

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

RESPUESTA DEL TRIGO (*Triticum aestivum* L./em Thell)
A LA FERTILIZACION CON NPK Y EFECTO DEL CYCOCEL
500-A EN EL ACAME, EN SANTA CRUZ BALANYA, CHIMAL
TENANGO

T E S I S

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

Por

CESAR AUGUSTO CASTAÑEDA SALGUERO

En el acto de investidura de:

INGENIERO AGRONOMO

Guatemala, noviembre de 1973.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

DL
01
T(260)

RECTOR DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Dr. Rafael Cuevas del Cid

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Ing. Agr. Edgar Lionel Ibarra A.
Vocal 1o.:	Ing. Agr. Julio Aníbal Palencia O.
Vocal 2o.:	
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Carlos Guillermo Aldana
Vocal 4o.:	P. A. Negli René Gallardo
Vocal 5o.:	P. A. Jaime Arturo Carrera
Secretario:	Ing. Agr. Oswaldo Porres G.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. Edgar Lionel Ibarra A.
Examinador:	Ing. Agr. Marco A. Curley
Examinador:	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
Examinador:	Lic. Romeo Martínez
Secretario:	Ing. Agr. Oswaldo Porres G.

DEDICO ESTE ACTO A:

MIS PADRES:

César Augusto Castañeda
María Elena S. de Castañeda

MI ESPOSA:

Rosa Elena Cerna de Castañeda

MIS HIJOS:

Cesar Augusto
Luz Elena

MIS FAMILIARES
especialmente a:

Mercedes Salguero de Franco.

DEDICO ESTA TESIS

A

Los Campesinos Guatemaltecos, en especial a los de
Santa Cruz Balanyá.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis agradecimientos al ingeniero Edgar L. Ibarra por la asesoría prestada en el presente trabajo y por sus valiosas orientaciones académicas otorgadas en el transcurso de mis estudios universitarios.

Además manifiesto mis reconocimientos a las siguientes personas:

- Señor Enrique Escobar, por su colaboración en los trabajos de campo;
- Dr. James Walker, de North Carolina State University por facilitar el análisis de los resultados en el Centro de Cálculo de dicha Universidad;
- Señor Francisco Cirín y agricultores de Santa Cruz Balanyá por su colaboración al facilitar el terreno y mano de obra necesaria para la ejecución del experimento.
- Finalmente agradezco a las autoridades de la facultad de Agronomía el haberme brindado la oportunidad de realizar este sub-proyecto y el programa de Ejercicio Profesional Supervisado en Santa Cruz Balanyá, trabajando en el Departamento de Estaciones Experimentales de la facultad.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE A-
GRONOMIA:

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala, atentamente tengo el honor de presentarles el trabajo de tesis titulado:

"RESPUESTA DEL TRIGO (*Triticum aestivum* L./em Thell)
A LA FERTILIZACION CON NPK Y EFECTO DEL CYCOCEL
500-A EN EL ACAME, EN SANTA CRUZ BALANYA, CHIMAL
TENANGO

Dicho tema me fue asignado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Agronomía como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Sin otro particular, me place suscribirme su deferente servidor.

César A. Castañeda S.

1. INTRODUCCION

La Universidad de San Carlos de Guatemala, ha incrementado últimamente programas mediante los cuales sus estudiantes establecen contacto con algunas comunidades del país. Con este criterio, la Facultad de Agronomía inició en junio de 1971 un programa de Experiencias Docentes en el municipio de Santa Cruz Balanyá, Chimaltenango, por el cual estudiantes, maestros y campesinos tuvieran la oportunidad de realizar una serie de actividades tanto de aprendizaje como de enseñanza.

Al comienzo, las actividades se desarrollaron en el campo de extensión agrícola, realizada en su mayor parte por estudiantes voluntarios coordinados por el ingeniero Jorge del Valle, profesor de la facultad y precursor del programa. Seguidamente la facultad de Agronomía consideró necesario iniciar en Santa Cruz Balanyá un proyecto de investigaciones agrícolas que permitiera obtener información básica, utilizable directamente en recomendaciones preliminares a los agricultores de la región. El proyecto se propuso evaluar, por medio de varios trabajos, el actual uso intensivo de la tierra y determinar las mejores alternativas a seguir en la rotación de cultivos realizada en dicha comunidad. De ésta cuenta la facultad de Agronomía inició en Santa Cruz Balanyá los siguientes subproyectos: Evaluación de la respuesta del maíz (Zea mays L.) combinado con haba (Vicia faba L.) y choreke (Lathyrus nigrivalvis) a N-P-K y efecto residual de los fertilizantes en el cultivo posterior (arveja - Pisum sativum L.); evaluación de variedad de frijol ejotero (Phaseolus vulgaris L.) y arveja; y, respuesta del trigo (Triticum aestivum L./ em Thell) a la fertilización

con N-P-K y efecto del Cycocel 500-A en el acame. Este último subproyecto es el que se presenta en éste trabajo de Tesis.

Previo a la realización del proyecto se determinó, por medio de pláticas con los campesinos y observaciones personales, que en Santa Cruz Balanyá hay un uso relativamente intensivo de la tierra, especialmente para la producción de maíz, trigo, papa, arveja, habas y hortalizas, en forma rotativa e intercalada. Se encontró que están bastante difundidos el uso de fertilizantes y la práctica de incorporación de abonos verdes, especialmente choreke (Lathyrus nigrivalvis).

La mayoría de agricultores de la región usan en trigo seis quintales de fertilizante por manzana al momento de siembra, de la fórmula 26 - 20 - 0, lo cual equivale a 137.4 kg. de N y 171.42 Kg. de P por hectárea, respectivamente.

Por otro lado, se ha observado que en algunas variedades altas de trigo, como Xelajú-66, Nariño y otras que miden no menos de 1.20 mts. de altura, se produce mucho acame, el cual disminuye ostensiblemente los rendimientos.

El trigo constituye un cultivo básico para la región y uno de los menos afectados por la fluctuación de oferta y demanda. En 1964 (7) el trigo ocupaba en Santa Cruz Balanyá un área de 120 manzanas con una producción de 1450 quintales, situación que probablemente ha aumentado actualmente ya que ocupa el segundo lugar en importancia después del maíz.

