

FERTILIZACION DEL TRIGO Y SU RELACION CON EL ANALISIS DE SUELOS



MINISTERIO DE AGRICULTURA
PROGRAMA NACIONAL DE
FERTILIZACION Y CONSERVACION
DE SUELOS

BOLIVIA 1969

LOS AUTORES

Ing. Amado Manzano C., Técnico en Suelos, Encargado del Uso Económico de Fertilizantes en el Proyecto Triguero de Bolivia, Ministerio de Agricultura.

Ing. Walter Carrera M., Técnico en Suelos, Departamento de Suelos, Ministerio de Agricultura.

Dr. Donovan L. Waugh, Director Regional del Proyecto Internacional de Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad de Suelos, Universidad del Estado de Carolina del Norte.

* * * * *

Este informe presenta los resultados de ensayos llevados a cabo por el Ministerio de Agricultura de Bolivia, en colaboración con USAID Bolivia y el Proyecto Internacional de Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad de Suelos, AID/csd-287, de la Universidad del Estado de Carolina del Norte, y fue publicado por intermedio de la Universidad del Estado de Carolina del Norte en colaboración con la Agencia para el Desarrollo Internacional del Departamento de Estado, Washington, D. C.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen por su decidida y eficiente colaboración:

Al Director General del Ministerio de Agricultura y a la vez Director Nacional del Programa Triguero, Ing. Lucio Arce Pereyra, a los Directores Departamentales de: Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija; al Ing. Hugo Villarroel, Director de la Estación Experimental de Chinoli; al señor T. Cochrane de la Misión Británica de Santa Cruz y al Ing. Rafael Oroz, Encargado del Laboratorio, por su cooperación en los análisis de suelos, a los técnicos del Departamento de Suelos por su cooperación en la conducción de los estudios, a los señores extensionistas de las provincias en donde se efectuaron los ensayos de trigo:

Provincia Campero	- Sr. Adán Balderrama
Provincia Esteban Arze	- Ing. Eufronio Gamboa
Provincia Chapare	- Ing. Edmundo Vargas
Provincia Zudañez	- Sr. José María Cuellar
Provincia Cornelio Saavedra	- Sr. Aulio Deza
Provincia Linares	- Sr. Hugo Piérola
Provincia Cercado (Tarija)	- Sr. Luis Aguilar
Provincia Méndez	- Sr. Ariel Avilés

y a todos los técnicos y agricultores que directa o indirectamente cooperaron en la ejecución de los estudios que a continuación se presentan.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>NO. DE PAGINA</u>
PROLOGO	i
ANTECEDENTES	1
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
METODOS Y TECNOLOGIA DEL TRABAJO	3
RESULTADOS Y DISCUSIONES	5
Correlación entre Análisis de Suelo y Respuestas a Fertilizantes	6
Fósforo	7
Potasio	7
Nitrógeno y Magnesio	8
Respuesta a Dosis de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O y MgO en Trigo <u>Coposu</u>	9
Fósforo	9
Potasio y Magnesio	10
Nitrógeno	11
EVALUACION DE LOS NUTRIENTES COMO FACTORES LIMITANTES EN LA PRODUCCION DE TRIGO <u>COPOSU</u>	12
EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL USO ECONOMICO DE FERTILIZANTES EN TRIGO <u>COPOSU</u>	14
RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	19
Correlación de Métodos de Análisis	19
Dosis de Nutrientes Recomendables	20
Limitaciones de los Nutrientes	20
Uso Económico de Fertilizantes en Trigo <u>Coposu</u>	21
Importancia del Análisis de Suelo para el Uso Económico de Fertilizantes en Trigo <u>Coposu</u>	21
BIBLIOGRAFIA	22
APENDICE	23

PROLOGO

En muchos países, el concepto tradicional de los estudios de la fertilización de cultivos ha consistido en llevar a cabo ensayos regionales en gran número, promediar resultados zona por zona y establecer fórmulas generales en cada zona para cada cultivo. Este sistema tradicional de estudios tiene las dos siguientes limitaciones, aparte del costo del trabajo en sí:

1. La fertilidad normal de los suelos es sumamente variable dentro de un mismo grupo de suelos. Una fórmula generalizada no toma en cuenta esta variación.
2. La fertilidad del suelo cambia según el manejo y uso que se le da y sobre todo, si se le aplica abonos, enmiendas, etc.; según van ocurriendo estos cambios de fertilidad, se hace más inapropiado emplear fórmulas basadas en estudios anteriores.

