

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

FERTILIZACION FOLIAR EN TRIGO  
(*Triticum aestivum* L., em. thell) CON N-P-K-S,  
MANTENIENDO LOS NIVELES DE P FIJOS

TESTIS

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

POR

**JORGE LEONEL HERNANDEZ CAMPOLLO**

Al conferírsele el título de  
INGENIERO AGRONOMO

en el grado de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto de 1979

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

TESIS DE REFERENCIA  
**NO**  
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA  
BIBLIOTECA CENTRAL-USAC.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

R  
01  
T(365)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Saúl Osorio Paz

JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 1o.:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal 4o.:	Br. Juan Miguel Irías
Secretario:	Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL  
EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador:	Dr. Alfredo Chacón P.
Examinador:	Ing. Agr. Oscar R. Leiva R.
Examinador:	Ing. Agr. Mario Ozaeta
Secretario:	Ing. Agr. Leonel Coronado C.



Guatemala, Agosto de 1979

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo tengo el honor de someter a vuestro criterio el trabajo de tesis titulado:

FERTILIZACION FOLIAR EN TRIGO  
(*Triticum aestivum* L./em. thell) CON N-P-K-S,  
MANTENIENDO LOS NIVELES DE P FIJOS

Espero que el presente trabajo sea una contribución a la información básica necesaria para el desarrollo agrícola de nuestro país. Asimismo, que sea merecedor de vuestra - - aceptación.

Respetuosamente,

Jorge Leonel Hernández Campollo



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

30 de julio de 1979

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Señor Decano de la  
Facultad de Agronomía  
Dr. Antonio Sandoval.  
PRESENTE.

Señor Decano:

En atención a la designación que nos hiciera el Decanato al digno cargo del Ing. Rodolfo Estrada G, nos cabe el honor de hacer de su conocimiento que hemos asesorado al Br. JORGE LEONEL HERNANDEZ CAMPOLLO, en la ejecución de su trabajo de tesis de grado titulada: "FERTILIZACION FOLIAR EN TRIGO (Triticum aestivum L./em. thell) CON N-P-K-S, MANTENIENDO LOS NIVELES DE P FIJOS".

Se presenta esta investigación, basado realmente en el método científico y como el segundo de una serie de trabajos proyectados en el Departamento de Edafología de esta Facultad en relación al cultivo de trigo, tendientes todos a efectuar un detenido estudio del efecto de la fertilización foliar tanto en el incremento del porcentaje de proteína como de los factores primarios de la producción de dicho cultivo. Consideramos que los resultados del trabajo son satisfactorios y prometen bastante para la agricultura de Guatemala al dejar abierta una serie de inquietudes científicas en la investigación de granos básicos.

Por lo anteriormente expuesto opinamos que el trabajo del Br. Hernández Campollo, cumple con todos los requisitos que debe llenar una tesis de graduación a nivel superior, y en consecuencia recomendamos que el mismo sea aceptado para su discusión y defensa en el Examen General Público que el autor debe sostener en el acto de su graduación.

Es nuestro deseo dejar constancia del entusiasmo y dedicación que el autor de esta tesis manifestó durante la programación y ejecución de este estudio.

Sin otro particular, nos es grato reiterar nuestras muestras de consideración y aprecio.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Salvador Castillo O.  
ASESOR

Dr. Emilio Escamilla E. Director Depto. de Edafología.  
ASESOR  
Investigador Depto. Edafología.

## ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES:

Juvencio Hernández Soto  
Milagros C. de Hernández

A MI ESPOSA:

Ana Carlota J. de Hernández

A MIS HERMANOS:

Elena,  
Carlos,  
Olga y  
Luis

A LA FAMILIA:

Juárez Barillas

A mis compañeros de grupo de  
estudios.

TESIS QUE DEDICO  
A LOS AGRICULTORES GUATEMALTECOS,  
EN ESPECIAL A LOS TRITICULTORES.

## AGRADECIMIENTO

### A: Mis Asesores:

Dr. Emilio Escamilla E.

Ing. Agr. Salvador Castillo O.

A: La Urbanizadora y Agropecuaria ARRAZOLA, S.A., en especial al Dr. Edgar A. Molina F., - por su valiosa colaboración en el presente estudio.

A: La señora Sandra Juárez de González, por su colaboración.

A: Mi esposa Ana Carlota J. de Hernández, por su participación en la transcripción mecanográfica.

A: Todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma hicieron posible la realización del presente estudio.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. REVISION DE LITERATURA
  - 2.1 Importancia del Trigo
  - 2.2 Fertilización Foliar
  - 2.3 Componentes del Rendimiento
  - 2.4 Relación de los nutrientes con el valor nutritivo del grano.
    - 2.4.1 Nitrógeno
    - 2.4.2 Fósforo
    - 2.4.3 Potasio
    - 2.4.4 Azufre
3. MATERIALES Y METODOS
  - 3.1 Localización
  - 3.2 Clima
  - 3.3 Suelos
  - 3.4 Materiales
  - 3.5 Diseño Experimental
  - 3.6 Prácticas Culturales
  - 3.7 Metodología Experimental
4. RESULTADOS Y DISCUSION
  - 4.1 Discusión General
  - 4.2 Rendimiento
  - 4.3 Componentes del Rendimiento

## CONTENIDO

- 4.3.1 Número de Plantas por Area
- 4.3.2 Número de Granos por Espiga
- 4.3.3 Peso del Grano
- 4.4 Contenido de Proteína del Grano de Trigo
- 4.5 Correlaciones
- 4.6 Resumen de Resultados y Discusión
- 5. CONCLUSIONES
- 6. RECOMENDACIONES
- 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

## 1. INTRODUCCION

En Guatemala la producción de cereales refleja bajos rendimientos debido a una serie de factores tanto económicos como agronómicos que inciden en la producción. Dentro de los cereales se encuentra el trigo que ocupa un lugar muy importante, ya que es una fuente de alimentos para la población nacional.

Enfrentándonos al evidente desequilibrio entre el ritmo del crecimiento demográfico y el de la producción de alimentos que se agudiza más aún por el problema de los energéticos, nos ha obligado a la investigación para la búsqueda de mejores alternativas tecnológicas en la producción de granos básicos, que son el fundamento primordial de la alimentación de la población humana. De aquí la inquietud que se ha despertado en científicos y técnicos para mejorar dichos cultivos y obtener no solo mejores rendimientos, sino incrementar la calidad y cantidad de proteína del grano, satisfaciendo la demanda de los pueblos deficitarios en estos granos.

Por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en todos los continentes, el cultivo del trigo se extiende ampliamente en muchas partes del mundo, de tal manera que en la actualidad ocupa el primer lugar entre los cuatro cereales de mayor producción mundial (trigo, maíz, arroz y cebada). Sin embargo, siendo un cultivo tolerante a bajas temperaturas en sus primeras fases de desarrollo, su mayor producción tiende a concentrarse en ciertas áreas, principalmente en aquellos países de clima templado y frío.

En las dos últimas décadas la distribución del cultivo sigue extendiéndose debido a que se va obteniendo gran número de variedades nuevas de mejor rendimiento y principalmente a la demanda de mayor cantidad de alimentos por el au-

mento de la población mundial.

La producción del trigo durante los últimos diez años, ha experimentado un lento proceso de crecimiento alrededor de un 5% entre los países grandes productores. Indiscutiblemente - - que la mayor investigación agrícola sobre técnicas culturales, - fertilización y el uso sistemático de semillas seleccionadas, se rán factores determinantes en una mayor producción por unidad de superficie y mejor calidad del grano.

El cultivo de trigo en nuestro medio, se caracteriza por estar distribuido en un amplio rango de tamaños de explotaciones, variando todas estas áreas cultivadas en grado tecnológico lo cual depende de los diferentes niveles económicos de nuestros agricultores y de sus conocimientos de tecnología eficiente.

La motivación de cómo los tratamientos responden a la fertilización foliar con N-P-K-S en trigo tiene por objetivos:

- a) Poner a prueba en el campo de la triticultura una técnica, que aunque su uso data desde el siglo pasado, no ha sido utilizada como una práctica agronómica en el cultivo de trigo. En el presente trabajo de tesis, dicha técnica está referida a la fertilización foliar post-floración;
- b) Observar los efectos de la fertilización foliar en las alteraciones fisiológicas con respecto a las componentes del rendimiento y el contenido de proteína que en la planta de trigo puedan ocurrir; y
- c) Proporcionar información sobre los efectos del N-P-K-S, de los objetivos anteriores.

Las hipótesis que se plantean son:

- a) Los rendimientos del grano de trigo son iguales; y
- b) El contenido de proteína del grano es igual en los distintos niveles de aplicación foliar.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del Trigo:

Entre los granos básicos debe considerarse la situación del trigo, que en nuestro medio es uno de los cultivos que debe merecer atención especial en los programas de producción de alimentos. Es importante señalar que según la Gremial Nacional de Trigueros (8), tanto en el año 1977 como en los anteriores, la producción fue menor al 50% del consumo nacional, lo que trae como consecuencia su importación, causando un fuerte impacto en la economía nacional, provocando fuga de divisas, así como también la dependencia externa hacia otros países productores de este grano. Por otra parte, debe considerarse también que es un cultivo de gran importancia económica en la altiplanicie occidental, región densamente poblada del país, y que según lo señala el ICTA (9), del cultivo del trigo dependen en Guatemala, alrededor de 100,000 pequeños y medianos agricultores que cultivan aproximadamente unas 50,000 manzanas de este grano.

El inicio del cultivo de trigo en Guatemala, se remota a los principios del siglo XVII. Por la importancia del mismo y la necesidad que existe, el área ha sido aumentada año con año, y según informe de la Gremial Nacional de Trigueros (8), la extensión que actualmente se está cultivando en el territorio nacional, es de 31,370 hectáreas y la producción que se ha obtenido en los últimos 5 años se observa en el siguiente cuadro:

## CUADRO No. 1

### PRODUCCION NACIONAL DE TRIGO EN GUATEMALA

<u>AÑO</u>	<u>TONELADAS</u>
1973	48,847.45
1974	47,016.40
1975	32,550.00
1976	54,879.95
1977	58,416.27

En nuestro medio entonces, es necesario incrementar la producción de trigo por unidad de superficie para llegar a ser un país autosuficiente en la producción triguera, y de ser posible llegar a tener altas producciones para convertirse en exportadores de este grano. Asimismo, debe investigarse la posibilidad de aumentar la cantidad de proteína del grano ya que un gran sector de la población, depende de cereales como fuente principal de alimentos. Por lo tanto, la calidad o sea la presencia de una proteína bien balanceada y altamente digerible, es necesaria en la producción de cereales.

#### 2.2 Fertilización Foliar:

El auge que han tenido en los últimos años los fertilizantes foliares y en busca de nuevas técnicas e ideas con el fin de obtener mejores cosechas, se han realizado en Guatemala varios experimentos con diferentes cultivos, en que se utiliza la fertilización foliar como complemento de la fertilización edáfica.

Jacob & Uexküll (12), indican que en un amplio sentido de la palabra, se entiende como nutrimentos vegetales a todas-

aquellas materias que son requeridas por la planta para su crecimiento y formación de sustancias orgánicas. Conforme a esta definición, se llaman nutrimentos vegetales a todas aquellas sustancias que después de ser asimiladas por la planta, fomenta su desarrollo en cualquiera de sus fases de crecimiento desde la germinación hasta la completa madurez, mejorando por consiguiente, el rendimiento de la planta.

Tisdale & Nelson (21), dicen que la mayor dificultad en suministrar nitrógeno y potasio en pulverizaciones foliares, es en la aplicación de cantidades adecuadas sin que causen quemaduras severas a las hojas, y sin necesitar gran volumen de solución o gran número de aplicaciones de rociado. Su importancia estriba en que es una forma rápida y eficaz de proporcionar los elementos en forma segura a la planta, tomando mayor interés en los elementos que son necesitados en mínimas cantidades para ésta. Caso por lo que se ocupa casi exclusivamente como un complemento de la fertilización al suelo.

Landsiedel (14), hace referencia que cuando el N, P y K son aplicados en aspersión a las hojas y otras partes de la planta, estos elementos son rápidamente absorbidos y transportados a las demás partes de la planta. El porcentaje de transporte ha sido estimado en una pulgada cada cinco minutos. Los nutrimentos en cuestión pueden ser reconocidos en cada parte de la planta después de una hora del tratamiento, y más de la mitad de la aplicación puede ser absorbida por la planta en un período de veinticuatro horas.

Willer y colaboradores, citados por Perdomo (18), concluyen que, desde hace más de cien años -cuando se utilizaron aspersiones de hierro, para corregir la clorosis de las hojas en los cultivos de suelos alcalinos- hasta nuestros días, la nutrición foliar es y será muy importante en la producción agrí

cola. Algunos cultivos toman gran parte de sus alimentos por las hojas, en tanto que muchos otros la absorción por las partes aéreas, constituye el único medio práctico de absorber nutrientes específicos. Con la mayoría de cultivos, la nutrición foliar será eventualmente de gran importancia en una u otra etapa de su desarrollo. La alimentación por las hojas en los cultivos se está estandarizando como una medida, que no puede faltar contra las deficiencias específicas y el azar de cambios climáticos impredecibles que pueden ocurrir durante el crecimiento de los cultivos.

