	0.43	0.17
120	120	60	5.2	0.32	1.82	0.92	0.40	0.20	5.4	0.32	2.03	0.95	0.42	0.20	6.2	0.36	1.82	0.99	0.46	0.20
120	240	0	5.6	0.23	1.72	1.10	0.41	0.16	4.8	0.30	1.63	0.75	0.31	0.16	5.3	0.34	1.82	1.01	0.45	0.16
120	240	60	4.8	0.27	1.88	1.12	0.47	0.17	4.9	0.36	2.03	0.90	0.39	0.17	5.3	0.33	1.88	0.87	0.43	0.17

Cuadro 3 Resultado de análisis de suelo en el estado vegetativo en soya.

kg/ha			microgr./ml meq./100 ml. suelo					microgr./ml meq./100 ml. suelo					microgr./ml meq./100 ml. suelo				
N	K	S	pH	P	K	Ca	Mg	pH	P	K	Ca	Mg	pH	P	K	Ca	Mg
0	0	0	5.9	37.83	180	6.87	1.86	5.9	23.75	93	3.75	0.96	6.0	23.75	130	5.22	1.77
0	0	60	5.9	26.67	125	4.98	1.32	5.9	23.75	93	3.48	0.96	5.9	14.25	98	4.00	1.23
0	120	0	5.8	29.75	155	5.73	1.47	5.8	23.75	100	3.75	1.08	6.0	25.00	253	4.98	1.47
0	120	60	6.0	20.33	133	3.75	1.23	6.1	28.17	150	5.52	1.32	5.9	25.00	125	4.62	1.47
0	240	0	6.0	23.75	238	6.12	1.68	5.6	20.83	155	3.75	0.99	5.9	28.17	395	4.98	1.47
0	240	60	5.8	32.92	385	6.60	1.77	6.0	20.83	100	4.00	0.99	6.0	28.17	378	6.36	2.28
60	0	0	5.7	31.25	138	6.36	1.77	5.9	26.67	98	5.52	1.32	5.8	20.83	113	4.62	1.38
60	0	60	6.0	32.92	133	5.22	1.38	5.8	23.75	108	4.62	1.23	5.8	28.17	125	4.62	1.38
60	120	0	5.7	26.67	143	6.12	1.38	5.6	19.58	105	3.00	0.78	5.8	25.00	150	4.98	1.68
60	120	60	5.9	31.25	163	5.52	1.47	5.7	32.92	145	5.73	1.32	5.7	26.67	295	4.98	1.47
60	240	0	5.7	31.25	395	6.87	1.77	6.3	32.92	185	6.60	1.54	5.8	23.75	258	4.62	1.77
60	240	60	5.8	23.75	143	4.00	1.23	5.7	23.75	105	3.75	0.99	5.8	18.08	265	4.62	1.32
120	0	0	5.8	25.00	118	4.00	1.23	5.8	26.67	120	4.00	1.08	5.5	20.83	118	4.62	1.38
120	0	60	6.0	28.17	138	5.52	1.59	5.8	29.75	145	5.73	1.38	5.7	29.75	125	4.98	1.47
120	120	0	5.7	26.67	155	6.12	1.38	5.8	23.75	108	3.75	0.99	5.8	18.08	155	4.00	1.23
120	120	60	5.7	32.92	168	6.36	1.59	5.8	36.08	210	6.60	1.68	5.8	19.58	133	4.62	1.38
120	240	0	5.5	25.00	335	6.60	1.59	5.6	22.33	125	3.24	0.96	5.7	22.33	385	4.00	1.08
120	240	60	5.9	23.75	290	6.38	1.77	6.3	32.92	150	5.73	1.32	5.7	23.75	215	4.62	1.38
ON 45P		OK	6.1	34.50	118	5.22	1.38	6.0	26.67	88	4.00	0.99	6.1	31.25	163	6.12	2.16
120N 90P		120K	5.9	> 50	215	4.62	1.23	5.8	22.33	88	3.48	0.99	5.9	50	270	5.73	1.86

Cuadro 4 Concentración de N,P,K,Ca,Mg y S expresados en o/o en hojas de soya muestreadas al inicio de la floración como respuesta de aplicaciones al suelo de niveles de N-K-S.