Para efectuar buenas recomendaciones de fertilizantes, se requiere que haya una base de referencia con la cual se pueda determinar en cualquier momento el estado de fertilidad del suelo para hacer las recomendaciones apropiadas. El análisis de suelo sirve de dicha base, siempre y cuando las técnicas del muestreo y de análisis sean buenas.

Conviene en este punto distinguir entre análisis de caracterización y análisis químico para fertilidad. Los análisis de caracterización son necesarios en los estudios de levantamiento y se combinan con las observa-

ciones de campo para identificar características relativamente permanentes del perfil (profundidad del suelo, estructura, drenaje, color, textura, tipo de minerales y arcillas, tipo de sales y su distribución, etc.). Estos estudios son relativamente caros y lentos tanto en los trabajos de campo como en los análisis completos y complejos de laboratorio. Además dada su naturaleza de estudio, no se le puede llevar a cabo a nivel de cada parcela de cultivo en particular, sino más bien, de acuerdo con la formación y distribución de las unidades edafológicas. Lo importante es que los resultados de caracterización pueden ser utilizados posteriormente por muchos años como información básica en la zonificación de cultivos y en el manejo de los suelos.

Los análisis químicos para fertilidad tienen como propósito principal la evaluación del estado actual de la reacción del suelo, su salinidad y sus nutrientes disponibles, sobre todo en la capa arable que es en donde los cambios ocurren constantemente; su estudio tiene que efectuarse al nivel de cada parcela de cultivo en particular, debido a que su información será necesaria para dar las recomendaciones de tipo y dosis de fertilizantes. Su estudio es un proceso rápido y su costo es bajo.

El presente estudio emplea el concepto moderno de la fertilización, comprobando la información del análisis químico del suelo mediante ensayos regionales. Una vez establecida la correlación entre los análisis químicos y la respuesta a los nutrientes, se puede predecir la mejor fórmula de fertilizante para el cultivo. Posteriormente basándose en la respuesta

del cultivo a diferentes dosis de cada nutriente se puede determinar la dosis más económica de la formulación de fertilizantes. Finalmente el estudio de caracterización y el análisis químico de fertilidad se complementan para efectuar un adecuado uso y manejo de fertilizantes.

Donovan L. Waugh

LA FERTILIZACION DEL TRIGO Y SU RELACION

CON EL ANALISIS DE SUELOS

A. Manzano, W. Carrera y D. L. Waugh

ANTECEDENTES

Los estudios relacionados con la fertilización de trigo no han sido muy comunes en Bolivia, debido en gran parte al alto precio del fertilizante y a un mercado no favorable para el trigo. Sin embargo, algunos investigadores han publicado sus resultados, mostrando que en el Departamento de Cochabamba, el trigo responde a la fertilización nitrogenada y fosfatada, coincidiendo en sus recomendaciones para suelos bajos o medios en fertilidad de 50 Kg./Ha. de N solo o en combinación con 50 Kg./Ha. de P_2O_5 (Dula et al., 1964; Franco, 1965; Amurrio, 1965; Amador, 1967). Estos investigadores han mostrado que la fertilización de trigo en Bolivia puede ser promisoría.

Los investigadores de la Estación Experimental de Chinoli, han realizado por varios años ensayos con fertilizantes en el Departamento de Potosí, los cuales indican que es difícil conocer una dosis recomendable debido a las limitaciones del clima. (Villarreal, 1967).

La evaluación de la respuesta a los distintos nutrientes en relación con los análisis de suelos ha sido investigada por Dula et al. (1964), mediante ensayos en trigo en los valles de Cochabamba. Una comparación de

varios métodos químicos para fósforo indicó que el extracto de acetato de sodio con pH 4.8 dio mejor correlación en una expresión de rendimientos que el extracto de bicarbonato de sodio con pH 8.5, a pesar de que este último se recomienda para suelos alcalinos.

Dula et al. (1964), recomendaron que se siguiera estudiando con más detalle la calibración de métodos para poder tomar en cuenta otros factores que pudieran influir tanto en la respuesta del fósforo, como en sus análisis químicos.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

1. Estudiar la correlación entre análisis químicos de suelo y la respuesta de trigo Coposu a los nutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Magnesio (Mg).
2. Determinar los rendimientos posibles según dosis de aplicación de los nutrientes para trigo Coposu en las zonas de secano de las áreas trigueras de Bolivia.
3. Evaluar cada nutriente como factor limitante en la producción de trigo Coposu.
4. Evaluar en forma preliminar el aspecto económico del uso de fertilizantes para trigo Coposu en Bolivia.
5. Evaluar la importancia del análisis químico de suelo como base en el uso económico de fertilizantes en trigo.