La idea de que las aspersiones foliares debieran aplicarse solamente después de la aparición de un síntoma de deficiencia, no es fundada, ya que las bajas en rendimiento y calidad del grano generalmente preceden la aparición de síntomas visibles. Esto es conocido como "Hambre Oculta". Las aspersiones de nutrientes como los fertilizantes aplicados al suelo, deben usarse con el objeto de mantener los cultivos a un óptimo más bien que a un estado sub-óptimo o de producción marginal.

Perdomo & Hampton (18), indican que los nutrientes que pueden ser aplicados efectivamente en aspersiones foliares son: el nitrógeno en forma de urea; el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio, el azufre, el hierro, el manganeso, el zinc y el molibdeno. Los mismos autores señalan que los macroelementos pueden ser aplicados en aspersiones únicamente como suplemento nutricional a los cultivos durante los períodos críticos del crecimiento. Esta técnica de aplicación de nutrientes por aspersión se recomienda especialmente para el suministro de micronutrientes cuando estos elementos están deficientes o no disponibles en el suelo.

Tisdale & Nelson (21), concluyen que aún falta mucho por aprender acerca de las aplicaciones foliares indicando que,

debe determinarse su valor en suplementar los programas de fertilidad confinada.

El acercamiento a ambos problemas sería la adición de nutrimentos a las plantas como lo revelan algunos textos sobre suelos y plantas, así como la correlación con la acción sobre las cosechas y el costo de la práctica en relación al aumento del rendimiento; vale decir, aumentar los beneficios.

### 2.3 Componentes del Rendimiento:

El informe anual de CIMMYT (15) reporta que en cereales los componentes del rendimiento son:

1. Número de plantas por área (densidad);
2. Número de espigas por planta;
3. Número de granos por espiga; y
4. El peso mismo del grano.

Escamilla (7), indica que el rendimiento en trigo, está en función de:

1. El peso de 1,000 granos;
2. Número de espiguillas por espigas;
3. Número de flores por espiguilla (que pueden ser expresados como granos por espiga); y
4. Número de espigas por unidad de área.

Así mismo, encontró que dichos componentes del rendimiento, fueron influidos por la variedad, niveles de fertilización, densidad y repeticiones. También determinó que el número total de espigas, fue estadísticamente significativo entre densidades, entre niveles de fertilización, entre variedades y en la interacción densidad por fertilización; esto último

podría sugerir que el número de espigas fue influido por la fertilización foliar. Otra variable donde encontró significancia de la interacción antes mencionada, fue en el peso del grano.

Entre las variedades del trigo, estudiadas por Escamilla (7), encontró diferencias significativas entre el peso de 1,000 granos, entre granos por espiga y entre el número de espigas por unidad de área. Indica también, que todas las variedades estudiadas mostraron disminuir el número de granos por espiga a una mayor densidad y, que la fertilización foliar incrementó el número de granos por espiga, en comparación con el testigo en dos de las variedades estudiadas.

En el trabajo presentado por López (13), se puede observar que hubo respuesta positiva a aplicaciones de potasio, aún cuando los análisis de suelos fueron altos en este elemento. La acción del potasio fue independiente del nitrógeno y el fósforo, ya que este nutrimento favoreció la buena calidad del grano; esto es demostrado por el índice de aumento del peso de 1,000 granos y del peso específico.

El informe anual del CIMMYT (15), reporta un estudio realizado en el CIANO, México en 1969 utilizando las variedades doble enanas INIA y CIANO, con altos niveles de fertilización nitrogenada en el suelo; la variedad CIANO produjo 449 espigas por metro cuadrado, y la INIA produjo 396 espigas por metro cuadrado. En ambas variedades el tamaño del grano y número de espiguillas por espiga fueron semejantes.

Ramírez Aldana (19), indica que entre las localidades, donde se condujeron los experimentos, se observó algunas diferencias en el rendimiento del grano, peso de 1,000 granos y peso volumétrico. Además, señala que la cifra de peso de 1,000 granos y de peso volumétrico, parecen estar correlacio-

nadas entre sí y que es aparente que estas características están influenciadas por los niveles de potasio y magnesio en el suelo. Así mismo, observó en su ensayo de Campo Viejo (Quezaltenango), un efecto estadísticamente significativo del nitrógeno y fósforo aplicados al suelo sobre el peso de 1,000 granos, pues dicho peso aumentó de 19.5 a 23.5 gramos con dosis comparativamente bajas de nitrógeno y fósforo (de 0 a 100 Kg/Ha); pero con dosis mayores de 100 Kg/Ha de cada uno de ellos, el peso de 1,000 granos decrece. En el ensayo llevado a cabo en Chimaltenango, encontró efectos significativos de la interacción de nitrógeno y fósforo, en el peso de 1,000 granos y en la altura de la planta. En la primera de dichas características, se observó que las cifras aumentaron a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno y fósforo, y dichos aumentos fueron favorecidos cuando estuvo presente el potasio, en cuyo caso el peso de 1,000 granos se incrementó desde 22.7 gr. en los tratamientos sin nitrógeno y fósforo, hasta 32.4 gr. en el nivel más alto de esos elementos.

Castañeda Salguero (4), en su estudio observó que el peso de 1,000 granos varió de 20.3 a 25.7 gr.; sin embargo, indica que el modelo estadístico utilizado fue adecuado únicamente para el rendimiento, no así para las variables como el peso de 1,000 granos y el peso específico.

#### 2.4

#### Relación de los nutrimentos utilizados con el Valor Nutritivo del Grano:

Barriga (2), dice que el trigo es el cereal más importante cultivado en el mundo ya que por su calidad alimenticia se le ubica como uno de los principales alimentos del hombre. El término calidad hasta hace poco se refería a aquellas características físicas y química del grano que afectaban la utilización del trigo, una vez que éste salía del lugar donde

se producía. Más recientemente, el concepto de calidad se relaciona con el valor nutritivo del trigo como alimento humano. La cantidad de proteína en el grano como también la composición de los aminoácidos componentes de la proteína, son los factores más importantes en este nuevo concepto de calidad. Actualmente puede decirse que los objetivos básicos para aumentar el valor nutritivo del trigo, son dos; aumentar el contenido total de proteína del grano y mejorar el balance de los aminoácidos esenciales. El contenido de proteína del grano del trigo puede ser aumentado entre otras formas, por el mejoramiento genético usando progenitores de alto potencial proteínico, por fertilización y por un atraso en la época de siembra.

Es lógico suponer que el adecuado suplemento de elementos, que forman parte activa de los procesos metabólicos del vegetal, y aún más, los que entran en el proceso de síntesis de proteína, tengan influencia en la cantidad y calidad de la misma.

Jacob & Uexküll (12), dicen que un adecuado suministro de nitrógeno eleva el contenido de proteína del grano y su valor nutritivo.

Aykroyd & Doughty (1), indican que en la composición del grano de trigo influyen tanto la variedad genética como las condiciones ambientales.

Bressani et Al., citados por Chonay (5), indican que el contenido de proteína de cualquier cultivo, se puede aumentar mediante el uso de fertilizantes nitrogenados y azufrados, e indican que el contenido de proteína está determinado por las siguientes condiciones: fertilización, condiciones climáticas, variedad que se cultive, localidad y época de siembra.

#### 2.4.1

#### Nitrógeno :

Bukman & Brady (3), Jacob & Uexküll (12), y Miller (16), señalan que el nitrógeno es un constituyente característico del plasma funcional, además de encontrarse presente en un gran número de compuestos de singular importancia fisiológica en el metabolismo vegetal, tales como la clorofila, enzimas, proteínas, nucleótidos, alcaloides, hormonas y vitaminas; es decir, la vida no sería concebible sin la existencia de este elemento. Además opinan que así como la deficiencia de nitrógeno causa trastornos en la planta, el sobreabastecimiento del mismo trae efectos contrarios al desarrollo normal de ésta. Ello produce en general plantas más susceptibles a las inclemencias climáticas y a las enfermedades en el follaje. Así mismo retrasa la madurez y disminuye la calidad de los productos.

Jacob & Uexküll (12), afirman que por la serie de funciones en que toma parte el nitrógeno, su deficiencia ejerce un marcado efecto en los rendimientos de la planta. Así, la deficiencia clorofílica derivada de la deficiencia de nitrógeno, causa la inhibición de la capacidad de asimilación y formación de carbohidratos. Tal hecho conduce a una deficiente y prematura formación floral y fructificación, por lo cual el período vegetativo resulta acortado.

Los mismos autores consideran que por cada 100 Kgs. de rendimientos a obtener, una aplicación de 1 a 2 Kgs. de nitrógeno, son adecuados a utilizar según la variedad.

Ortiz Dardón (17), concluye que el mejor nivel de aplicación de nitrógeno fue de 50 Kgs/Ha para los suelos de Quezaltenango.

Ramírez Aldana (19), señala dos niveles óptimos-

económicos para dos regiones de Guatemala, e indica que para -  
Quezaltenango se deben aplicar 75 Kgs de nitrógeno por hectá -  
rea y para los suelos de Chimaltenango recomienda 140 Kgs de -  
nitrógeno por hectárea.

López de León (13), informa que con 125 Kgs de nitrógeno  
por hectárea obtuvo el más alto rendimiento de la cosecha, en -  
suelos de Quezaltenango.

#### 2.4.2 Fósforo:

Jacob & Uexküll (12), dicen que el ácido fosfórico ocupa  
una posición central en el metabolismo vegetal. Los procesos -  
anabólicos y catabólicos de los hidratos de carbono podrán trans -  
currir normalmente si los compuestos orgánicos han sufrido una -  
previa esterificación con ácido fosfórico. El ácido fosfórico de -  
sempaña además un importante papel dentro de los procesos de  
transformación de energía, participando en forma decisiva en -  
el metabolismo graso. A su vez es un importante constituyente  
de múltiples y significantes compuestos vitales, como la fitina,  
lecitina y los nucleótidos. La mayoría de las enzimas hasta - -  
ahora conocidas contienen ácido fosfórico. Un gran número de  
plantas afectadas por deficiencias fosfóricas presentan un siste -  
ma radicular raquiticamente desarrollado, acompañado de sínto -  
mas generales de perturbación en su crecimiento.

Estos dos mismos autores consideran que por cada 100 - -  
Kgs de rendimiento a obtener, una aplicación de 1.5 a 2.5 Kgs  
de fósforo, son adecuados utilizar según la variedad.

Los autores anteriores y Miller (16), concluyen que el -  
papel más importante del fósforo es el de ser un energético del  
metabolismo de las plantas, encargado de la transferencia de -  
la energía de los diferentes procesos. Es parte constituyente -

de enzimas y de otros compuestos. Su deficiencia se observa en toda la planta afectando gran parte del desarrollo de semillas y frutos.

Ramírez Aldana (19), da dos niveles óptimos económicos para dos regiones de Guatemala, para Quezaltenango se deben aplicar 75 Kgs de fósforo por hectárea. Y para Chimaltenango dió como índice 140 Kgs de fósforo por hectárea.

López de León (13), informa que con 225 Kgs de fósforo por hectárea, obtuvo el más alto rendimiento, en suelos de Quezaltenango.

#### 2.4.3 Potasio:

Jacob & Uexküll (12), Miller (16) y, Tisdale & Nelson (21), dicen que el potasio forma parte importante donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos, considerando su acción como un importante catalizador. Al igual que los dos elementos anteriores su deficiencia produce trastornos en el crecimiento normal de la planta, causando achaparramiento y decoloración.

Jacob & Uexküll (12), informan que no obstante de ser el potasio el segundo elemento vital requerido en mayor cuantía por la planta, ha sido imposible aclarar completamente sus funciones, dependiendo ello, en primera línea, del hecho de no formar compuestos orgánicos celulares. A este elemento se le encuentra en estado soluble en el jugo celular, o bien absorbido en el protoplasma, pudiéndosele extraer en forma casi total de los tejidos vegetales, por medio de agua. El potasio se acumula siempre en las partes donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos. En los casos de deficiencia es trasladado de las hojas adultas a los tejidos marístes-

máticos jóvenes.

De la misma manera consideran que por cada 100 Kgs de -  
rendimiento a obtener, una aplicación de 1.5 a 2.5 Kg de pota -  
sio son adecuados utilizar según la variedad.

López de León (13), informa que con 125 Kgs de potasio -  
por hectárea, obtuvo el más alto rendimiento de grano de trigo, -  
en suelos de Quezaltenango.

Ramírez Aldana (19), encuentra que el potasio no actúa -  
en forma independiente sino que en interacción con el nitrógeno  
y el fósforo, favoreciendo el rendimiento y el peso del grano.

De la misma manera López de León (13), encuentra que el  
potasio tuvo un efecto lineal sobre los índices de calidad del --  
grano.

#### 2.4.4 Azufre:

Tisdale & Nelson (21), consideran varias funciones -  
específicas del azufre en el crecimiento y metabolismo de las -  
plantas, mencionando que se requiere para la síntesis de aminoá -  
cidos de los que forma parte (cistina, cisteína y metionina) y pa -  
ra la síntesis de proteína. Además activa ciertas enzimas proteo -  
líticas y es constituyente de ciertas vitaminas de la coenzima A -  
y del gluten (sustancia pegajosa que se encuentra en las hari -  
nas).