La hipótesis nulas generales que se plantearon pa

ra este subproyecto son las siguientes:

- a) El uso de fertilizantes por los agricultores en Santa Cruz Balanyá está ampliamente difundido y se hace en cantidades adecuadas de nitrógeno y fósforo. La aplicación de estos elementos en la forma practicada por los agricultores produce retorno económico satisfactorio.
- b) No se hace aplicación de potasio debido a que los suelos de la región tienen niveles adecuados de dicho elemento y no hay respuesta a aplicaciones adicionales de dicho elemento.
- c) Un incremento de los niveles de nitrógeno, al incidir en un mayor crecimiento, puede representar al mismo tiempo más porcentaje de acame. El uso de variedades enanas o de reguladores de crecimiento no significan medidas adecuadas para la resolución del problema.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. RESPUESTA A FERTILIZANTES

Desde que Von Liebig (2) explicó en 1840 en su ley de Restitución que para conservar la fertilidad del suelo debe restituirse, ya en abono verde o abono químico, la cantidad de nutrimentos extraídos en la cosecha, ha existido interés en determinar las cantidades requeridas para cada cultivo y en determinados ecosistemas.

Borlaug (1), premio Nóbel de la Paz en honor a sus trabajos de fitomejoramiento en trigo y maíz, afirma que la baja fertilidad del suelo es el principal factor limitante en la producción de cultivos en todo el mundo. Y cita a Parker y Nelson (1966), quienes indicaron que "las variedades mejoradas de trigo con alto potencial de rendimiento significan poco, a menos que se cultiven en suelos fertilizados adecuadamente" (1).

Walker (16), en base a los resúmenes de los análisis de fertilidad de suelos de Guatemala, considera que los agricultores que utilizan fertilizantes en este país, no los usan adecuadamente. Indica que el 75% de los campos donde se obtuvieron muestras de suelo para su análisis necesitan aplicación de fósforo para corregir las deficiencias; y que casi la mitad de los mismos necesitaban corrección por deficiencia de potasio. Agrega que los resúmenes de los análisis de la fertilidad de los suelos guatemaltecos indican que menos del 1% de las muestras de suelos son adecuados en nitrógeno al momento de su análisis.

Por otro lado, Estrada (6) sostiene que en Guatemala ha prevalecido la costumbre de usar fertilizantes que contienen solamente nitrógeno y fósforo sin importar la región donde habrán de aplicarse, debido a que aún se mantiene la idea de que nuestros suelos son en general, ricos en potasio. La idea es aceptable, dice, para suelos desarrollados sobre material volcánico pero cuando han sido poco cultivados, lo cual no sucede en áreas de la república como el altiplano, pues se sabe que desde hace muchos años estos suelos han estado sujetos a diferentes cultivos sucesivos que han venido a empobrecer sus reservas de potasio.

En los primeros ensayos de fertilización en trigo de que se tiene conocimiento en Guatemala, el Ministerio de Agricultura encontró en 1948 (9), en Tecpán, Chimaltenango, respuesta significativa y de efecto lineal a la aplicación de nitrógeno y fósforo, y a la interacción de estos elementos. Para ese año (9) la misma institución informó haber observado en Quezaltenango que el trigo respondió positivamente a la aplicación de 336 Kg/Ha., de un fertilizante con la fórmula 6-12-6.

En ensayos realizados en 1955 en suelos de la serie Quezaltenango, Ostuncalco y Totonicapán, la institución anterior (10) obtuvo efectos estadísticamente significativos a la aplicación de N y P en trigo. Luego, en 1956 (11), los resultados obtenidos en suelos de la serie Quezaltenango revelaron que los incrementos en el rendimiento del maíz y trigo se debieron a la interacción PK.

Ortiz (13) informa que los mejores resultados para las condiciones de la región triguera de Guatemala, los obtuvo cuando aplicó 50 Kg. de N, 100 Kg. de P_2O_5 y 100 Kg. de K_2O por hectárea al momento de la siembra y

100 Kg. de N por Ha. Treinta días después de la siembra.

Ramirez et. al. (14), en un proyecto cooperativo de la facultad de agronomía de USAC. y del Ministerio de Agricultura de Guatemala, exploraron en 1969 la respuesta del trigo a la fertilización con NPK y Mg en suelos de las series Tecpán y Quezaltenango. En los suelos de la serie Quezaltenango, que estuvieron sujetos a presión desfavorable por mal tiempo (Tormenta Fran-celia), detectaron respuestas significativas principalmente debido al efecto de la aplicación de nitrógeno y fósforo. Con dichos elementos se observó en general mayor incidencia de acame, lo cual explican como consecuencia de un mayor desarrollo vegetativo.

También indican que se observó mayor rendimiento de grano -efecto importante desde el punto de vista económico- favorecido con la aplicación de potasio y magnesio; de tal manera que los resultados revelaron la necesidad de aplicar fórmulas completas con N, P, K y Mg en la fertilización del trigo. Para las condiciones de Quezaltenango encontraron que el nivel óptimo de aplicación de nitrógeno y fósforo es de 75 Kg. de N y P_2O_5 por hectárea respectivamente, además de aplicar 50 Kg de K_2O y 12.5 Kg. de MgO . La naturaleza de la respuesta al potasio fue sorprendente, según los autores citados, pues el análisis del suelo hecho antes del ensayo mostró contenidos altos de ese elemento. Empero el potasio no actuó en forma independiente, sino en interacción con nitrógeno y fósforo, favoreciendo el rendimiento y al peso de 1,000 granos, que es característica indicativa de calidad del trigo. El magnesio tuvo efectos similares a los del potasio, aunque dichos efectos no sobrepasan el umbral de significan-

cia estadística.

El ensayo de Chimaltenango (14), serie de suelos Tecpán, no estuvo sujeto a efectos climáticos tan adversos como los de Quezaltenango, aunque las condiciones de fertilidad inicial del suelo donde se condujo fueron inferiores. Allí observaron una marcada respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo; el rendimiento, altura de la planta y peso de 1,000 granos aumentaron con dichos elementos; y, tal como observaron en Quezaltenango, el potasio y el magnesio también influyen favorablemente en las anteriores características agronómicas.

Según el análisis económico de Ramirez et. al. (14), el nivel óptimo de aplicación de nitrógeno y fósforo fue de 140 Kg./Ha. de cada uno de ellos, en combinación con 50 y 12.5 Kg/Ha. de K_2O y MgO respectivamente. En este ensayo el potasio y magnesio tuvieron efectos similares a los encontrados en Quezaltenango, aunque menos acentuados. Por lo tanto, los autores citados también consideran importante el uso de fórmulas completas para el cultivo de trigo en condiciones similares a las de este ensayo.

Según Joret, citado por Jacob & Ueskül (12), 100 Kgs. de trigo extraen del suelo 2.75 Kgs. de N, 1.22 Kgs. de P_2O_5 y 3.5 Kgs. de K_2O . Para las condiciones de cosecha que prevalecen en la Europa Occidental, ello equivale a una extracción de 96 Kgs. de N, 43 Kgs. de P_2O_5 y 120 Kgs. de K_2O por hectárea.