k/ha									
Niveles aplicados									
N	P	K	S	N	P	K	Ca	Mg	S
0	0	0	0	2.62	0.32	1.93	1.74	0.35	0.17
0	0	0	60	2.54	0.30	1.87	1.39	0.30	0.13
0	0	120	0	3.04	0.32	1.87	1.32	0.28	0.14
0	0	120	60	3.20	0.29	1.91	1.31	0.28	0.17
0	0	240	0	2.92	0.28	1.87	1.35	0.29	0.10
0	0	240	60	2.49	0.28	1.72	1.45	0.25	0.13
60	0	0	0	3.51	0.32	1.78	1.61	0.31	0.13
60	0	0	60	3.32	0.33	2.02	1.41	0.30	0.17
60	0	120	0	2.89	0.28	1.86	1.63	0.29	0.13
60	0	120	60	3.44	0.32	1.99	1.47	0.33	0.14
60	0	240	0	3.27	0.32	2.09	1.47	0.31	0.17
60	0	240	60	2.79	0.28	1.75	1.44	0.27	0.16
120	0	0	0	3.86	0.33	2.02	1.30	0.35	0.13
120	0	0	60	3.47	0.31	1.92	1.54	0.35	0.17
120	0	120	0	3.19	0.31	1.97	1.39	0.29	0.13
120	0	120	60	3.90	0.32	1.99	1.39	0.34	0.17
120	0	240	0	3.49	0.30	2.01	1.54	0.32	0.14
120	0	240	60	3.96	0.32	2.05	1.39	0.31	0.16
0	45	0	0	2.52	0.34	1.88	1.39	0.31	0.16
120	90	120	0	2.94	0.36	1.90	1.61	0.33	0.12
Media:				3.16	0.31	1.91	1.45	0.30	-
Coef. de var (o/o):				8.87	9.12	8.51	15.04	18.08	-
Signific. 5o/o:				**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-

**Cuadro 5 Resultado de análisis foliar al inicio
de la floración en soya,**

kg/ha			Primera repetición Porcentaje						Segunda repetición Porcentaje						Tercera repetición Porcentaje					
N	K	S	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
0	0	0	2.73	0.31	1.83	2.25	0.41	0.17	2.10	0.36	1.88	1.30	0.31	0.17	3.04	0.30	2.03	1.67	0.33	0.17
0	0	60	2.52	0.28	1.78	1.47	0.34	0.13	2.49	0.34	1.93	1.25	0.30	0.13	2.62	0.27	1.94	1.44	0.27	0.13
0	120	0	3.15	0.30	1.94	1.56	0.29	0.14	3.04	0.36	1.94	1.10	0.28	0.14	2.94	0.30	1.72	1.30	0.26	0.14
0	120	60	3.19	0.28	2.03	1.36	0.35	0.17	3.15	0.33	1.66	1.15	0.23	0.17	3.25	0.27	2.03	1.41	0.27	0.17
0	240	0	2.79	0.28	2.03	1.39	0.31	0.10	2.83	0.31	1.94	1.36	0.27	0.10	3.13	0.24	1.50	1.30	0.29	0.10
0	240	60	2.66	0.25	1.78	1.81	0.27	0.13	2.23	0.33	1.66	1.10	0.21	0.13	2.52	0.25	1.72	1.44	0.26	0.13
0N	45P	0K	2.85	0.30	1.82	1.47	0.31	0.16	2.20	0.45	1.83	1.25	0.30	0.16	2.52	0.28	1.82	1.44	0.28	0.16
60	0	0	3.32	0.27	1.47	2.19	0.34	0.13	3.46	0.38	1.94	1.25	0.29	0.13	3.76	0.30	1.94	1.39	0.31	0.13
60	0	60	3.59	0.34	2.03	1.50	0.33	0.17	3.00	0.33	1.94	1.36	0.27	0.17	3.36	0.31	2.09	1.36	0.29	0.17
60	120	0	3.17	0.31	2.03	1.85	0.29	0.13	2.52	0.28	1.78	1.44	0.28	0.13	2.98	0.25	1.78	1.60	0.30	0.13
60	120	60	4.05	0.34	1.94	1.41	0.36	0.14	2.33	0.31	1.78	1.70	0.32	0.14	3.44	0.31	2.25	1.32	0.31	0.14
60	240	0	3.46	0.33	1.94	1.52	0.29	0.17	3.42	0.36	2.25	1.30	0.31	0.17	2.94	0.28	2.09	1.60	0.33	0.17
60	240	60	3.21	0.27	1.78	1.52	0.31	0.16	2.31	0.31	1.66	1.32	0.22	0.16	2.86	0.25	1.82	1.47	0.29	0.16
120N	90P	120K	3.25	0.34	2.03	1.50	0.31	0.12	2.73	0.36	1.94	1.41	0.31	0.12	2.83	0.28	1.72	1.91	0.38	0.12
120	0	0	3.99	0.31	1.88	1.36	0.41	0.13	3.78	0.36	2.09	1.21	0.31	0.13	3.82	0.33	2.09	1.32	0.34	0.13
120	0	60	3.44	0.31	1.38	1.60	0.33	0.17	3.61	0.30	1.78	1.87	0.36	0.17	3.36	0.33	2.09	1.15	0.37	0.17
120	120	0	2.94	0.33	1.94	1.67	0.31	0.13	3.27	0.31	1.94	1.10	0.26	0.13	3.36	0.30	2.03	1.41	0.30	0.13
120	120	60	3.78	0.31	1.78	1.50	0.35	0.17	4.05	0.33	2.09	1.41	0.31	0.17	3.86	0.33	2.09	1.25	0.35	0.17
120	240	0	3.57	0.28	1.78	1.91	0.34	0.14	3.54	0.33	2.09	1.47	0.30	0.14	3.36	0.31	2.16	1.25	0.33	0.14
120	240	60	3.57	0.34	1.88	1.64	0.33	0.16	3.69	0.34	2.25	1.47	0.29	0.16	4.62	0.28	2.03	1.07	0.30	0.16