Jacob & Uexküll (12), informan que el azufre en la  
planta se presenta en esteres sulfúricos, como componente estruc -  
tural de algunos aminoácidos y de otras sustancias reactivas, -  
así como también en algunos productos vegetales secundarios; a  
saber, aceite de ajo y de mostaza. Todo ello comprueba la vi -

tal necesidad de este elemento, siendo particularmente importantes sus funciones como constituyente de ciertas proteínas y enzimas, así como aquellas que desempeña en los sistemas de oxidación y reducción de la respiración y en la activación de los fermentos.

### 3. MATERIALES Y METODOS

A continuación se dan datos de la localización - donde se montó el experimento así como los materiales y métodos utilizados en el presente trabajo.

#### 3.1 Localización:

El experimento se llevó a cabo en la plantación - comercial de la Compañía Urbanizadora y Agropecuaria "ARRAZOLA, S.A.". Dicha plantación estuvo situada en el Municipio de Fraijanes, Departamento de Guatemala, a 1,630 metros sobre el nivel del mar, entre las paralelas geográficas de 14° 27' 48" latitud Norte y 90° 26' 24" longitud Oeste de -- Greenwich.

#### 3.2 Clima:

Según De la Cruz S. (6), esta región se encuentra ubicada dentro de una zona ecológica de bosque húmedo-montano bajo subtropical.

A continuación se dan los datos de condiciones - climatológicas referentes a precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa:

Precipitación pluvial en milímetros por año	1,627.3
Temperatura media en grados centígrados	16.7
Humedad relativa en porcentaje	84

### 3.3 Suelos:

Los suelos de esta Compañía, corresponden a la serie fraijanes y son del grupo de los suelos de la altiplanicie central, los cuales son descritos por Simmons, Tarano y Pinto (20), como de textura arcillosa, poco profundos, con drenaje interno bueno, de sarrollados sobre materiales volcánicos firmemente cementados; el material madre es toba volcánica de color claro, friable y de color café muy oscuro.

### 3.4 Materiales:

La variedad de trigo utilizada en el experimento fue "Maya 74"; según especificaciones del Programa de Trigo del ICTA (10), esta variedad posee las siguientes características:

Altura de la Planta	100 cm
Macollamiento	Bueno
Desgrane	00%
Acame	00%
Madurez	140-150 días
Color del grano	Blanco
Dureza de la Harina	Suave
Color de la Espiga	Blanca
Resistencia a royas del trigo	Moderada

Fuentes de nutrimentos aplicados al suelo:

Fertilizante comercial fórmula 15-15-15  
Urea 45%

### Fuentes de nutrimentos asperjados al follaje:

Fuente de N, urea al 46% de N

Fuente de P, tripolifosfato de sodio al 25.3% de P

Fuente de K, cloruro de potasio al 52.4% de K

Fuente de S, sulfato de sodio al 22.5% de S

### Otros materiales utilizados:

Herbicida U-46D (2,4-D amina)

Adherente ADSEE 775

### 3.5 Diseño Experimental:

El diseño experimental utilizado para evaluar los niveles de fertilización foliar fue de un arreglo simple en bloques al azar. El área de las unidades experimentales fue de 10.50 m<sup>2</sup> (2.1m X 5.0m) para la parcela bruta y de 2.70 m<sup>2</sup> (0.90m X 3.0m) para la parcela neta.

En base a la composición del grano de trigo y asumiendo una producción de 2.5 toneladas por hectárea, se obtuvieron los requerimientos foliares nutritivos del trigo, que son 60 Kgs/Ha de N, 6 Kgs/Ha de P, 12 Kgs/Ha de K y 6 Kgs/ha de S, fueron asperjadas al follaje de las plantas formulaciones foliares, que variaron desde la dosis requerida por el trigo hasta ser disminuidos en un 50% y 25% los niveles de N, K y S individualmente al menos en dos de los diferentes tratamientos; funcionando además un tratamiento como testigo, el cual no recibió ningún elemento nutritivo aplicado al follaje.

Dicho de otra manera, los requerimientos nutritivos del trigo se tomaron como punto de partida para luego en dos de los tratamientos reducir la dosis de N requerida por el trigo

a 0.5 y 0.25; en otros dos tratamientos se redujeron las dosis de K a 0.5 y 0.25 de los requerimientos del trigo; en otros dos diferentes tratamientos fueron reducidas a 0.5 y 0.25 las dosis de S requeridas por la planta de trigo. Además, hubo un tratamiento que llenó completamente los requerimientos nutritivos del trigo y otro que no se le aplicó ninguna fertilización foliar y funcionó como testigo.

Los tratamientos efectuados se detallan en el Cuadro No. 2, en el que se expresa el total de nutrientes aplicados en tres aspersiones.

### CUADRO No. 2

#### TRATAMIENTOS CON CANTIDADES DE N-P-K-S EN KG/HA APLICADOS EN FORMA FOLIAR

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre
1	60	6	12	6
2	60	6	12	3
3	60	6	12	1.5
4	60	6	6	6
5	60	6	3	6
6	30	6	12	6
7	15	6	12	6
8	0	0	0	0

NOTA: Los niveles de fósforo no varían a excepción del tratamiento No. 8 que es testigo y solo utiliza adherente.

En el Cuadro No. 3 se detallan las cantidades aplicadas de cada una de las fuentes para poder llenar los niveles deseados.

### CUADRO No. 3

CANTIDADES EN KG/HA DE LAS FUENTES UTILIZADAS PARA LLENAR LOS REQUERIMIENTOS DE N-P-K-S

Tratamiento	Urea	N	Tripolifosfato de Na	P	Cloruro de K	K	Sulfato de Na	S
1	130	60	24	6	23	12	27	6
2	130	60	24	6	23	12	13	3
3	130	60	24	6	23	12	7	1.5
4	130	60	24	6	11	6	27	6
5	130	60	24	6	6	3	27	6
6	65	30	24	6	23	12	27	6
7	33	15	24	6	23	12	27	6
8	0	0	0	0	0	0	0	0

Estas cantidades fueron efectuadas en tres aplicaciones foliares espaciadas siete días una de la otra para tener una mejor asimilación y no correr riesgos de intoxicación de las partes aéreas de las plantas. En el Cuadro No. 4 se ve la cantidad de fuente utilizada en cada aplicación. La descarga media de aplicación fue de 400 cc/minuto en este mismo tiempo se cubría una parcela, lo que corresponde a una aplicación de 380 Lts/Ha.

CUADRO No. 4  
DOSIS EN KG/HA POR APLICACION

Tratamiento	Urea	Tripolifosfato de Sodio	Cloruro de Potasio	Sulfato Sodio
1	43	8	7.67	9.0
2	43	8	7.67	4.5
3	43	8	7.67	2.2
4	43	8	3.84	9.0
5	43	8	1.90	9.0
6	22	8	7.67	9.0
7	11	8	7.67	9.0
8	0	0	0	0

### 3.6 Prácticas Culturales:

El trabajo de campo y el diseño experimental fue - montado dentro de la plantación comercial de la urbanizadora - y agropecuaria Arrazola, S.A. con las prácticas culturales acost - umbradas en esta Compañía, que a continuación se detallan: -

- a) El terreno fue preparado con aradura profunda y con dos - pases cruzados de rastra;
- b) El trigo fue sembrado al chorro, en forma mecanizada - - con surcos separados 0.15 mts entre sí; la parcela com - - prendió 14 surcos de 5 metros de longitud y, la parcela - neta, los 6 surcos centrales de 3 metros de longitud;
- c) En el momento de la siembra de la plantación comercial, se efectuó una aplicación de fertilizante al suelo con la fórmula completa 15-15-15, a razón de 195 Kgs/Ha. A

los treinta días de la siembra se hizo una aplicación completa de nitrógeno, utilizándose como fuente urea (45% N) a razón de 65 Kgs/Ha, obteniendo de esta forma aproximadamente un total de 60 Kgs/Ha de N, 30 Kgs/Ha de  $P_2O_5$  y 30 Kgs/Ha de  $K_2O$  aplicados al suelo; y

- d) A los 25 días de la siembra se realizó un control químico de malezas con el herbicida comercial U-46D (2, 4-D amina) a razón de 2.8 Lts/Ha en 285 litros de agua.

### 3.7 Metodología Experimental:

En la implantación de este estudio experimental se utilizaron las siguientes prácticas:

- a) Las parcelas experimentales fueron trazadas dentro de la plantación comercial después del espigamiento; se principiaron las distintas aplicaciones de fertilización foliar 12 días después de observar una completa floración en las espigas de trigo.

Para efectuar este trazo fue necesario buscar un área de la plantación con características homogéneas;

- b) Las aplicaciones foliares se efectuaron con una bomba de mochila marca "Berthoud" de 15 litros de capacidad, a la cual fue necesario efectuarle las siguientes modificaciones:

- Adaptación en un punto anterior de la bálbula del control de salida de líquido de un manómetro de 0-100 libras de presión por pulgada cuadrada, para poder mantener controlada una presión constante de 40 libras de presión por pulgada cuadrada;



- El tubo de aspersión fue necesario reemplazarlo por otro de mayor longitud (1.60 mts) y en su extremo fue necesario hacerle una curvatura en U invertida, de esta manera la boquilla descargaba de una forma perpendicular a una altura aproximada de un metro sobre de las plantas de trigo; y

- La boquilla utilizada fue una Teejet No. 8001 tipo abanico, con la cual se formaba una cobertura de 1.05 mts de ancho a una altura aproximada de 1 metro. Con esto fue necesario asperjar media parcela caminando por las calles hacia el Noreste y la otra media en sentido contrario; y

c) Una vez trazadas las parcelas se procedió al sorteo de bloques al azar. Esto se ve claro en el Cuadro No. 5

#### CUADRO No. 5

#### SORTEO DE BLOQUES AL AZAR

BLOQUE I	TRA 1	TRA 7	TRA 2	TRA 3	TRA 5	TRA 4	TRA 6	TRA 8
BLOQUE II	TRA 8	TRA 6	TRA 1	TRA 4	TRA 3	TRA 2	TRA 5	TRA 7
BLOQUE III	TRA 4	TRA 3	TRA 5	TRA 8	TRA 1	TRA 7	TRA 2	TRA 6
BLOQUE IV	TRA 3	TRA 1	TRA 4	TRA 6	TRA 2	TRA 8	TRA 7	TRA 5

El corte fue hecho a mano con hoz; dentro de la parcela neta se cortaron al azar 30 espigas, para con ellas poder determinar el número de granos por espiga así como el peso del grano

de trigo. Con lo cosechado en la parcela neta, se procedió a la trilla, siendo necesario llevarlo a la estación experimental - - "Chimaltenango", del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola (ICTA), donde cuentan con maquinaria apropiada para realizar este tipo de trabajos. La humedad del grano a la cosecha - fue determinada por un determinador de humedad marca "BURROWS" y en seguida se procedió a pesar el grano obtenido de cada parcela, obteniendo el peso del grano por parcela.

A las 30 espigas seleccionadas al azar en el momento de la cosecha, se les contó el número de espiguillas por espiga, con el objeto de determinar su número por cada espiga; fueron desgranadas a mano con el propósito de contar y pesar el número de granos por espiga, el de conocer el peso de 1000 granos, de terminados en una balanza marca Burrows. Estas semillas fueron posteriormente utilizadas en el análisis de contenido de proteína del grano.

El número de espigas por metro cuadrado, se determinó de acuerdo al siguiente cálculo:

$$\text{No.} = \frac{R \times 30}{P}$$

En donde:

No. = Número de espigas por metro cuadrado

R = Rendimiento en gramos por metro cuadrado

30 = Número de espiga estudiado

P = Peso en gramos de las semillas de 30 espigas.

El contenido de proteína del grano de trigo, fue determinado en los laboratorios del Departamento Agrícola del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y se basó

só en el contenido de nitrógeno total del grano utilizándose el método Macro-Kjeldahl, basado en la metodología Hamilton & Simpson (11).

A. Reactivos:

1. Acido Sulfúrico concentrado de grado reactivo;
2. Solución de ácido bórico al 25%. Se disuelven 25 gramos de ácido bórico en agua destilada caliente, se enfría y se completa a 1 litro.
3. Indicador para titulación, rojo de metilo; verde -- bromocresol de 1 : 5;
4. Solución de hidróxido de sodio al 60%;
5. Solución de ácido clorhídrico aproximadamente 0.1 N (recientemente estandarizado); y
6. Solución de ácido selenioso al 2%;

B. Aparatos:

1. Aparato de destilación de Kjeldahl;
2. Balones Erlenmeyer de 500 ml; y
3. Balones de Kjeldahl de 500 ml;

C. Procedimiento:

1. Pesar 0.8 gramos de la muestra aproximadamente (en duplicado);
2. Transferir la muestra a un balón Kjeldahl de 500 ml;
3. Se agregan 8 gramos de sulfato de sodio anhidro, 25 ml de ácido sulfúrico concentrado y 1 ml de la solución de ácido selenioso al 2%;

4. Se pone el balón en posición inclinada en la campana - de aspiración del aparato de digestión durante 40 minutos aproximadamente (digerir la muestra durante 40 minutos);
5. Enfriar la muestra durante 15-25 minutos;
6. Agregar 260 ml de agua destilada como disolvente más indicador;
7. Colocar la muestra en los destiladores;
8. Recibir la muestra en un Erlenmeyer de 500 ml, agregar 100 ml de ácido bórico más mezcla del indicador, - 60 ml de solución de hidróxido de sodio al 60%;
9. Titular con la solución de ácido clorhídrico de N conocida;
10. Determinar el contenido de nitrógeno de 100 gramos de muestra, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Gramos de N/100 g de muestra} = \frac{\text{g eq de N} \times \text{ml de HCl gastados}}{\text{Peso en gramos de la muestra}} ; y$$

11. Determinar el porcentaje de proteína (%P) aplicando - la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Proteína} &= \text{g de N/100g de muestra} \times \text{factor} \\ &= \text{Nt} \times 6.25^* \end{aligned}$$

\* Se utilizó este factor de conversión, aún cuando estudios realizados por el INCAP señalan un factor de 5.83 para grano de trigo.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo de investigación han sido sometidos a estudio dos aspectos muy importantes en la producción del trigo; el rendimiento por área y el contenido de proteína del grano de trigo; estos dos aspectos deben tomarse en cuenta en toda actividad dedicada a la investigación de producción de alimentos para el hombre, ya que es necesario incrementar los rendimientos por área y a la vez mejorar el valor nutritivo de los alimentos para llegar a la meta que se han fijado los investigadores agrícolas y es alimentar a la humanidad.