Jacob & Ueskül (12) afirman que la fertilización unilateral con nitrógeno puede conducir al encamado, al aumento de la susceptibilidad al ataque de enfermeda-

des y al detrimento de la calidad. Estos peligros, prosiguen, pueden prevenirse hasta cierto punto, por medio de una apropiada fertilización PK de fondo, la cual tiene también la ventaja de asegurar los rendimientos.

Iso, también citado por Jacob (12), observó que la sobrefertilización nitrogenada indujo a la brotadura de la roya, siendo el potasio eficaz para su control. Recomienda para Formosa una relación NPK de 1.5:1:1, dando como cantidades absolutas, 95 Kgs/Ha de N, 76 Kgs/Ha de P_2O_5 y 67 Kgs/Ha de K_2O . De la evolución de la fertilización en México, Bourlag (1) dice: "Las recomendaciones originales en 1950 eran de 40-40-0 y evolucionaron a 80-4--0 o 100-40-0 para 1958. Se mantuvieron en este nivel la causa del factor limitante del acame, hasta la introducción de las variedades enanas. Cuando se dispuso de variedades enanas, las recomendaciones se aumentaron a 120-40-0 ó 140-40-0, que son las que actualmente rigen. El acame en las variedades doble enanas limita de nuevo el rendimiento y se requiere la obtención de variedades triple enanas antes de que se utilicen dosis aún mas altas de fertilización en forma económica.

2.2. EFECTOS DEL CYCOCEL:

El cycocel (2-Chloroethyltrimethylammonium Chloride), también conocido como CCC es un regulador de crecimiento de variada respuesta en un extenso campo de especies cultivables (4). Lo produce Cyanamid International y sus propiedades, físicas y químicas se inclu

yen en el apéndice.

Las respuestas características del trigo al tratamiento con cycocel son las siguientes (4):

- a) Tallos gruesos con entrenudos cortos e individuales (Tolbert, 1960; Linser et. al., 1961; Mayr et. al., 1962; Linser y Kühn, 1962; Mayr y Presoly, 1963; Linser et. al., 1963).
- b) Plantas de mas fuerte y compacta morfología (Tolbert, 1960; Jung and Sturn, 1964; El Damaty, et. al. 1964).
- c) Follaje mas intensamente coloreado (Tolbert, 1960; Linser y Kuhn, 1962; Jung y Sturn, 1964) el cual - puede indicar incremento en contenido de clorofila (El Damaty et. al.).
- d) Hojas anchas y gruesas (Tolbert, 1960; Linser y Kühn, 1962).

Los factores adversos considerados (4) aún sin tener efecto en el rendimiento final, son: retardo en la emergencia y en la maduración.

Tolbert (1960), Mayr et. al. (1962), Linser et. al. (1963), Caldiccot y Lindley (1964) (4), encontraron que los tratamientos con cycocel en trigo incrementaron consistentemente los rendimientos bajo condiciones severas de acame. Sin embargo, cuando no ocurre acame o este es demasiado pequeño, la comparación entre cultivos tratados y no tratados muestra incrementos en algunos casos y en otros no. Recientemente Humphries, Wlbank y Witts (1965) encontraron que cuando no hubo acame

los tratamientos con cycocel incrementaron el rendimiento medio del grano en 5% en la variedad Phoebus. Concluyeron que este mejoramiento en la cosecha fue a causa de un aumento en el número de espigas y también al número de granos por espiga.

Cruz* observó en la estación experimental Labor Ovalle, Quezaltenango, Guatemala, que el cycocel redujo la altura del trigo (usó variedad Xelajú, considerada como de las mas altas) de 122.9 cms. del testigo a 105 cms en dosis de 4 litros/Ha de cycocel (2 litros de ingrediente activo/Ha). Además redujo el acame al usar dosis de nitrógeno de 90 kg/Ha. de 34.7% en testigo a 0% en dosis de 4 litros de cycocel. Sin embargo, el rendimiento no tuvo diferencias significativas. En el cuadro 1 se presentan los datos de altura y rendimiento.

CUADRO 1. ALTURA DE LAS PLANTAS Y RENDIMIENTO OBSERVADO EN LAS DOSIS DE CYCOCEL 500-A*

Dosis de cycocel en lt/Ha.	Altura media cm.	Rendimiento medio quintales/manzana
0	122.9	41.0
4	105.8	41.0
6	104.2	40.3
8	100.8	40.7
Error típico	2.2	2.1

* Trabajo inédito e información obtenida por comunicación personal de Salvador Cruz. Realizado conjuntamente por Ministerio de Agricultura y Cyanamid, división Guatemala, 1971.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION

El experimento se realizó en el Municipio de Santa Cruz Balanyá, Chimaltenango, en un terreno del campesino Francisco Cirín, localizado (3) en las coordenadas de 14°41' 05" de latitud y 90°55' 05" de longitud de Greenwich y a una altitud de 2,060 metros sobre el nivel del mar.

La precipitación en los últimos tres años ha oscilado en los 132 mm. de mínima y 1824 mm. de máxima. La temperatura media anual es de 18°1' C. El clima es bosque húmedo montano bajo, según Holdridge (3).

El área experimental tiene un declive menor del 5%.

3.2. CARACTERISTICAS DEL SUELO

Los suelos de Santa Cruz Balanyá pertenecen a la serie de suelos Tecpán, y según Simmons, Tárano y Pinto (15), son profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea de color claro, de textura franco arenosa, consistencia friable, color café oscuro, relieve plano ondulado, drenaje interno bueno y con un espesor de 30 a 35 centímetros. El sub-suelo es de color café amarillento, con un espesor de 50 a 100 centímetros.

El departamento de suelos del Ministerio de Agricultura de Guatemala (8), en un análisis de sesentiseis muestras de suelos de Santa Cruz Balanyá encontró que

seis (9.1%) eran deficientes en fósforo y potasio (DD) y sesenta (90.9%) eran deficientes en fósforo y altas en potasio (DA). Respecto a nitrógeno todas las muestras acusaban deficiencia.

En el cuadro 2 se presentan los resultados del análisis químico de siete muestras compuestas de suelo, tomadas entre 0 y 25 centímetros de profundidad, en el terreno donde se realizó el ensayo.