**Cuadro 6 Resultado de análisis de suelo al inicio
de la floración en soya**

kg/ha			microgr./ml meq./100 ml suelo					microgr./ml meq./100 ml suelo					microgr./ml meq./100 ml suelo				
N	K	S	pH	P	K	Ca	Mg	pH	P	K	Ca	Mg	pH	P	K	Ca	Mg
0	0	0	6.3	28.02	108	5.52	1.38	6.0	31.66	173	5.52	1.38	6.2	18.92	85	4.35	1.32
0	0	60	6.3	24.38	98	5.22	1.32	5.8	35.29	125	5.52	1.32	5.9	17.10	238	4.35	1.23
0	120	0	6.4	28.02	220	4.98	1.32	5.9	28.02	168	4.35	1.14	6.1	37.11	120	4.35	1.23
0	120	60	6.2	18.92	253	4.62	1.14	6.2	28.02	88	4.98	1.23	5.9	22.56	232	5.73	1.68
0	240	0	6.2	17.10	138	4.62	1.38	6.2	31.66	85	4.35	1.14	5.9	20.74	83	4.62	1.47
0	240	60	6.2	22.56	220	5.22	1.47	6.0	26.20	80	3.99	1.08	6.2	24.38	378	3.99	1.38
60	0	0	6.2	18.92	93	3.75	1.14	6.2	22.56	180	3.48	0.99	5.9	26.20	290	3.99	1.14
60	0	60	6.2	38.93	138	3.99	1.14	5.9	26.20	283	3.75	1.03	6.2	48.03	88	3.99	1.32
60	120	0	6.2	31.66	93	3.75	1.18	6.1	>50	135	3.48	0.99	6.2	31.66	118	3.99	1.38
60	120	60	5.9	17.00	265	3.48	1.08	6.2	18.92	120	3.24	0.99	6.2	17.10	155	4.62	1.68
60	240	0	5.9	26.20	133	3.75	1.14	6.3	28.02	203	3.00	0.96	6.2	22.56	105	3.99	1.59
60	240	60	5.9	26.20	98	4.25	1.23	5.8	22.56	150	3.00	0.96	6.2	17.10	168	3.99	1.47
120	0	0	5.9	26.20	145	5.22	1.32	6.1	24.38	85	3.24	0.99	5.9	20.74	120	3.99	1.38
120	0	60	6.1	28.02	130	4.62	1.23	6.3	50	93	3.99	1.14	6.0	24.38	93	3.99	1.38
120	120	0	5.8	29.84	180	5.22	1.32	5.7	22.56	215	4.35	1.14	6.3	11.65	71	3.24	0.99
120	120	60	5.9	28.02	108	5.22	1.23	6.1	28.02	210	4.35	1.03	6.2	15.29	73	3.24	1.08
120	240	0	6.0	28.02	113	5.73	1.32	6.0	28.02	238	4.25	1.03	6.3	17.10	113	3.48	0.99
120	240	60	6.1	26.20	155	4.98	1.14	5.9	35.29	310	4.62	1.14	6.0	15.29	98	3.75	1.14
0N	45P	0K	6.2	18.92	83	3.99	1.14	5.8	23.02	93	3.75	1.03	6.2	22.56	143	3.99	1.32
120N	90P	120K	5.9	22.56	98	3.75	1.08	5.6	22.56	220	3.00	0.96	6.1	11.65	73	3.48	1.23