Antes de cualquier discusión se hará un cuadro presentando los resultados de los parámetros estudiados, para luego hacer el análisis del comportamiento de los diferentes tratamientos con respecto a sus medias.

##### CUADRO No. 6

MEDIAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOLIAR CON N-P-K-S MANTENIENDO EL P FIJO

Tratamiento	No. Espigas/M <sup>2</sup>	Granos/Espiga	Peso de 1000 Granos (gr)	Rendim. (Kg/Ha)	Proteína %
1	198.25	32	35.93	2237	14.08
2	200.50	30	36.72	2173	14.88
3	202.25	28	37.46	2169	14.03
4	194.25	32	34.74	2121	14.28
5	198.75	29	37.59	2118	14.48
6	210.00	31	34.85	2216	13.73
7	228.00	31	37.06	2389	13.35
8	202.75	29	35.35	1948	13.15

#### 4.1 Discusión General:

En el tratamiento número 8, que solamente se le aplicó adherente en las aspersiones foliares, y funcionó como testigo, podemos observar que es el de menores resultados en los parámetros, rendimiento y proteína; mientras que en los parámetros que corresponden a los componentes del rendimiento es igual o mayor en los diferentes tratamientos. Así en el peso de 1000 granos, tuvo mejor comportamiento el testigo, que los tratamientos No. 4 (60-6-6-6) y el No. 6 (30-6-12-6) que tienen 34.74 gramos y 34.85 gramos de peso de 1000 granos respectivamente, mientras que el testigo posee un peso de 35.35 gramos; en el número de espigas por metro cuadrado, al testigo solo lo superaron los tratamientos No. 6 (30-6-12-6) y el No. 7 (15-6-12-6), que poseen 210 y 228 espigas por metro cuadrado respectivamente; en el número de granos por espiga, el testigo tuvo mejor comportamiento que el tratamiento No. 3 (60-6-12-1.5) que tiene 28 granos por espiga mientras que el testigo posee 29 granos por espiga los mismos que tiene el tratamiento No. 5 (60-6-3-6).

En la Gráfica No. 1 se ve claramente que los dos componentes del rendimiento que corresponden a granos por espiga y peso de 1000 granos, son inversamente proporcionales; es decir, al observarse un aumento en uno de ellos el otro decrece; este efecto es mayor en el tratamiento No. 4 (60-6-6-6) y menor en el tratamiento No. 7 (15-6-12-6). En el testigo, es el único tratamiento en el que se ve que los dos componentes del rendimiento, granos por espiga y peso de 1000 granos, decrecen.

En cuanto al rendimiento, se ve que el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) presentó el mejor resultado (2,389 Kgs/Ha); este mismo tratamiento presenta el mayor resultado en el componente del rendimiento, número de espigas por metro cuadrado (228-espigas). De lo anterior puede decirse que, en esta localidad,

con esta variedad y condiciones del experimento, el rendimiento, es proporcional al número de espigas por área.

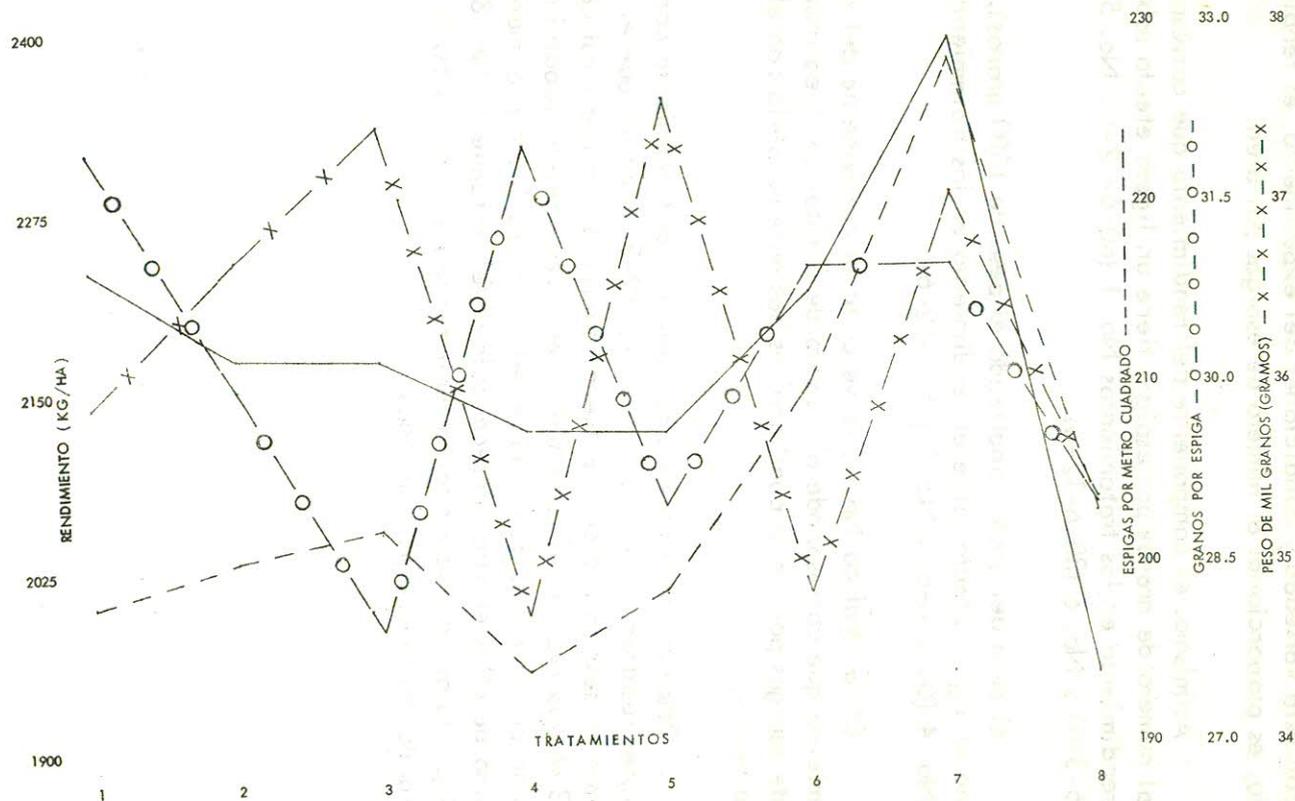
Asimismo, el componente del rendimiento que corresponde al número de granos por espiga, tiene un ligero efecto sobre el rendimiento en los tratamientos No. 1 (60-6-12-6), No. 5 (60-6-3-6) y No. 6 (30-6-12-6).

El peso del grano (analizado el peso de 1000 granos), tiene un ligero efecto sobre el rendimiento en los tratamientos No. 4 (60-6-6-6) y No. 7 (15-6-12-6).

En la Gráfica No. 1, se ve cómo el componente del rendimiento que corresponde al número de plantas por área (número de espigas por metro cuadrado) es bastante paralelo con el rendimiento.

Respecto al contenido de proteína, el tratamiento con mejores resultados fue el No. 2 (60-6-12-3) mientras que el tratamiento testigo presenta el menor contenido. En la Gráfica No. 3 se observa que el rendimiento es inversamente proporcional con el contenido de proteína del grano, es decir al aumentar uno de ellos el otro decrece; solo en el tratamiento No. 8 (testigo) estos parámetros son directamente proporcionales, reportando los más bajos resultados.

GRAFICA No. 1  
 RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES



#### 4.2 Rendimiento:

Para observar el efecto de los diferentes tratamientos foliares sobre el rendimiento del grano de trigo, se efectuó un estudio sobre el rendimiento por área, para ver de qué manera esta práctica influye en el mismo.

En el Cuadro No. 7 se presentan los resultados del rendimiento (Kgs/Ha), en el cual se puede apreciar, al comparar los datos de los diferentes tratamientos de fertilización foliar, que el rendimiento se incrementa desde 1151.85 Kgs/Ha hasta 3222.22 Kgs/Ha y fue máximo en el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) del Bloque I. Al analizar en este mismo cuadro los valores medios del rendimiento, éstos se incrementaron desde 1948.24 Kgs/Ha hasta 2388.61 Kgs/Ha y fue máximo en el tratamiento No. 7.

El análisis de varianza (Cuadro No. 8), de acuerdo al diseño establecido con los datos del rendimiento (Kgs/Ha) no se aprecia diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos foliares.

El rendimiento es influenciado por sus componentes, así puede verse la correlación positiva de alguno de ellos con el rendimiento como también la correlación negativa de otros con el rendimiento en los diferentes tratamientos foliares (Gráfica No. 1). En esta misma gráfica se ve que el componente del rendimiento que más influye en el mismo, es el número de plantas por área, luego el número de granos por espiga y en una menor forma el peso del grano, esto último nos indica que no es posible aumentar el rendimiento basándose únicamente en el peso del grano. Se observa también, que en los primeros cinco tratamientos, el rendimiento va siendo menor en cada uno de ellos para luego en los tratamientos No. 6 y No. 7 tener un ascenso hasta llegar al

máximo rendimiento obtenido en el último tratamiento mencionado. En el tratamiento No. 8 (testigo) el rendimiento presentó su más bajo valor.

En la Gráfica No. 2 se puede visualizar que al mantener fijo los niveles de nitrógeno y fósforo pero disminuir en un 50% y 25% los niveles de potasio y azufre, el rendimiento decrece y más en los tratamientos No. 4 y No. 5 (60-6-6-6 y 60-6-3-6 respectivamente) que son los tratamientos donde se reducen los niveles de potasio. Cuando se tuvieron fijos los niveles de fósforo-potasio y azufre el rendimiento respondió de una forma positiva (aumentando) a pesar de que se redujeron en un 50% y 25% los niveles de nitrógeno. En el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) se ve el más alto rendimiento del grano de trigo por área y es el tratamiento con el menor nivel de nitrógeno (25%). De lo anterior se deduce que con un nivel adecuado de potasio y azufre, aplicados en forma foliar, posiblemente se modifica el bloqueo que las espiguillas basales ejercen a los nutrimentos que de las hojas y tallos se traslocan hacia la espiga de trigo.

En la Gráfica No. 3 se observa cómo el rendimiento del grano de trigo es inversamente proporcional con el contenido de proteína del grano a excepción del tratamiento No. 3 (60-6-12-1.5).