CUADRO 2. RESULTADOS DEL ANALISIS DE MUESTRAS DE SUELOS EN EL HORIZONTE A_p*

MUESTRA	PH	N	P	K	Ca	Mg
		Partes por millón			Meg/100 g	
1	6.4	16	13.0	190	5.0	0.89
2	6.2	16	6.2	375	5.37	0.89
3	6.7	16	6.2	152	5.75	0.89
4	6.6	16	6.7	280	5.37	0.89
5	6.4	16	7.4	156	5.00	0.89
6	6.5	16	7.4	180	5.37	0.89
7	6.4	16	7.4	160	5.37	1.44

* Las muestras son representativas de los primeros 25 centímetros del horizonte del suelo.

Las Características del complejo de intercambio en el horizonte indicado anteriormente son las siguientes; materia orgánica varió de 3.24 a 3.86%; capacidad de intercambio catiónico de 20.53 a 29.83 meq./100grs;

calcio de 9.23 a 10.22 meq./100 grs.; magnesio de 1.26 a 2.29 meq./100 grs.; potasio de 0.25 a 0.98 meq./100 grs.; sodio de 0.52 a 1.39 meq./100 grs. y porcentaje de saturación de bases de 54 a 71.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño central compuesto con doce combinaciones factoriales de N P a cinco niveles y K a cuatro niveles, propuesto por North Carolina State University, Estados Unidos; y utilizado por el Programa Nacional de Fertilidad y Análisis de Suelos del Ministerio de Agricultura de Guatemala. El diseño, colocado en bloques al azar, constó de cuatro repeticiones y cada una de ellas de doce tratamientos. Además se aplicó sulfato de calcio deshidratado (18.5% S.) en todas las parcelas, para que todos los tratamientos estuvieran en igualdad teórica de presencia de azufre, ya que una de las fuentes lo portaría (triple superfosfato). En el cuadro 3 se presentan los tratamientos experimentales.

Este diseño permite el cálculo de una función de producción (y) de la forma:

$$Y = B_0 + B_1 N_1 + B_2 N_2 + B_3 P_1 + B_4 P_2 + B_5 K_1 + B_6 K_2 + B_7 A.$$

donde además de las variables independientes N, P, K, se incluye el porcentaje de Acame (A). Los suscriptos 1 y 2 de estas variables se refieren a los efectos lineal y cuadrático respectivamente. Los coeficientes B_1 son estimados de la información experimental.

CUADRO 3. Tratamiento con dosis y fecha de aplicación de los fertilizantes

Tratamientos Experi- mentales	Gramos por tratamiento								
	Kg./Ha.			UREA*	KCL*	UREA**	UREA***	YESO*	
N	P	K	46-0-0	0-45-0*	0-0-60	46-0-0	46-0-0	18.5 %S	
A	0	90	90	0	480	360	0	0	516
B	40	90	90	207	480	360	0	0	516
C	80	90	90	207	480	360	207	0	516
D	160	90	90	207	480	360	207	414	516
E	120	0	90	207	0	360	207	207	580
F	120	30	90	207	160	360	207	207	559
G	120	60	90	207	320	360	207	207	538
H	120	120	90	207	640	360	207	207	495
I	120	90	0	207	480	0	207	207	516
J	120	90	30	207	480	120	207	207	516
K	120	90	60	207	480	240	207	207	516
L	120	90	90	207	480	360	207	207	516

* Aplicado el 14 de septiembre de 1972 (Momento de siembra).

** Aplicado el 14 de octubre de 1972.

*** Aplicado el 4 de noviembre de 1972.

3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

La preparación de tierras se hizo durante la segunda quincena de agosto y la siembra, a mano, los días 13 y 14 de septiembre de 1972. Se utilizó la variedad Tobari, considerada como semi-enana (con un promedio de 0.75 mts de altura en Chimaltenango). La semilla se distribuyó con una densidad de 28 gramos por surco de 10 metros de longitud.

Los fertilizantes se aplicaron en las fechas y cantidades indicadas en el cuadro 3.

La parcela total medía 2.40 m. por 10.0 m. con ocho surcos y la parcela neta 1.20 m. por 10.0 m. con cuatro surcos. Entre repeticiones se dejaron calles de 1.00 m. con zanjas de drenaje para el escurrimiento superficial.

Las fuentes portadoras para cada uno de los elementos nutricionales considerados en el experimento son las siguientes:

Nitrógeno:	Urea (46% N)
Fósforo:	Triple superfosfato (46% de P_2O_5)
Potasio:	Cloruro de Potasio (60% de K_2O)
Azufre:	Sulfato de Calcio deshidratado (18.5% de S.).

La limpia se hizo el 4 de octubre aplicando el herbicida IGRAM.*

* Marca registrada de Ciba Geigy

El cycocel 500-A fue proporcionado por la empresa Cyanamid International, División Guatemala, y aplicado al follaje en aspersión el 25 de octubre. Se usó una sola dosis de 4 litros por hectárea y se aplicó en las repeticiones I y III.

La producción se vió limitada por dos factores: la escasés de lluvia en el invierno y la temprana presencia de heladas fuertes. Las heladas se empezaron a producir el 4 de diciembre pero la más fuerte y que afectó al trigo del ensayo, interrumpiendo su ciclo, se registró el 27 de diciembre cuando le faltaba relativamente poco para llegar al punto óptimo de maduración. La cosecha se realizó el 16 de enero de 1973.

Se sometieron a análisis estadístico las variables siguientes: rendimiento, peso de 1,000 granos, acame y peso volumétrico. Todas las variables fueron sometidas a análisis de regresión en el centro de cálculo de North Carolina State University, considerando también el acame como una variable independiente.

4- RESULTADOS Y DISCUSION

Las cifras correspondientes a los datos tomados en cada parcela sobre rendimiento y otras características, que mostró el cultivo de trigo en este experimento, aparecen en los cuadros del 4 al 8. Esta información se analizó, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 4: Rendimiento: peso de grano al 14% de humedad.
Cifras en Kg. por hectárea.

Tratamientos	Repeticiones		Media
	I	II	
A	1552.35	1246.35	1399.65
B	1938.62	1806.75	1872.69
C	2320.03	1682.40	2001.22
D	2034.66	2717.65	2376.15
E	990.27	1455.21	1222.74
F	2091.36	1995.71	2043.54
G	2295.09	1486.58	1890.84
H	1922.03	2454.24	2188.14
I	1895.53	1724.33	1809.93
J	1866.43	1678.19	1772.31
K	1534.74	2004.06	1769.43
L	2456.89	2660.08	2558.49

CUADRO 5. Peso de 1,000 granos. Cifras en gramos.