Cuadro 7 Análisis de varianza para concentración de nitrógeno en el estado vegetativo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
Bloque	2	0.36		
Tratamiento	19	1.14	4.69 **	2.55 – 1.93
Error	38	0.24		
Total	59			

** = significativo al 1 o/o de probabilidad

N.S. = No significativo

C.V. = 10.58 o/o

Cuadro 8 Análisis de varianza para concentración de nitrógeno al inicio de la floración.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
Bloque	2	0.36		
Tratamiento	19	0.63	7.98**	2.55 – 1.93
Error	38	0.079		
Total	59			

** = significancia al 1 o/o de probabilidad

N.S. = No significativo

C.V. = 8.87 o/o

Cuadro 9 Análisis de varianza para concentración de fósforo en el estado vegetativo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
Bloque	2	0.013		
Tratamiento	19	0.00085	1.28 N.S.	2.55 – 1.93
Error	38	0.00066		
Total	59			

N.S. = No significativo

C.V. = 8.30o/o

Cuadro 10 Análisis de varianza para concentración de fósforo al inicio de la floración.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5 o/o
Bloque	2	0.013		
Tratamiento	19	0.0012	1.50 N.S.	2.55–1.93
Error	38	0.0008		
Total	59			

N.S. = No significativo

C.V. = 9.12o/o

Cuadro 11 Análisis de varianza para concentración de potasio en el estado vegetativo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
Bloque	2	0.029		
Tratamiento	19	0.049	2.01 *	2.55 –1.93
Error	38	0.024		
Total	59			

* = Significancia al 5 o/o de probabilidad

N.S. = No significativo

C.V. = 8.46o/o

Cuadro 12 Análisis de varianza para concentración de potasio al inicio de la floración.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
Bloque	2	0.022		
Tratamiento	19	0.031	1.19N.S.	2.55–1.93
Error	38	0.026		
Total	59			

N.S. = No significativo

C.V. = 8.15o/o

Cuadro 13 Análisis de varianza para concentración de calcio en el estado vegetativo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
Bloque	2	0.0073		
Tratamiento	19	0.0141	1.15 N.S.	2.55 – 1.93
Error	38	0.0123		
Total	59			

N.S. = No significativo

C.V. = 11.20 o/o

Cuadro 14 Análisis de varianza de concentración de calcio al inicio de la floración.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
Bloque	2	0.440		
Tratamiento	19	0.043	0.91 N.S.	2.55 – 1.93
Error	38	0.047		
Total	59			

N.S. = No significativo

C.V. = 15.04 o/o

Cuadro 15 Análisis de varianza para concentración de magnesio en el estado vegetativo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
<i>Bloque</i>	2	0.005		
<i>Tratamiento</i>	19	0.0031	1.91 N.S.	2.55 – 1.93
<i>Error</i>	38	0.0015		
<i>Total</i>	59			

N.S. = No significativo

C.V. = 9.45 o/o

Cuadro 16 Análisis de varianza para concentración de magnesio al inicio de la floración.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 1o/o – 5o/o
<i>Bloque</i>	2	0.0075		
<i>Tratamiento</i>	19	0.0023	0.80 N.S.	2.55 – 1.93
<i>Error</i>	38	0.0029		
<i>Total</i>	59			

N.S. = No significativo

C.V. = 18.08 o/o

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"

[Handwritten signature]



ING. AGR. GUSTAVO A. MENDEZ G.
DECANO EN FUNCIONES