CUADRO No. 7

RESULTADOS Y ORDENACION DE DATOS DEL RENDIMIENTO

TRATAMIENTO	REPETICIONES O BLOQUES				MEDIA
	I	II	III	IV	
1	1982.22	2567.41	2474.07	1925.93	2237.41
2	1792.59	2462.96	2662.96	1774.07	2173.14
3	3062.96	1774.44	2540.74	1296.30	2168.61
4	2040.74	1788.89	2587.04	2066.67	2120.83
5	2314.81	1766.67	2046.30	2344.44	2118.05
6	2757.41	1633.33	1911.11	2562.96	2216.20
7	3222.22	2085.56	1743.70	2502.96	2388.61
8	1814.81	1151.85	2481.85	2344.44	1948.24
MEDIA	2373.47	1903.89	2305.97	2102.22	2171.39

CUADRO No. 8

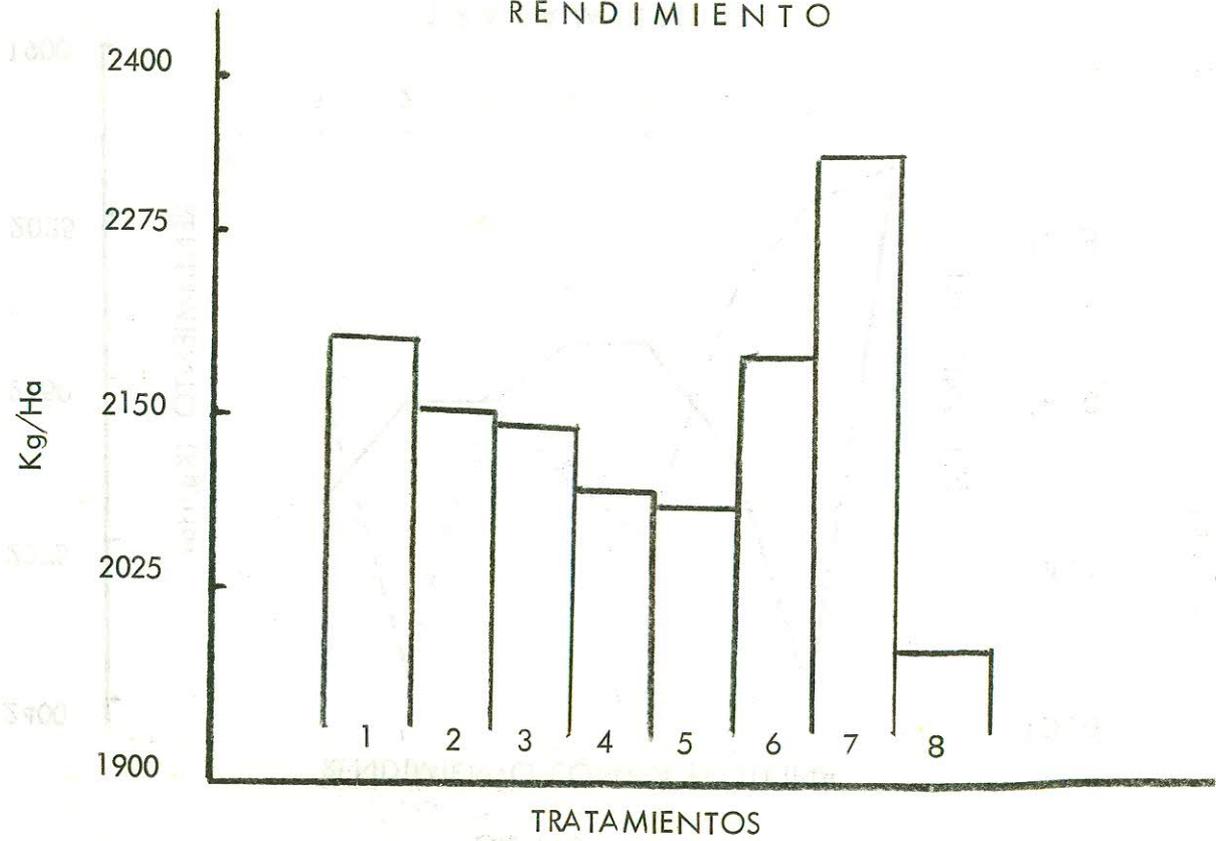
ANALISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION FOLIAR CON N-P-K-S MANTENIENDO P FIJO, SOBRE EL RENDIMIENTO DEL GRANO DE TRIGO

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft	SIGNIFICANCIA
TOTAL	31	6955636.9				
BLOQUES	3	1082317.4	360772.5	1.39	3.07	N.S.
TRATAMIENTOS	7	435037.1	62148.2	0.24	2.49	N.S.
ERROR	21	5438282.4	258965.8			

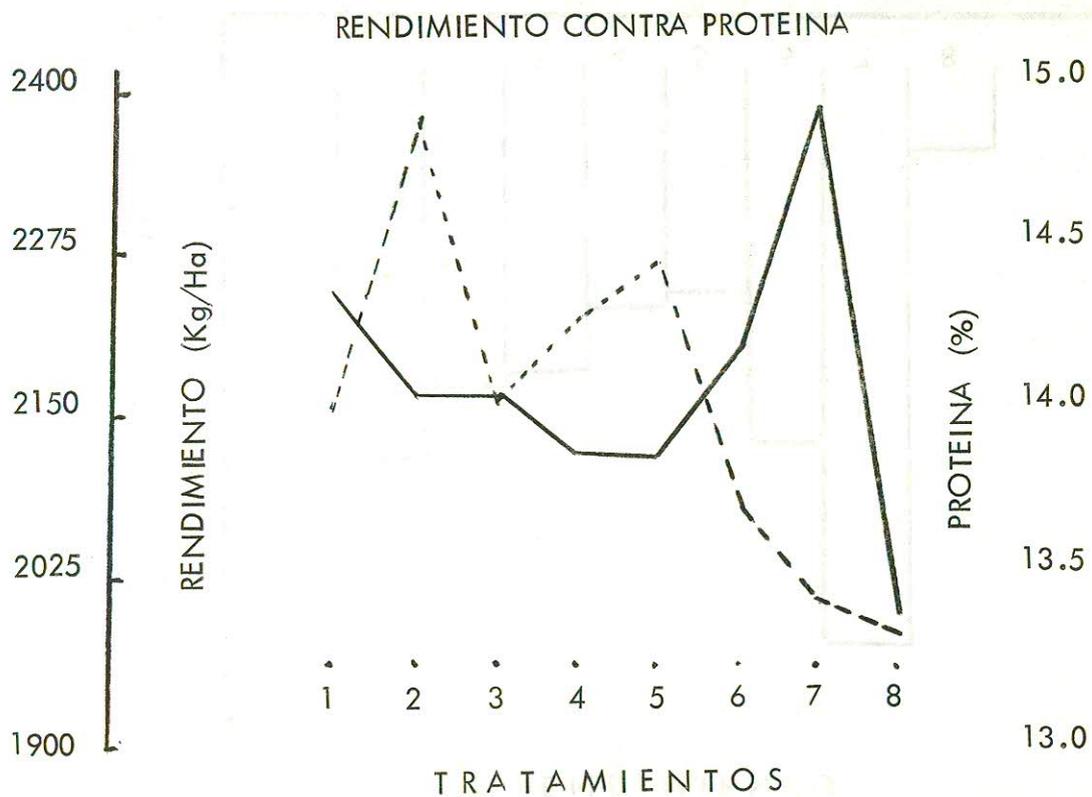
Coeficiente de Variación 2.68%

N.S. No hay significancia al 5%

GRAFICA No. 2  
RENDIMIENTO



GRAFICA No. 3



### 4.3 Componentes del Rendimiento:

Es muy importante señalar que en las espigas de trigo sucede el bloqueo de los nutrimentos acumulados en las hojas y tallos por las espiguillas basales sin permitir, o permitiendo, un llenado deficiente de los demás granos de la espiga, influyendo en cierta forma, en el número de granos de la espiga y el peso del mismo.

Respecto a este fenómeno, los fisiólogos solamente se limitan a decir que es un efecto hormonal pero sin profundizar en explicaciones; por otro lado, algunos investigadores dicen que es un efecto natural sin conocerse su origen y que es posible modificarlo en el campo mediante la eliminación mecánica o manual de las espiguillas basales (práctica muy difícil de realizar en una plantación comercial). La fertilización foliar que provoca la asimilación de nutrimentos, de las otras partes del vegetal hacia todos los granos de la espiga de trigo, sin llegar a sustituirla. Sin embargo, en el presente trabajo se demostró que los nutrimentos aplicados a la espiga son utilizados por las glumas y éstos asimilados son directamente trasladados al grano en formación.

Si se observa los resultados y análisis de varianza de los componentes del rendimiento, Cuadros del No. 9 al No. 14 - - (plantas por metro cuadrado, número de granos por espiga y peso de 1000 granos) puede apreciarse que no demostraron diferencias estadísticamente significativas; de lo anterior se concluye que en estas variables, la respuesta del trigo a la fertilización foliar fue similar en todos los tratamientos. Sin embargo, puede notarse que en el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) los tres componentes se encuentran por arriba y de una manera más uniforme ejerciendo un efecto positivo al rendimiento; cosa contra

ria sucede con el tratamiento No. 8 (testigo) donde los componentes ejercen un efecto desfavorable al rendimiento (Ver Gráfica No. 1 y Cuadro No. 6).

#### 4.3.1 Número de Plantas por área:

El análisis de varianza de acuerdo al diseño establecido con los datos del número de plantas por metro cuadrado no aprecia diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Cuadro No. 9).

En el Cuadro No. 10 puede apreciarse al comparar los datos de los tratamientos de fertilización foliar que el número de plantas por metro cuadrado se incrementó desde 147 plantas hasta 276 plantas y fue máximo en el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) del Bloque I. Asimismo las medias de plantas por metro cuadrado de los diferentes tratamientos varían desde 194.25 plantas hasta 228 y fue máximo en el tratamiento No. 7 (15-6-12-6).

En la Gráfica No. 1 se observa cómo este componente influye de una manera grande en el rendimiento del grano de trigo con un efecto positivo, o sea que una es proporcional de la otra; vale decir, que al aumentar el número de plantas por metro cuadrado, aumenta el rendimiento de grano por área.

En la Gráfica No. 4 se observa la respuesta a la fertilización foliar del número de plantas por metro cuadrado. Algo que merece mención en esta Gráfica es como solo dos de los tratamientos, el No. 6 y el No. 7 (30-6-12-6 y 15-6-12-6 respectivamente) superan al tratamiento No. 8 (testigo), con lo que se podría concluir que esta localidad y con la variedad utilizada, cuando se reducen las dosis de nitrógeno a 50% y 25%, el número de plantas por metro cuadrado aumenta, lo que posiblemente es debido a la fertilización al suelo, ya que esta variable no muestra diferencia estadística significativa a la fertilización foliar.

CUADRO No. 9

ANALISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION FOLIAR  
CON N-P-K-S MANTENIENDO P FIJO, SOBRE EL NUMERO DE PLANTAS POR METRO CUADRADO

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	SIGNIFICAN- CIA
TOTAL	31	48423.219				
BLOQUES	3	2124.844	708.28	0.3446	3.07	N.S.
TRATAMIENTOS	7	3134.469	447.78	0.2179	2.49	N.S.
ERROR	21	43163.906	2055.42			
Coeficiente de Variación 15.46%						

N.S. No hay significancia al 5%

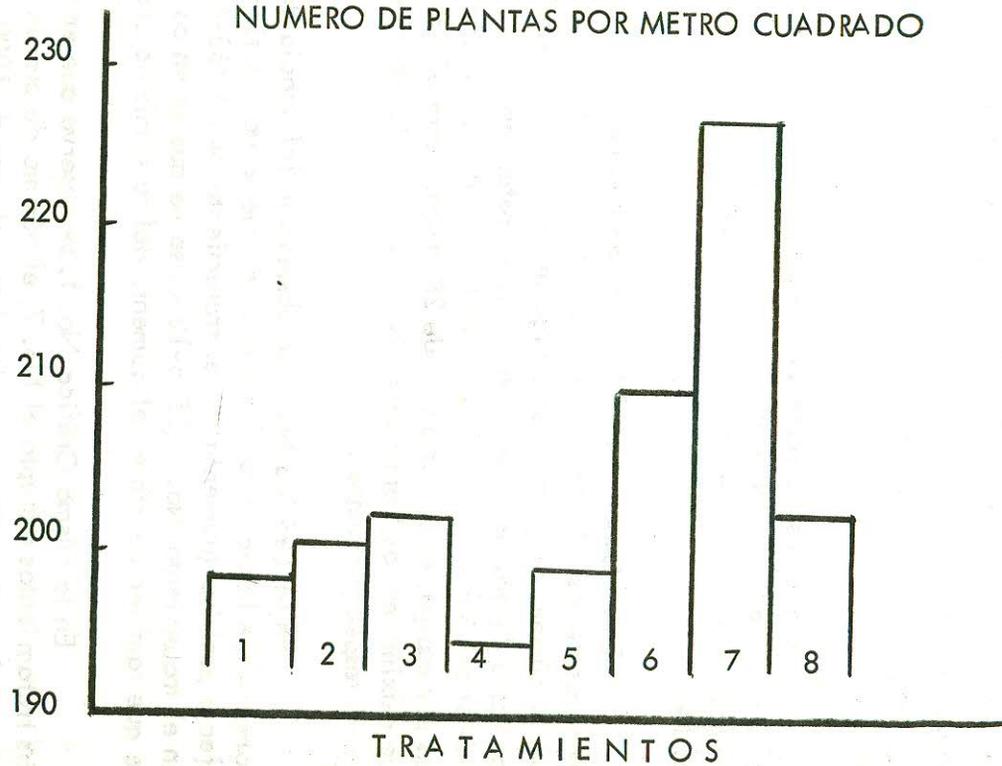
CUADRO No. 10

RESULTADOS Y ORDENACION DEL NUMERO DE PLANTAS POR METRO CUADRADO

TRATAMIENTO	REPETICIONES O BLOQUES				MEDIA
	I	II	III	IV	
1	167	205	232	189	198.25
2	195	238	205	164	200.50
3	255	213	200	141	202.25
4	147	219	204	207	194.25
5	239	151	212	193	198.75
6	261	151	188	240	210.00
7	276	259	156	221	228.00
8	190	126	261	234	202.75
MEDIA	216.25	195.25	207.25	198.63	204.34

GRAFICA No. 4

NUMERO DE PLANTAS POR METRO CUADRADO



#### 4.3.2 Número de granos por espiga:

Para observar el efecto de los diferentes tratamientos - foliares sobre el número de granos por espiga, sabiendo que la fertilización foliar es un medio para modificar el bloqueo de los nutrimentos de las hojas y tallos hacia la espiga ejercido por las espiguillas basales en la planta de trigo, se realizó un análisis - para ver cómo esta práctica influye en el número de granos por espiga.

El análisis de varianza, de acuerdo al diseño establecido con los datos del número de granos por espiga, no aprecia  $\bar{d}$  diferencias estadísticamente entre los diferentes tratamientos (Cuadro No. 11).