Tratamientos	Repeticiones		Media
	I	II	
A	26.10	24.10	25.10
B	21.40	25.00	23.20
C	23.00	25.00	24.00
D	24.40	27.00	25.70
E	20.20	20.40	20.30
F	23.00	26.00	24.50
G	23.00	24.40	23.70
H	20.40	25.30	22.85
I	23.40	18.10	20.75
J	23.00	24.10	23.55
K	22.10	25.00	23.55
L	23.00	26.00	24.50

CUADRO 6. Peso Volumétrico (Kg de grano por hecto- litro)

Tratamientos	Repeticiones		Media
	I	II	
A	74.1	71.9	73.00
B	64.2	69.5	66.85
C	69.2	70.7	69.90
D	74.1	73.7	73.90
E	74.5	72.9	73.70
F	71.2	68.9	70.05
G	69.9	75.9	72.90
H	67.9	72.9	70.40
I	71.0	71.7	71.35
J	67.4	69.3	68.45
K	69.7	77.8	73.85
L	69.4	74.0	71.70

CUADRO 7. Altura de las Plantas (en Cm.)

Trata- mientos.	R e p e t i c i o n e s				Media
	I*	II	III*	IV	
A	63.2	75.0	67.0	80.8	71.50
B	79.8	91.2	86.8	94.0	87.95
C	88.2	89.0	88.2	83.2	87.15
D	85.0	97.8	81.6	86.0	87.60
E	70.4	85.6	84.4	85.0	81.35
F	86.4	93.0	77.0	87.8	86.0
G	85.4	82.6	88.8	82.8	83.40
H	83.8	93.2	79.6	84.4	85.25
I	87.6	89.4	82.6	89.8	87.35
J	83.2	89.2	81.2	89.2	85.70
K	87.2	89.4	87.6	87.2	87.85
L	87.6	92.0	87.2	92.8	89.90

* Se aplicó Cycocel 500-A en estas repeticiones.

CUADRO 8. Acame en Grados Angulares.

Trata- mientos:	R e p e t i c i o n e s				Media
	I*	II	III*	IV	
A	0	5.7	0	5.7	2.850
B	5.7	8.1	5.7	5.7	6.300
C	5.7	8.1	8.1	10.0	7.975
D	8.1	10.0	8.1	11.5	9.425
E	10.0	8.1	8.1	10.0	9.050
F	8.1	11.5	8.1	10.0	9.425
G	8.1	10.0	8.1	10.0	9.500
H	5.7	8.1	8.1	5.7	6.900
I	8.1	12.9	10.0	11.5	10.625
J	10.0	11.5	8.1	10.0	9.900
K	10.0	10.0	11.5	8.1	9.900
L	10.0	8.1	8.1	11.5	9.425

* Se aplicó Cycocel 500-A en estas repeticiones.

4.1. FUNCION DE PRODUCCION

El cuadro 9 indica el resultado del análisis estadístico sobre la adecuación del modelo utilizado como función de producción. En dicho análisis se observa que solamente los datos de rendimiento tienen una regresión significativa; ello implica que el modelo es adecuado para dicha variable, no así en lo que se refiere a peso de 1 000 granos y peso volumétrico.

El cuadro 10 contiene las estimaciones para los coeficientes B_i de la función de producción, así como la probabilidad de que los mismos sean igual a cero.

Del examen de los cuadros 9 y 10, consideramos que la función de producción puede expresarse para rendimiento, en la siguiente forma:

$$Y = 264.12 + 19.58 N_1 - 0.058 N_2 + 22.42 P_1 - 0.13P_2$$

donde N y P son los niveles de nitrógeno y fósforo en Kg por Ha.

En esta función se han incluido los términos, que según los análisis indicados en los cuadros 9 y 10, son estadísticamente significativos. En el presente caso, es el fósforo el elemento de mayor respuesta.

El acame, como variable independiente en la función de producción, mostró no tener significancia para rendimiento, peso de 1 000 granos y peso volumétrico.

CUADRO 9. Análisis de Regresión de las características que se indican

Suma de Cuadrados

Fuente	Grados de Libertad	Rendimiento Kg/Ha.	Peso (g) de 1000 granos	Peso Volumétrico Kgs./Het.
Regresión	7	3037285.27*	48.901334	50.327219
N ₁	1	1015551.50**	1.066935	9.602419
N ₂	1	32513.32	13.388064	31.112263
P ₁	1	847047.35*	4.298402*	8.776023
P ₂	1	116238.33**	10.521229**	0.338830
K ₁	1	618642.51	17.434324	0.212382
K ₂	1	191833.30	2.192000	0.282258
Acame	1	215458.97	0.000378	0.003042
Error	16	1924569.75	61.823665	160.857781

* estadísticamente significativo, $P < 0.05$ ** $P < 0.10$.

CUADRO 10. Valor de los Coeficientes de regresión (Bi) y Probabilidad (Prob.) de ser iguales a cero, en la función de producción

Fuente	Rendimiento		Peso de 1000 granos		Peso Volumétrico	
	Bi	Prob.	Bi	Prob.	Bi	Prob.
Intercepción	264.125.	0.65	17.9449	0.0001	73.3715	0.0001
N ₁	19.581.	0.06*	- 0.0494	0.3820	- 0.1128	0.2211
N ₂	- 0.058	0.43	0.0005	0.2650	0.0011	0.1036
P ₁	22.418	0.02*	0.1093	0.0400	- 0.0313	0.6970
P ₂	- 0.133	0.08**	- 0.0008	0.0770	0.0001	0.8780
K ₁	- 7.929	0.53	0.0840	0.2491	0.0222	0.8470
K ₂	0.126	0.32	- 0.0005	0.4694	- 0.0002	0.8686
Acame	- 62.521	0.20	- 0.0026	0.9922	- 0.0074	0.9863

* Significativo. $p < 0.05$

** $p < 0.10$

4.2. EFECTO DEL NITROGENO:

La respuesta en rendimiento, a la aplicación de nitrógeno no fue estadísticamente significativa, pero casi llegó a serlo. El efecto es lineal, de manera que los rendimientos aumentan en proporción a la cantidad aplicada de este elemento.

Se observó, por otro lado, que no hubo respuesta significativa en las otras variables (peso de 1000 granos y peso volumétrico), como se observa en los cuadros 9 y 10.

4.3. EFECTO DEL FOSFORO:

El análisis muestra que el fósforo tuvo un efecto significativo en forma lineal en el rendimiento. Pero, al igual que el nitrógeno, no lo tuvo para el peso de 1000 granos y peso volumétrico (cuadro 9).