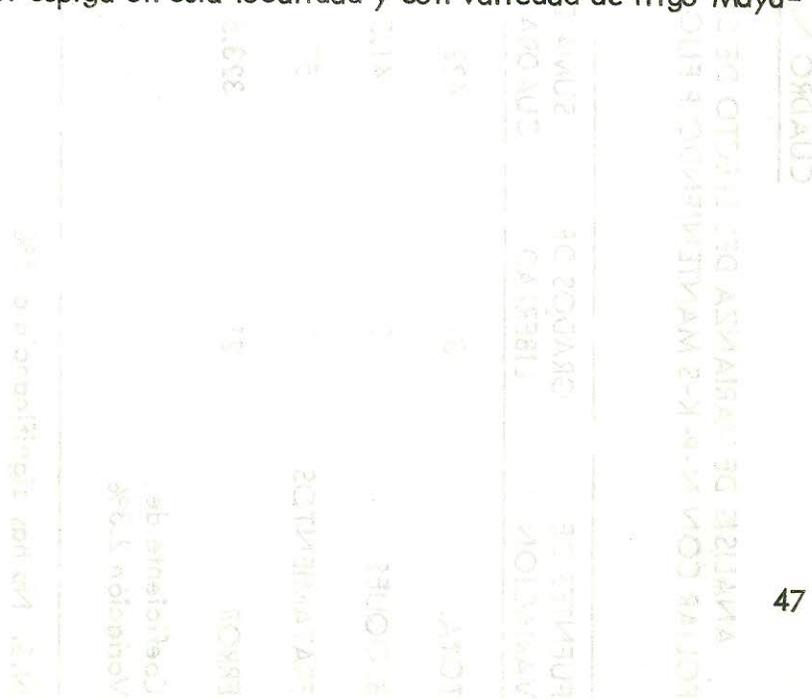
En el Cuadro No. 12, puede apreciarse, al comparar - los datos de los diferentes tratamientos de fertilización foliar, - que el número de granos por espiga se incrementó desde 23 granos hasta 38 granos y fue máximo en el tratamiento No. 4 (60-6-6) del Bloque III. Al analizar las medias del número de granos por espiga, éstas varían desde 28 granos hasta 32 granos y fue máximo en los tratamientos No. 1 y No. 4 (60-6-12-6 y 60-6-6-6 respectivamente).

En la Gráfica No. 1 se observa la influencia de este - componente hacia el rendimiento, del que se ve que tiene un efecto positivo (aumenta) en el tratamiento No. 1 (60-6-12-6). En el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) se ve que es un componente que también aporta en el aumento del rendimiento observado.

En la misma Gráfica No. 1, se observa que en todos - los tratamientos excepto el No. 7, el número de granos por espiga es inversamente proporcional con el peso de 1000 granos. En este tratamiento, es donde ambos ejercen un ligero efecto -

favorable al rendimiento y, del tratamiento No. 8 (testigo) en donde ambos ejercen un ligero efecto desfavorable al rendimiento.

En la Gráfica No. 5, se presenta la respuesta a la fertilización foliar del número de granos por espiga, a la que influye de la siguiente manera: en los tratamientos No. 2 (60-6-12-3) y No. 3 (60-6-12-1.5) al reducirse la dosis de azufre en un 50% y 25%, el número de granos por espiga disminuye en una forma proporcional; en el tratamiento No. 4 (60-6-6-6) al aumentar nuevamente la dosis de azufre, el número de granos por espiga responde en una forma positiva (aumenta), sin embargo en el tratamiento No. 5 (60-6-3-6) responde de una forma negativa a pesar de que se mantiene el nivel de azufre pero la dosis de potasio fue disminuida hasta un 25%; en los tratamientos -- donde se reduce la dosis de nitrógeno en un 50% y 25%, el número de granos por espiga se mantiene constante de una manera bastante aceptable (positiva). En síntesis, el potasio y el azufre son elementos que aportan mucho en el número de granos por espiga en esta localidad y con variedad de trigo Maya-74.



CUADRO No. 11

ANALISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION FOLIAR CON N-P-K-S MANTENIENDO P FIJO, SOBRE EL NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft	SIGNIFICANCIA
TOTAL	31	422				
BLOQUES	3	41.5	13.83	0.898	3.07	N.S.
TRATAMIENTOS	7	57	8.14	0.529	2.49	N.S.
ERROR	21	323.5	15.40			
Coeficiente de Variación 2.3%						

N.S. No hay significancia al 5%

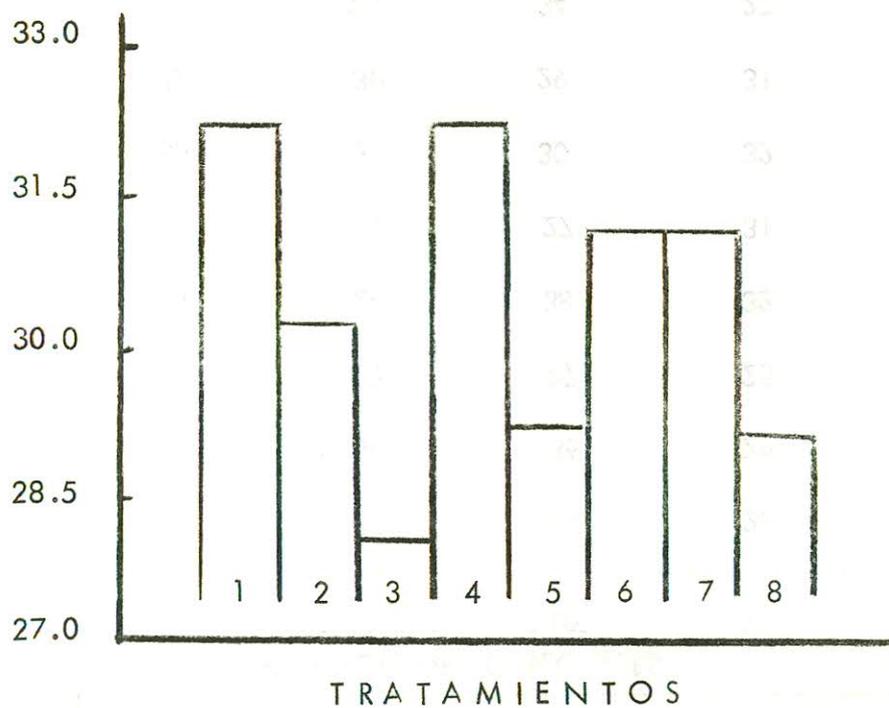
CUADRO No. 12

RESULTADOS Y ORDENACION DEL NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA

TRATAMIENTO	REPETICIONES O BLOQUES				MEDIA
	I	II	III	IV	
1	32	37	29	28	32
2	24	30	36	29	30
3	32	23	32	25	28
4	34	24	38	32	32
5	26	31	27	31	29
6	30	31	30	32	31
7	32	30	29	31	31
8	29	25	34	27	29
MEDIA	29.875	28.875	31.875	29.375	30.25

GRAFICA No. 5

NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA



#### 4.3.3 Peso del grano:

Para observar el efecto de los diferentes tratamientos foliares sobre el peso del grano de trigo, se efectuó un estudio sobre el peso de 1000 granos; sabiendo que la fertilización foliar es un medio para modificar el bloqueo de los nutrimentos acumulados en las hojas y tallos hacia la espiga, bloqueo que es dado por las espiguillas basales en la planta de trigo; para ver de qué manera esta práctica influye en el peso del grano.

El análisis de varianza, de acuerdo al diseño establecido con los datos del peso de 1000 granos, no aprecia diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos foliares (Cuadro No. 13).

En el Cuadro No. 14 puede apreciarse, al comparar los datos de los diferentes tratamientos de fertilización foliar, que el peso de 1000 granos se incrementó desde 31.06 gramos hasta 40.85 gramos y fue máximo en el tratamiento No. 4 (60-6-6-6) del bloque I. Al analizar las medias del peso de 1000 granos, éstas variaron desde 34.74 gramos hasta 37.58 gramos y fue máximo en el tratamiento No. 5 (60-6-3-6).

En la Gráfica No. 1 se observa la poca influencia que este componente tiene con el rendimiento, es decir, sus resultados se encuentran demasiado separados de los puntos que reporta el rendimiento a excepción de los tratamientos No. 7 y No. 8 (15-6-12-6 y testigo respectivamente) en donde si se encuentra una correlación entre ambos, aumentando el rendimiento con el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) y disminuyéndolo con el tratamiento No. 8 (testigo). De la misma manera, también puede observarse que el peso de 1000 granos es inverso al número de granos por espiga a excepción del tratamiento No. 7 (15-6-

CUADRO No. 13

ANALISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION FOLIAR CON N-P -K-S MANTENIENDO P FIJO, SOBRE EL PESO DE MIL GRANOS

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	SIGNIFICANCIA
TOTAL	31	140.78				
BLOQUES	3	26.80	8.9333	2.4376	3.07	N.S.
TRATAMIENTOS	7	37.02	5.2886	1.4431	2.49	N.S.
ERROR	21	76.96	3.6648			
Coeficiente de Variación 1.48%						

N.S. No hay significancia al 5%

CUADRO No. 14

RESULTADOS Y ORDENACION DE DATOS DEL PESO DE MIL GRANOS

TRATAMIENTO	REPETICIONES O BLOQUES				MEDIA
	I	II	III	IV	
1	36.71	33.87	37.21	35.92	35.93
2	38.30	34.95	36.45	37.19	36.72
3	37.15	36.98	39.22	36.47	37.45
4	40.85	33.42	33.63	31.06	34.74
5	37.76	38.08	35.67	38.83	37.58
6	36.07	35.44	34.35	33.54	34.85
7	36.20	36.07	39.00	36.96	37.06
8	36.91	31.81	37.17	35.50	35.35
MEDIA	37.49	35.08	36.59	35.68	36.21

12-6) y el tratamiento No. 8 (testigo) en donde ambos son correlativos y tienen que ver con el aumento y reducción del rendimiento respectivamente.

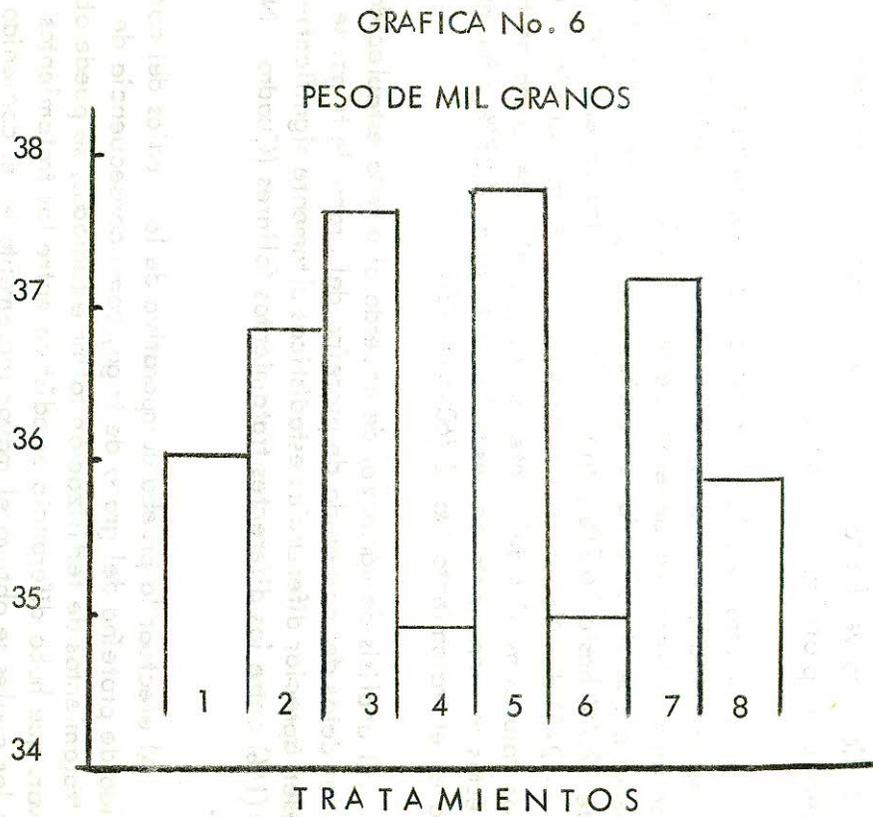
En la Gráfica No. 6 se puede visualizar como al disminuir hasta un 25% los elementos susceptibles a cambios de nivel en el presente trabajo, aumenta el peso de 1000 granos pudiendo llegar a decir que en esta localidad y con la variedad de trigo Maya 74 el mejor nivel foliar a aplicar sería un 15N-6P-3K-1.5S Kgs/Ha para aumentar el peso del grano de trigo.

Si se disminuye la dosis de azufre en un 50% y 25%, aumenta proporcionalmente el peso de 1000 granos, lo que decrece al aumentar el azufre y disminuir el potasio en un 50%, pero si este último elemento se disminuye hasta un 25% de su dosis, el peso del grano de trigo responde en una forma positiva a la fertilización foliar.

Dejando el azufre y el potasio a sus niveles de fertilización pero disminuyendo en un 50% el nivel del nitrógeno, el peso del grano de trigo vuelve a presentar un efecto negativo (decrece); pero si este nivel de nitrógeno se disminuye hasta un 25%, el efecto de la fertilización foliar se vuelve positivo (aumenta) en el peso del grano de trigo.

Así pues, que con los menores niveles utilizados de cada uno de los elementos (25%), el peso del grano de trigo responde en una forma positiva a la fertilización foliar.

GRAMOS



#### 4.4 Contenido de Proteína del Grano de Trigo:

Para observar el efecto de los diferentes tratamientos foliares sobre el contenido de proteína del grano de trigo, se realizó un estudio para ver hasta dónde la fertilización foliar afecta el contenido de proteína del grano.

En el Cuadro No. 15 se presentan los resultados del contenido de proteína (porcentaje), de los cuales, al comparar los datos de los diferentes tratamientos de fertilización foliar, se puede señalar que el contenido de proteína del grano se incrementó desde 12.7% hasta 16.2% y fue máximo en el tratamiento No. 2 (60-6-12-3) del Bloque III. Al observar este mismo Cuadro No. 15 los valores medios del contenido de proteína del grano de trigo, éstos se incrementaron desde 13.15% hasta 14.88% y fue máximo en el tratamiento No. 2 (60-6-12-3).

El análisis de varianza, de acuerdo al diseño establecido con los datos del contenido de proteína del grano de trigo, se pueden apreciar diferencias estadísticas altamente significativas (1%) entre los diferentes tratamientos foliares (Cuadro No. 16).

Al efectuar la prueba comparativa de las medias del contenido de proteína del grano de trigo, como consecuencia de los tratamientos de fertilización foliar estudiados, se puede observar, que hubo diferencia estadística entre los tratamientos con los cuales se obtuvo el mayor incremento en el contenido de proteína del grano de trigo. Esta prueba comparativa de las medias (prueba de Duncan) indica que estadísticamente para incrementar el contenido de proteína del grano, se puede recomendar los tratamientos No. 2 (60-6-12-3) y No. 5 (60-6-3-6). Esto indica que esos dos tratamientos entre sí no son significativos y sí son significativos estadísticamente con respecto del tra

CUADRO No. 15

ORDENACION DE DATOS DEL CONTENIDO DE PROTEINA DEL GRANO DE TRIGO

TRATAMIENTO	REPETICIONES O BLOQUES				MEDIA
	I	II	III	IV	
1	13.6	14.7	14.1	13.9	14.08
2	14.1	14.6	16.2	14.6	14.88
3	14.3	13.7	14.6	13.5	14.03
4	14.2	14.5	14.2	14.2	14.27
5	15.0	14.1	14.6	14.2	14.47
6	14.1	13.0	14.2	13.6	13.72
7	13.1	13.1	13.0	14.2	13.35
8	13.3	12.8	13.8	12.7	13.15
MEDIA	13.96	13.81	14.34	13.86	13.99

CUADRO No. 16

ANALISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION FOLIAR  
CON N-P-K-S MANTENIENDO P FIJO, SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEINA DEL GRANO DE TRIGO

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft	SIGNIFICAN- CIA
TOTAL	31	16.34				
BLOQUES	3	1.35	0.45	1.61	3.07	N.S.
TRATAMIENTOS	7	9.17	1.31	4.68	2.49	**
ERROR	21	5.82	0.28			
Coeficiente de Variación 1.9%						

\*\* Significativo al 1% de probabilidad

tamiento No. 8 (testigo) que es el tratamiento no recomendable para aumentar el contenido de proteína del grano de trigo, ya que no recibió nutrimentos aplicados al follaje y, por lo tanto, no podrá modificársele el bloqueo que las espiguillas basales - ejercen al paso de los nutrimentos de las hojas y tallos hacia la espiga en la planta de trigo.

Estos resultados comprueban que los nutrimentos aplicados en las espigas son utilizados por las glumas y éstos asimilados - son directamente traslocados al grano en formación.

El contenido de proteína del grano de trigo muestra un efecto negativo con el rendimiento a excepción en el tratamiento No. 3 (60-6-12-1.5). Lo anteriormente apuntado tiene explicación en cuanto a que el contenido de proteína del grano de trigo es posible aumentarlo mediante fertilización azufrada y como en el tratamiento No. 3 se disminuyó el nivel de azufre hasta un 25%, afectó en forma negativa (disminuyendo) el contenido de proteína y de esa forma no llega a ser acorde en la correlación negativa existente entre el rendimiento y el contenido de proteína del grano de trigo (Gráfica No. 3). En esta misma gráfica se observa que el tratamiento No. 8 (testigo) proporcionó los más bajos resultados de contenido de proteína y rendimiento del grano de trigo, lo que indica que se ha logrado el incremento buscado en cuanto al contenido de proteína y al rendimiento del grano de trigo pero sin llegar a ser concluyente ya que no se recomienda ninguno de los tratamientos puestos en estudio por no mostrar una proporción adecuada para aumentar el contenido de proteína y el rendimiento del grano de trigo por la correlación negativa existente en este experimento, esta localidad y esta variedad de trigo.

En la Gráfica No. 7 se puede visualizar con mayor facilidad lo apuntado en el párrafo anterior, es decir, conforme los

tratamientos, va aumentando el contenido de proteína del grano para llegar al tratamiento No. 3 (60-6-12-1.5) en donde el contenido de proteína del grano de trigo es posiblemente influenciado en forma negativa por lo bajo del nivel de azufre (25%). Asimismo en la Gráfica No. 7 se observa también como al aumentar los niveles de azufre y disminuir los niveles de potasio en un 50% y 25% de su dosis, el contenido de proteína del grano se incrementa. En esta misma Gráfica se puede apreciar claramente que al decrecer la dosis del nitrógeno aplicada en los tratamientos No. 6 (30-6-12-6), No. 7 (15-6-12-6) y No. 8 (testigo), decrece proporcionalmente el contenido de proteína del grano de trigo; vale decir el contenido de proteína del grano de trigo va directamente proporcional con el nitrógeno aplicado y asimilado por las plantas de trigo.

#### 4.5 Correlaciones:

En cuanto al rendimiento, puede decirse que el componente que más influye en el mismo, es el número de plantas por área, observándose una correlación positiva media entre el componente que corresponde al número de plantas por área y el rendimiento (Cuadro No. 17).

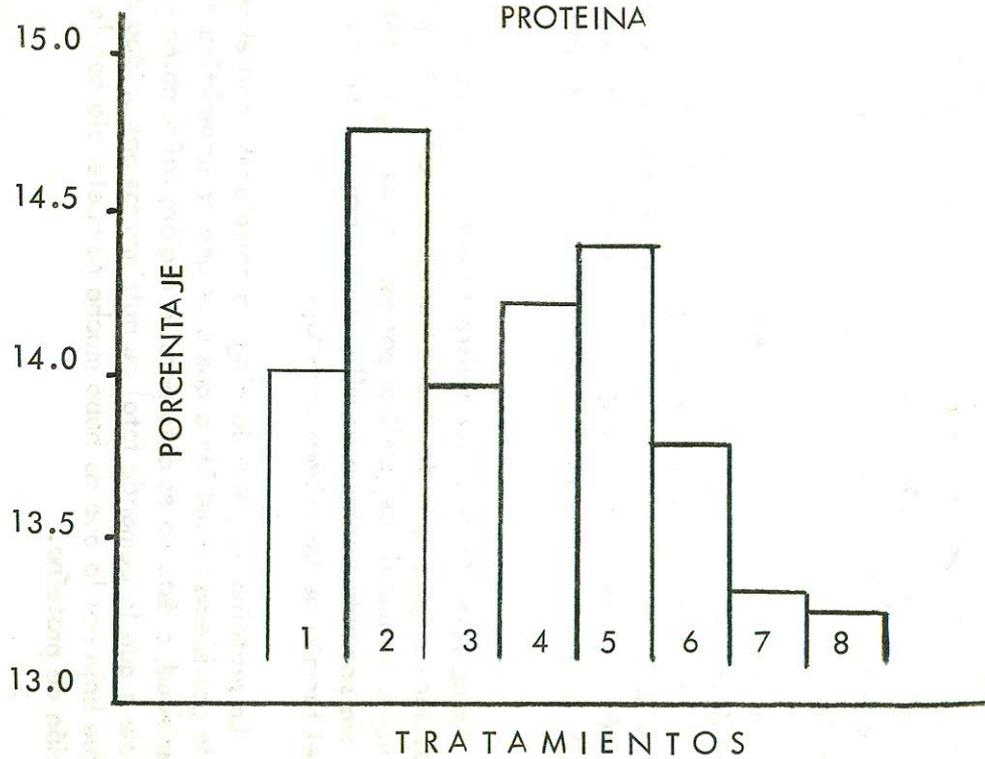
Los otros dos componentes del rendimiento que corresponden al número de granos por espiga y peso del grano, presentan una correlación positiva baja con el rendimiento (Cuadro No. 17).

El componente del rendimiento que corresponde al número de plantas por área no presenta ninguna correlación con los otros dos componentes del rendimiento que son número de granos por espiga y el peso del grano.

Entre los componentes del rendimiento, número de gra -

GRAFICA No. 7

PROTEINA



nos por espiga y el peso del grano, existe una correlación negativa media.

El contenido de proteína del grano, no tiene ninguna correlación con el rendimiento. La proteína, presenta una correlación negativa media con el número de espigas por metro cuadrado, una correlación negativa baja con el peso de 1000 granos y ninguna correlación con el número de granos por espiga (Cuadro No. 17).

La correlación positiva existente entre el número de plantas por área y el rendimiento tiene explicación en que el componente (número de plantas por área) tiene una influencia directa en el rendimiento; asimismo, puede suceder que ambos parámetros estén influenciados por algún factor externo tales como fertilización edáfica, temperatura, variedad no apta a una localidad, etc.

La correlación negativa existente entre los componentes - granos por espiga y peso del grano tiene explicación en que por una mayor formación de semillas por espiga, se originó una competencia por nutrimentos o asimilados y, a mayor número de granos, el tamaño de los mismos se redujo.

La proteína no presenta ninguna correlación con el rendimiento posiblemente debido a que o es una característica de esta variedad, o ésta no es apta para la región; así también pudo deberse a que la demanda total de nutrimentos por unidad de área fue baja por lo que no hubo mucha competencia con la producción de proteína.

La correlación negativa entre el contenido de proteína y el número de plantas por área indica que sí existió competencia por nutrimentos, aún cuando esta competencia no se refleje en

CUADRO No. 17

VALORES DE CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES ANALIZADAS  
EN EL ESTUDIO, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIOS DEL  
EFECTO DE CADA TRATAMIENTO EN LAS MISMAS

	RENDIMIENTO EN gr.	PESO DE 1,000 GRANOS EN gr.	NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA	NUMERO DE ESPIGAS POR UNIDAD AREA
% DE PROTEINA	0.01	-0.30	0.02	-0.59
RENDIMIENTO EN gr.		0.29	0.44	0.67
PESO DE 1,000 GRANOS EN gr.			-0.59	0.21
NUMERO DE GRA- NOS POR ESPIGA				0.08

el rendimiento, tal como fue expresado en el párrafo anterior.

La correlación negativa entre el contenido de proteína del grano y el peso del mismo es posible que sea debida a que, los nutrientes utilizados a nivel individual de planta, que formaron parte en el proceso de síntesis de proteína no proporcionaron ayuda en el incremento de peso del grano. Expresado de otra manera, la energía y nutrientes en general utilizados en el incremento del número de granos, fueron obtenidos a expensas de la cantidad de proteína.

#### 4.6 Resumen de Resultados y Discusión:

En lo que al contenido de proteína del grano se refiere, el nivel número 2 (60-6-12-3) presentó los mejores resultados y éstos se incrementaron de 13.15% en el tratamiento testigo a 14.88%.

Existe diferencia estadística entre los tratamientos con los cuales se obtuvo el mayor incremento en el contenido de proteína del grano de trigo. Para incrementar el contenido de proteína del grano, es recomendable la aplicación post-floración de nutrientes por vía foliar.

Los nutrientes aplicados en las espigas post-floración son utilizados por las glumas y éstos asimilados son directamente trasladados al grano en formación. Esto puede tener explicación en que los nutrientes fueron aportados en el momento de mayor exigencia, como lo es el período de llenado o cuaje del grano; así pues, estos nutrientes fueron rápidamente absorbidos e incorporados al proceso metabólico, pudiendo ser aprovechados en mejor forma por la planta para formar proteína en el grano, ya que no existe demanda de nutrientes para la formación de partes vegetativas durante este período.

En lo que al rendimiento respecta, el nivel número 7 (15-6-12-6) presentó los mejores resultados, y éstos se incrementaron - de 1948 Kgs/Ha en el tratamiento testigo hasta 2389 Kgs/Ha. - Sin embargo, el análisis estadístico no aprecia diferencia signifi- cativa del rendimiento entre los diferentes tratamientos.

En los componentes del rendimiento, el nivel número 8 (tes- tigo) es igual o mayor al menos en dos de los diferentes tratamien- tos, esto es debido posiblemente a la fertilización edáfica reali- zada a la plantación comercial y a la correlación negativa existi- ente entre dichos componentes.

El rendimiento es proporcional con el número de espigas por área y el peso del grano sin llegar a ser posible aumentar el ren- dimiento basándose únicamente en este último componente.

Los análisis estadísticos de los componentes del rendimiento no mostraron diferencias significativas, lo que demuestra que la respuesta del trigo a la fertilización foliar es mínima en los com- ponentes del rendimiento en esta época de aplicación en la va- riedad estudiada.