4.4. DISCUSION SOBRE LA RESPUESTA A FERTILIZANTES.

A partir del análisis se infiere que en el experimento hubo respuesta del rendimiento de grano a la aplicación de nitrógeno y fósforo en forma lineal, independiente para cada elemento. El aumento de la cosecha de grano es directamente proporcional a la cantidad aplicada de estos elementos.

Estos resultados coinciden con los de Ortiz (13) y

del Ministerio de Agricultura (10,11); y parcialmente con los de Ramirez et. al. (14) en cuanto al ensayo que éstos últimos hicieron en Chimaltenango.

Se observa, por otro lado, que la afirmación de Estrada (6), en el sentido de que los suelos del Altiplano del país están pobres en reservas de potasio, no es aplicable al lugar donde se hizo este experimento.

Los anteriores resultados eran esperados, ya que el análisis del suelo (cuadro 2) indicaba un bajo nivel en fósforo, nitrógeno y materia orgánica.

El gráfico 1 muestra la respuesta del rendimiento a la aplicación de la fuente portadora de fósforo, según los niveles de nitrógeno utilizados. En base a la función de producción, a los precios recibidos por el agricultor por el trigo y precios de mercado de los fertilizantes, fue posible establecer el óptimo económico de aplicación de fósforo; dicho óptimo económico, que resultó ser de 82 kg de P_2O_5 por hectárea, se estableció igualando la primera derivada de la función de producción $\frac{dy}{dp}$ a la pendiente de la línea del costo equi-

valente, que también se inserta en el gráfico 1. Es importante agregar que los precios para los fertilizantes en 1972 fueron de Q.6.00 y Q.7.00 el quintal de Urea y Triple superfosfato y la estimación de cada kilogramo aplicado (incluyendo costo de mano de obra) de N y P_2O_5 fue de Q.0.31 y Q.0.35, respectivamente.

Se trató de establecer un mapa de respuesta -de rendimiento de trigo -Gráfico No. 2- para las distintas combinaciones de N y P, a efecto de proveer un cuadro informativo sobre alternativas para fertilización

con estos elementos. El mapa de isocuantas a que se refiere este gráfico también tiene indicación de la ruta que señala combinaciones mas económicas de N y P para determinados rendimientos. Las cifras correspondientes a esas combinaciones se muestran en el cuadro 11, que se refiere a las aplicaciones de fertilizante con su respectivo costo.

Rendimiento (kg/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	Costo (COP/ha)
1000	100	100	10000
1100	110	110	11000
1200	120	120	12000
1300	130	130	13000
1400	140	140	14000
1500	150	150	15000
1600	160	160	16000
1700	170	170	17000
1800	180	180	18000
1900	190	190	19000
2000	200	200	20000

CUADRO 11. DISTINTAS COMBINACIONES DE FERTILIZACION (N + P)

N + P Kg / Ha.	Rendimiento		Costo de Fertilizantes Aplicados (En quetzales)		
	Kgs/Ha.	qq/Mz.	N	P	N + P
48 +40	1750	26.95	14.88	14.00	28.88*
55 +35	1750	26.95	17.05	12.55	29.30
58 +50	2000	30.80	17.98	17.50	35.48
56 +56	2000	30.80	17.36	19.60	36.96
63 +45	2000	30.80	19.56	15.75	35.31*
65 +75	2250	34.65	20.15	26.25	46.40
75 +60	2250	34.65	23.25	21.00	44.25
85 +50	2250	34.65	26.35	17.50	43.85
92 +80	2500	38.50	28.52	28.00	56.52
95 +70	2500	38.50	29.45	24.50	53.95*
132 +75	2750	42.35	40.92	26.25	67.17*
129 +80	2750	42.35	39.99	28.00	67.99

* Combinaciones más económicas.

4.5. EFECTO DEL CYCOCEL

En el cuadro 12 se presentan los componentes de varianza del análisis efectuado a los datos de acame y altura.

Se determinó, al comparar las repeticiones tratadas con cycocel 500-A (I y III) con las no tratadas (II y IV), que las observaciones de acame y altura difieren significativamente. Ello nos indica que el cycocel 500-A tuvo un efecto en la reducción de la altura y del porcentaje de acame, lo cual se puede observar en las cifras de los cuadros 7 y 8, respectivamente. Este efecto probablemente se debió al engrosamiento del tallo y consecuentemente mayor resistencia al viento.

El análisis de regresión (cuadro 9) muestra que el acame, al analizarlo dentro de la función de producción como variable independiente, no es un factor determinante en el rendimiento. Sin embargo, el efecto significativo de cycocel 500-A en la reducción del acame, permite suponer una influencia de este producto en el rendimiento de grano. Las anteriores situaciones, aparentemente contradictorias, posiblemente son explicables debido a que el acame observado fue relativamente pequeño, lo cual coincide con los resultados de Cyana mid (4) en el sentido de que cuando el porcentaje de acame es muy bajo, la comparación entre cultivos tratados y no tratados con cycocel 500-A muestra incrementos en algunos casos y en otros no.

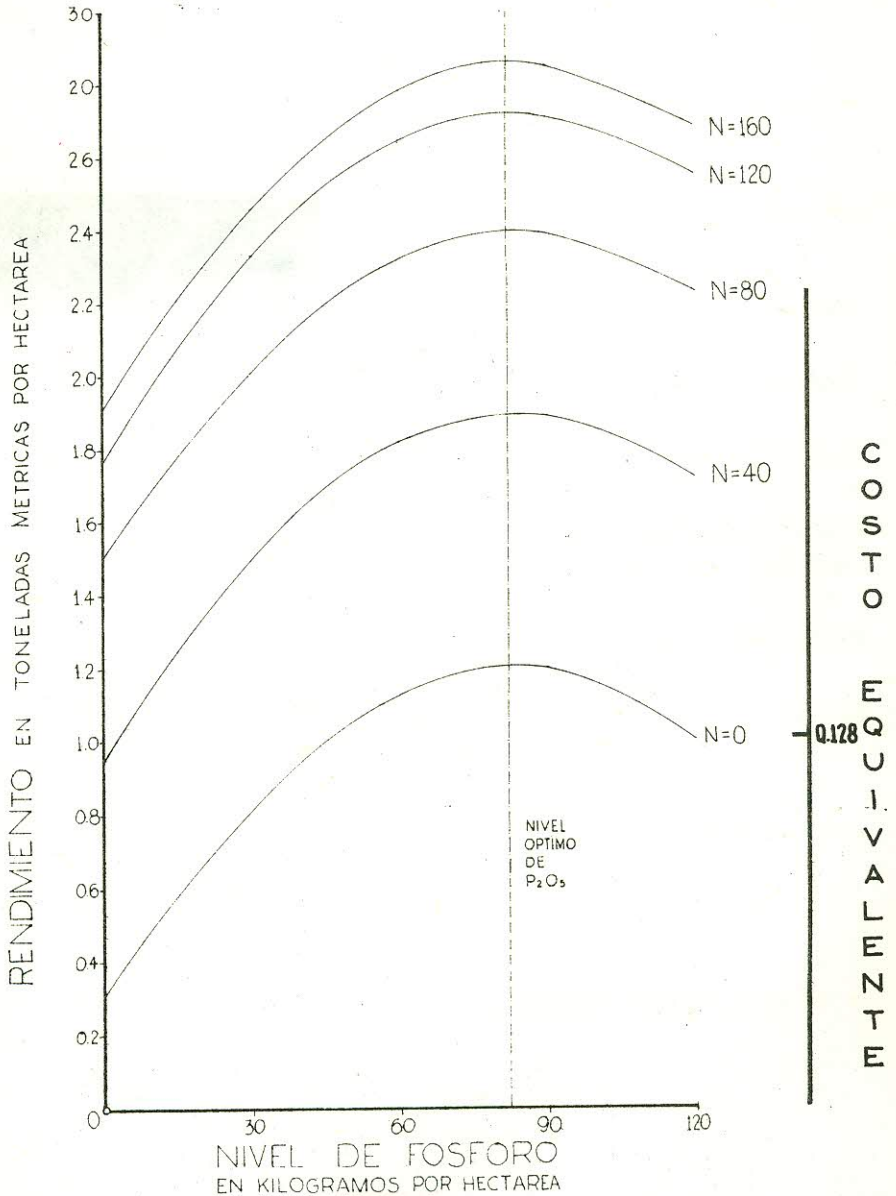
CUADRO 12. Componentes de Varianza de las Características que se indican.

SUMAS DE CUADRADOS			
Fuente	Grados de Libertad	Altura de Plantas en Cms.	Acame en grados Angulares
Total	47	2,026.65	312.25
Tratamientos	11	1,019.23*	204.19*
Repeticiones	3	380.88*	34.34*
Repeticiones tratadas Vrs. no tratadas.	1	355.34*	33.83*
Residual	2	25.54	0.51
Error	33	1,007.42	108.10

* Significativo estadísticamente.

EFFECTO DEL FOSFORO EN EL RENDIMIENTO DE GRANO

SEGUN LA PRESENCIA Y/O AUSENCIA DE NITROGENO



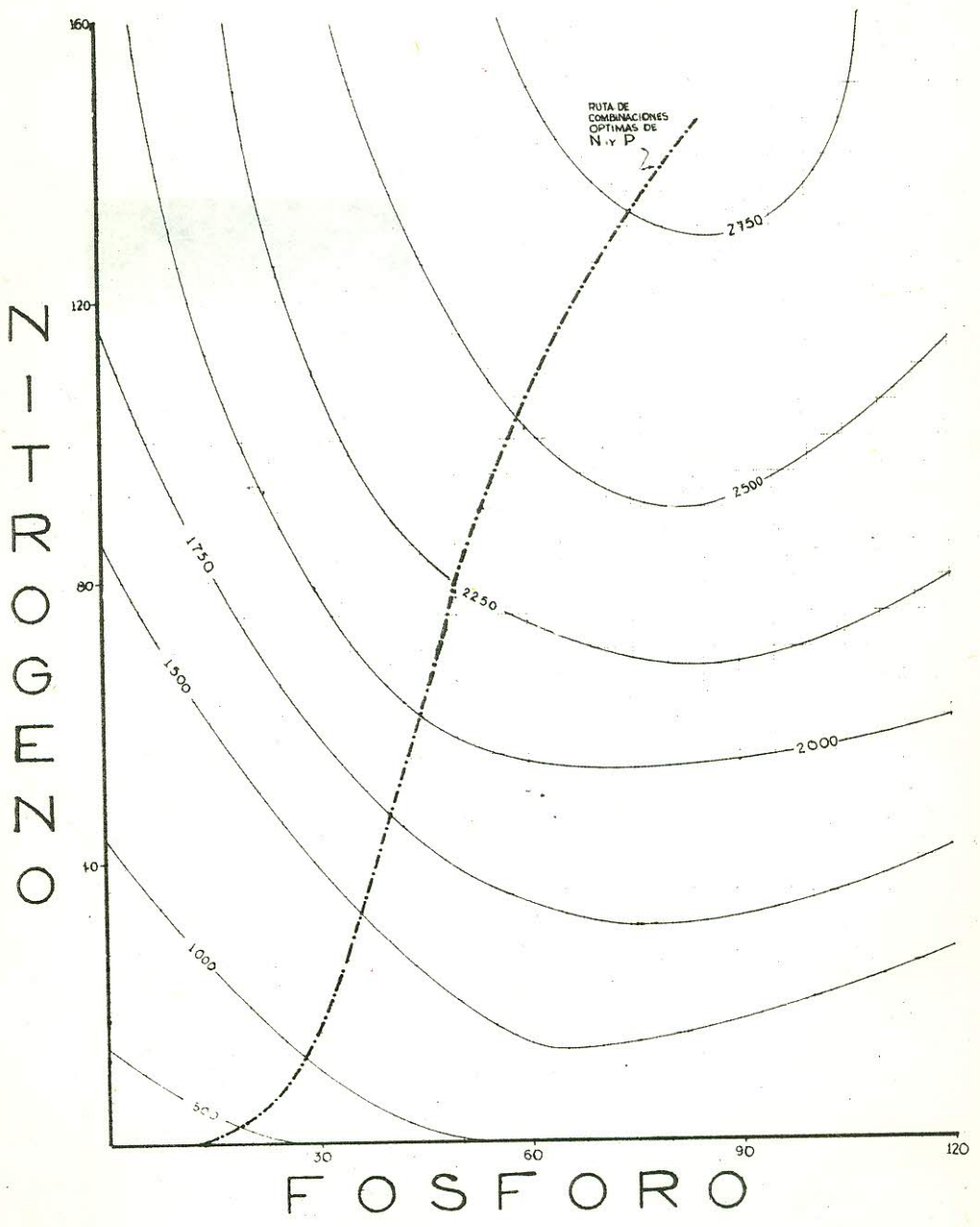
NIVEL DE FOSFORO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA

GRAFICO N°1

C O S T O E Q U I V A L E N T E

Q.128

MAPA DE ISOCUANTAS DE PRODUCCION DE TRIGO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA



5. CONCLUSIONES

- 5.1. El modelo para una función de producción con base en las variables independientes N, P, K y acame, según el análisis estadístico, es adecuado únicamente para el rendimiento de grano, no así para otras variables indicadoras de la calidad, como el peso de 1000 granos y peso volumétrico. Se estima que la función de producción Y para rendimiento, tiene la forma:

$$Y = 264.12 + 19.58 N_1 - 0.058 N_2 + 22.42 P_1 - 0.13 P_2$$

Por ser el rendimiento la variable mas importante desde el punto de vista del productor, se considera que el diseño experimental y el modelo son apropiados.