En el tratamiento No. 7 (15-6-12-6) los componentes del rendimiento y el mismo tiende a su máxima expresión mientras - que el contenido de proteína se reduce considerablemente.

En el tratamiento No. 8 (testigo) todos los parámetros estu- diados tienden a su mínima expresión.

El Nitrógeno: aplicado al follaje actúa de una manera po- sitiva con la proteína. Lo antes dicho está acorde a que el ni- trógeno es el principal componente de la proteína. Así también, el nitrógeno actúa de una forma negativa con el rendimiento y

sus componentes -espigas por área y peso del grano- pero el diseño del presente trabajo no fue el adecuado para estudiar estas relaciones; el material genético utilizado y la fertilización al suelo también pudieron tener efecto en la expresión de estos parámetros. El componente del rendimiento -granos por espiga- responde ligeramente al nitrógeno aplicado al follaje; esto parece estar de acuerdo con las correlaciones negativas que presentan el contenido de proteína con los componentes del rendimiento -peso del grano y espigas por área-; así como a la correlación positiva existente entre el rendimiento y el número de espigas por área. - Lo anterior demuestra que el nitrógeno es el principal nutrimento utilizado por las plantas.

Así pues, en el presente trabajo, el nitrógeno aplicado en post-floración al follaje del trigo, actuó favorablemente al contenido de proteína del grano pero desfavorable al rendimiento.

El Potasio: aplicado en post-floración a la parte aérea del trigo actuó de una manera negativa con el contenido de proteína del grano de donde se deduce que existe la posibilidad de que el menor nivel de potasio utilizado en el presente estudio, - sea el adecuado para una mejor traslocación de los elementos - utilizados en el proceso de síntesis de proteína.

El potasio, actúa de una manera positiva con el rendimiento, lo mismo que sucede con el componente número de granos - por espiga, en los otros dos componentes -plantas por área y peso del grano- el potasio actúa indiferentemente, lo que puede tener explicación en que la cantidad de potasio almacenada fue la suficiente para cubrir la demanda.

El Azufre: aplicado en post-floración al follaje del trigo actúa en una forma positiva utilizado en el nivel intermedio --

(3 Kgs/Ha) con el contenido de proteína del grano, puede suceder que este nivel de azufre sea el más adecuado para evitar cierto antagonismo que existe entre el azufre y el nitrógeno, lo cual se recomienda seguir investigando.

El azufre actúa de una forma positiva con el rendimiento - así como su componente número de granos por espiga, lo que está acorde con la correlación positiva existente entre estos dos parámetros. Así también, el azufre actúa de una forma negativa con los componentes del rendimiento -número de espigas por área y el peso del grano-.

En el presente estudio, para aumentar el contenido de proteína del grano se pueden recomendar los siguientes niveles de fertilizantes foliares: N = 60 Kgs/Ha, P = 6 Kgs/Ha, K = 3 Kgs/Ha y S = 3 Kgs/Ha. Asimismo, para incrementar el rendimiento son recomendados los niveles foliares siguientes: N = 15 Kgs/Ha, P = 6 Kgs/Ha, K = 12 Kgs/Ha y S = 6 Kgs/Ha. Lo dicho en los párrafos anteriores puede observarse en el Cuadro No.18.

En este estudio se encontró que cuando el nivel de fertilización foliar se aumentó, el número de granos por espiga se incrementó.

Así como también que cuando el nivel de fertilización foliar se redujo, el peso de mil granos tiende a incrementarse. Indudablemente, estos dos efectos se deben a la cantidad de demanda de nutrimentos, y ésta se incrementa proporcional al número de granos por espiga. Esta observación coincide con lo expuesto por Escamilla (7), por lo que si es una característica estable de la fertilización foliar post-floración se puede aumentar el rendimiento de grano al inducir la formación de granos que eran abortados por falta, posiblemente, de nutrimentos. Esta es una característica de importancia y que se debería comprobar en otras de las zonas trigueras del país y en otras variedades.

CUADRO No. 18

RESULTADOS OBTENIDOS DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE N, K y S APLICADOS EN FORMA FOLIAR

NIVEL	PROTEINA %	RENDIMIENTO Kg/Ha	COMPONENTES DEL RENDIMIENTO		
			No. ESPIGAS/ AREA	GRANOS/ ESPIGA	PESO DE 1000 GRANOS
N - 60	14.08	2237	198.25	32	35.93
N - 30	13.73	2216	210.00	31	34.85
N - 15	13.35	2389	228.00	31	37.06
K - 12	14.08	2237	198.25	32	35.93
K - 6	14.28	2121	194.25	32	34.74
K - 3	14.48	2118	198.75	29	37.59
S - 6	14.08	2237	198.25	32	35.93
S - 3	14.88	2173	200.50	30	36.72
S - 1.5	14.03	2169	202.25	28	37.46

## 5. CONCLUSIONES

Después de analizar y discutir los resultados experimentales obtenidos bajo las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio, que es de tipo exploratorio, pueden citarse las siguientes conclusiones:

- 5.1 El valor nutritivo de los cereales es posible elevarlo por medio de fertilizaciones foliares a los cultivos. Dentro de estos cereales, el trigo se puede decir que asimila en buena forma el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre al ser aplicados en aspersiones a las partes aéreas de las plantas, y que estas aspersiones son efectivas para aumentar el contenido de proteína del grano de trigo aplicándolos después de una completa floración. En general, el adecuado suplemento de elementos que forman parte activa de los procesos metabólicos del vegetal, aún más, los que entran en el proceso de síntesis de proteína, tienen influencia en la cantidad y calidad que la planta pueda aportar de la misma.
- 5.2 Estadísticamente se encuentra una diferencia en el contenido de proteína del grano de trigo entre las diferentes aplicaciones foliares. Los valores de proteína van desde 12.7% hasta 16.2%. Los tratamientos que mejor respondieron a la fertilización foliar y son recomendados estadísticamente para aumentar el contenido de proteína del grano de trigo son: el tratamiento No. 2 (60-6-12-3 Kgs/Ha de N-P-K-S) y el tratamiento No. 5 (60-6-3-6 Kgs/Ha de N-P-K-S), cubriendo estas cantidades de elementos con tres aplicaciones a las partes aéreas de las plantas de trigo después de una completa floración; ambos tratamientos son recomendables para elevar el valor nutritivo del grano de trigo en las con-

diciones dadas en el experimento.

- 5.3 Un adecuado suministro del nitrógeno eleva el contenido de proteína del grano de trigo y su valor nutritivo, lo mismo puede decirse del azufre. En aplicaciones foliares después de la floración al mantener los niveles de fósforo, potasio y azufre constantes y disminuir a 30 Kgs/Ha y 15 Kgs/Ha los de nitrógeno, decrece notablemente el contenido de proteína del grano de trigo. Lo mismo sucede cuando el azufre se reduce a 1.5 Kgs/Ha y se mantienen constantes el nitrógeno, fósforo y potasio aplicados en forma foliar después de una completa floración. El potasio al ser aplicado en forma foliar a un nivel de 3 Kgs/Ha (25% de los requerimientos por las plantas de trigo), manteniendo constantes el nitrógeno, fósforo y azufre aplicados al follaje, aumenta el contenido de proteína del grano de trigo.
- 5.4 Las aplicaciones foliares con nitrógeno, fósforo, potasio y azufre hechas después de la floración del trigo repercuten o tienen efecto en el rendimiento del grano de trigo y sus componentes sin llegar a tener diferencias estadísticamente (en este experimento, localidad y esta variedad). El tratamiento que dió los mejores resultados de rendimiento por área fue el No. 7 (15-6-12-6 Kgs/Ha de N-P-K-S), aplicados en forma foliar sin llegar a ser recomendable para aumentar el rendimiento por el análisis estadístico.
- 5.5 El tratamiento testigo proporcionó los menores resultados en el rendimiento del grano de trigo.
- 5.6 Los componentes del rendimiento no mostraron una variación estadísticamente significativa al efecto de la fertili

zación foliar, sin embargo las correlaciones de dichos componentes, indican que el número de granos por espiga y el número de espigas por unidad de área, estuvieron positivamente correlacionadas con el rendimiento.

## 6. RECOMENDACIONES

- 6.1 Por ser la fertilización foliar una forma rápida y eficaz de proporcionar los elementos en forma segura a la planta, las aspersiones al follaje con elementos nutritivos no deben ser aplicadas únicamente después de la aparición de un síntoma de deficiencia; considerando que las disminuciones en rendimiento y calidad generalmente ocurren a niveles de deficiencia menores que la aparición de síntomas visibles, se recomienda que deben usarse con el objetivo de mantener los cultivos a un óptimo de producción.
- 6.2 Las aspersiones foliares con elementos nutritivos a las plantas son recomendables ya que no se observó en los diferentes tratamientos ningún efecto tóxico a la planta de trigo con las dosis de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre aplicadas después de la floración.
- 6.3 Mucho debe aprenderse todavía acerca de las aplicaciones foliares, y debe determinarse su valor en suplementar los programas de fertilidad del suelo. Es recomendable seguir trabajando en la experimentación con aspersiones a las partes aéreas del trigo tomando en cuenta un sin número de características tales como: localidad, variedades, niveles de fertilización, densidad, épocas de siembra, épocas de aplicación en las diferentes etapas vegetativas de la planta, y las interacciones de éstas.
- 6.4 Se recomienda estudiar el efecto observado en este estudio y comprobar cómo influye la fertilización foliar post-floración en el número de espigas por área, debido a que éste es un parámetro que se supone ya -

está determinado en ese estado de desarrollo.

- 6.5 En el presente estudio se observó que los nutrimentos aportados en el momento oportuno y niveles adecuados a las espigas del trigo, son rápidamente absorbidos e incorporados al proceso metabólico, y posiblemente modifican el bloqueo que las espiguillas basales ejercen a los nutrimentos que de las hojas y tallos se traslocan hacia la espiga de trigo formando proteína en el grano. Lo que se recomienda estudiar, dosificar y comprobar con diferentes variedades y en distintas zonas trigueras del país.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AYKROYD, W.R. y DOUGHTY, J. El trigo en la alimentación humana. Roma, Organización para las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación, 1970. 185 p.
2. BARRIGA, PATRICIO. Contenido de nitrógeno, lisina y potasio en función de época de siembra y cultivar. Costa Rica, Turrialba, 1976. pp 260-263.
3. BUCKMAN, H.O. y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. Solavd. - Barcelona, Montaner y Simmon, 1970. 590 p.
4. CASTAÑEDA, CESAR. Respuesta del trigo (Triticum aestivum L./em. hell) a la fertilización con N P K y efecto de Cycocel 500-A en el acame, en Santa Cruz Balanyá, Chimaltenango. Tesis (Ing.Agr.). Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1973. 39 p.
5. CHONAY, J.J. Relación de nitrógeno aplicado al suelo y la variación del contenido de proteína en el grano de frijol. Tesis (Ing.Agr.). Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 39 p.
6. DE LA CRUZ, J.R. Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdrige. Guatemala, INAFOR, 1976. 24 p.

7. ESCAMILLA, E. Greenhouse studies on the effect of foliar spray of nutrient solutions during the grain filling on spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and black field bean *Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Thesis (Dr. of Philosophy). Iowa, State University, 1977. 129 p.
8. GUATEMALA. Gremial Nacional de Trigueros. Memoria-anual 1976, Guatemala, 1977. pp 38-39.
9. \_\_\_\_\_ . Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.- Informe anual del programa de trigo 1976. Guatemala, 1977. 78 p. (Mimeografiado).
10. \_\_\_\_\_ . Semillas mejoradas. Guatemala, 1975. 8 p.
11. HAMILTON y SIMPSON. Talbot's quantitative chemical-analysis. 9th. Ed. New York, Macmillan, 1974. pp 355-359.
12. JACOB, A. y UEXKULL, H. Fertilización; nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. por López Martínez de Alva. Alemania,- Hannover Verlagsgesells Chaft Für Ackerbau - mbH, 1966. 622 p.
13. LANDSIEDEL, M. Aplicación de nutrimentos foliares. México, Gro-Green Campbell, 1961.
14. LOPEZ DE LEON, E.E. Respuesta del trigo a la fertilización con N.P.K. y Mg. en suelos de Quezaltenango. Tesis (Ing.Agr.) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía,- - 1974. 43 p.

15. MEXICO. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Informe anual 1968-1969. México, 1969. 122 p.
16. MILLER, E. V. Fisiología vegetal. Trad. por Francisco La torre. México, UTEHA, 1967. 344 p.
17. ORTIZ DARDON, H. R. Evaluación de la respuesta del trigo 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.
18. PERDOMO, R. y HAMPTON, H. E. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Centro de Producción de Materiales de la Universidad de San Carlos, 1970. 366 p.
19. RAMÍREZ ALDANA, C. H. Exploración de la respuesta del trigo a la fertilización con N, P, K y Mg en suelos de la serie Quezaltenango y Tecpán. Tesis (Ing. Agr.). Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1970. 40 p.
20. SIMMONS, C. S., TARANO, J. M. y PINTO, J. H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Educación Pública y Ministerio de Agricultura, 1959. 1000 p.
21. TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balash y Carmen Pino. Barcelona, Montaner y Simmon, 1970. 760 p.

"IMPRIMASE"



*Antonio A. Sandoval S.*

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.  
D E C A N O