- 5.2. Efecto del fósforo y nitrógeno: El fósforo fue el factor limitante, aunque también el nitrógeno llegó casi al umbral de significancia. Por lo tanto, en los suelos de Santa Cruz Balanyá, para los cuales estos resultados son aplicables, existe una respuesta significativa y económica a la aplicación de estos elementos. Esta respuesta se esperaba ya que el análisis de suelo, previo al ensayo, indicaba bajos niveles de nitrógeno, fósforo y materia orgánica.
- 5.3. No hubo respuesta a potasio en el rendimiento. - Los análisis de suelos indicaban previamente que el contenido de este elemento era alto.

5.4. Dadas las limitaciones de recursos económicos de los productores, se considera conveniente proveer al agricultor, con base en estos resultados, de una serie de alternativas tanto de las combinaciones apropiadas de N y P, como de la cantidad de los elementos a usar, las cuales se muestran en el gráfico 2.

Algunas de las combinaciones N + P mas favorables son las siguientes:

N + P Kg / Ha.	Rendimiento en Kgs./Ha.	Costo de Fertilizantes (En Quetzales)
48 + 40	1750	28.88
63 + 45	2000	35.31
85 + 50	2250	43.85
95 + 70	2500	53.95
132 + 75	2750	67.17

Estos resultados se presentan de ésta manera para dejar la posibilidad de escoger las cantidades de fertilizante a aplicar de acuerdo a su capacidad económica.

Debe considerarse que la información anterior se refiere a las condiciones en que se efectuó el ensayo, usando la variedad Tobari-66 y teniendo presente que el cultivo fue afectado por una helada durante el período de maduración del grano.

5.5. El cycocel 500-A, aplicado al follaje en aspersión y en dosis de 4 litros por hectárea (2 litros de ingrediente activo), afecta significativamente el acame y altura y probablemente al rendimiento.

Lo anterior se manifestó en una reducción media de 6 cms. en altura y el acame de 3% bajo el 2% al comparar repeticiones tratadas y no tratadas con dicho producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- BORLAUG, NORMAN E. Mejoramiento del trigo: su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1969 39 p.
- 2.- CARVAJAL, J.F. y LOPEZ, C.A. Hojas representativas para el análisis de N, P y K para fines de diagnóstico en plantas de café, Fiotecnia Latinoamericana (Venezuela) 1 (1): 1-14. 1964.
- 3.- CASTAÑEDA S. CESAR. Monografía del municipio de Santa Cruz Balanyá, Chimaltenango. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1973. 85 p.
- 4.- CYANAMID INTERNATIONAL. Cycocel Plant - growth Regulant. New Jersey. USA, Cyanamid International Technical Information. 95 p. "s.f."
- 5.- DEL VALLE, JORGE R. Estudio Socio-económico de Santa Cruz Balanyá, Chimaltenango. - Guatemala USAC, Facultad de Agronomía, Inédito. 1972.
- 6.- ESTRADA LIGORRIA, LUIS. El uso del Potasio en las prácticas de fertilización. Guatemala, Ministerio de Agricultura, DIGESA. "s.f."

- 7.- GUATEMALA, DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. Censos Generales de Guatemala, 1964. Guatemala, Tomo II, p. 493.
- 8.- GUATEMALA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, DIGESA. Resultados de los análisis de muestras de sueldos de los Municipios de Guatemala, 1972. p. 2.
- 9.- GUATEMALA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Informe del Instituto Agropecuario Nacional por el período de Enero de 1948 a Junio de 1949. Servicio Técnico Cooperativo entre el Ministerio de Agricultura y el U. S. Department of Agriculture. Guatemala, Imprenta Hispania, 1949, 136. p.
- 10.- GUATEMALA, SERVICIO COOPERATIVO INTERAMERICANO DE AGRICULTURA. Informe anual 1955. Guatemala, 1956. 167 p.
- 11.- -----Informe anual 1956. Guatemala, 1957. 144 p.
- 12.- JACOB, A. y UEXKUL, H. Von. Fertilización, Nutrición y abonamiento de los cultivos tropicales y sub-tropicales. 3a. edición. Trad. por L. López Martínez de Alva. Alemania, Hannover Verlagsgesellschaft Für Ackerbau mbH. 1966. pp. 139-141.
- 13.- ORTIZ, M.O. Experiencias sobre fertilización en Guatemala. Boletín Técnico No. 15 Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Investigación y Control DGIX,

1965. 38 p.

- 14.- RAMIREZ, CARLOS H. et. al. Exploración de la respuesta del trigo a la fertilización con N, P, K y Mg., en suelos de las series Quezaltenango y Tecpán. En *Agronomía*, (Guatemala) Epoca II, No. 1. pp. 5-22. 1971.
- 15.- SIMMONS, CHARLES, TARANO, J. M. y PINTO J. H. Clasificación de reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional - Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura Ministerio de Agricultura. Guatemala Editorial del Ministerio de Educación Pública "José de Pineda Ibarra", edición en español, 1959. pp. 47-79.
- 16.- WALKER, JAMES L. El análisis de Suelos y las recomendaciones para fertilizantes. Guatemala, Ministerio de Agricultura Digesa. "s.f.". 10. p.

Imprímase:

Ing. Agr. Edgar L. Ibarra
DECANO.

APENDICE

PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICAS DEL CYCOCEL*

- Nombre químico: 2 Chloroethyltrimethylammonium - Chloride o chlorocholine Chloride (También comúnmente referido en forma abreviada como CCC).
- Nombre genérico: El nombre genérico chlormequat ha sido establecido por el British Standards Institute.
- Fórmula empírica: $C_5 H_{13} Cl_2 N$
- Peso Molecular: 158.1
- Forma física: Blanco, sólido y cristalino.
- Olor: Típicamente a pescado
- Punto de fusión o descomposición: Empieza a descomponerse a los 245°C
- Solubilidad: Soluble en alcoholes bajos, como metanol, insoluble en éter o hidrocarburos; es soluble en agua en un 74% a 20°C.
- Estabilidad: La solución líquida es químicamente estable y retiene su efectividad biológica; el material cristalino es muy higroscópico y se pega excesivamente a