METODOS Y TECNOLOGIA DEL TRABAJO

En agosto de 1967 se tomó muestras de suelo en 100 campos de las zonas trigueras de los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija.

El análisis de los suelos se efectuó en el laboratorio de suelos de la Misión Británica y del Ministerio de Agricultura en Santa Cruz. Basándose en los análisis de suelo se escogió 20 campos que representaban un rango de fertilidad en cuanto a pH, materia orgánica, fósforo y potasio disponible y nivel de magnesio cambiabile.

Los campos se separaron según su fertilidad en 5 tipos de diseños de la siguiente manera:

- a) Suelo bajo en P, alto en K
- b) Suelo alto en P, alto en K
- c) Suelo bajo en P, bajo en K
- d) Suelo alto en P, bajo en K
- e) Suelo bajo en P, medio en K.

Los tratamientos efectuados en cada tipo de diseño se pueden apreciar en el apéndice en donde se presentan los resultados de cada ensayo. Las fuentes de fertilizantes empleadas en el estudio fueron: Urea (46-0-0), Superfosfato triple (0-45-0), Cloruro de Potasio (0-0-60) y Sulfato doble de Potasio y Magnesio (0-0-22-18)^{1/}.

^{1/} El Sulfato doble de Potasio y Magnesio, marca K-MAG, fue proporcionado por la Compañía DUVAL, Houston, Texas, E.E.U.U.

Se logró instalar los ensayos en 17 campos de agricultores. En cada ensayo se empleó 10 tratamientos con tres repeticiones, en bloques randomizados. Cada parcela fue de 1.5 m. x 12 m., sembrada en 6 surcos a 25 cm. de distancia entre surcos. Los surcos se abrieron con picos en unos, y con yunta en otros, luego se aplicó el fertilizante en banda y se tapó ligeramente al rayar el surco siguiente. Finalmente se sembró con semilla Coposu (tratada con aldrin) en surcos a razón de 80 Kg./Ha.

En el caso del nitrógeno se aplicó la mitad en la siembra y en cada surco; y la otra mitad en el macollaje. Se hizo deshierbe en el momento de la segunda aplicación de nitrógeno.

Durante el desarrollo del trigo se pudo notar diferencias marcadas entre tratamientos; sobre todo en los campos bajos en fósforo el desarrollo fue muy reducido cuando no se aplicó fósforo. El efecto del nitrógeno fue notable en todos los campos.

En cuanto a las condiciones de clima durante el año se puede decir que fue un año regular a bueno, con precipitación bastante normal en las zonas de Tarija, Chuquisaca y Cochabamba, y más lluvioso que normal en Potosí.

Aparte de los casos mencionados en los resultados, no hubo problemas con plagas ni enfermedades.

Para la cosecha se cortó 10 metros de los 4 surcos centrales de cada parcela, o sea de 10 m². Se pesó la cosecha total de cada parcela; después se separó una sub-muestra para ser enviada a Cochabamba, para nueva-

mente pesarla, luego secarla y trillada y por último pesar el grano y la paja. Finalmente se calculó el rendimiento por Ha.

Los resultados de los ensayos se presentan en el apéndice junto con fotografías, numerados éstos en orden empezando por los más rendidores y terminando con los que dieron un rendimiento menor o información parcial.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

De los 17 ensayos sembrados, uno se perdió por exceso de humedad (Tarija). Este factor determinó escasa germinación y un fuerte ataque de virus. Otro ensayo muy bueno se perdió debido a que el agricultor lo cosechó antes de tomar en cuenta los rendimientos. Los 15 restantes dieron datos apropiados para la correlación; aunque en dos ensayos (No. 14 y 15), sólo se usó la producción de materia seca total, debido a que sufrieron heladas cuando apenas faltaban dos semanas para su cosecha. En el caso de los ensayos No. 12 y 13, los rendimientos de grano son muy bajos lo cual es atribuible a condiciones excesivamente húmedas, poco brote, ataques moderados de enfermedades virosas y problema de malezas. La información parcial de estos 4 ensayos se atribuye a deficiencias técnicas: a una siembra muy tarde en Potosí (No. 14 y 15), cuando los agricultores ya habían sembrado desde hacía casi un mes, a campos no muy bien adaptados a la siembra de trigo en Zudañez (No. 13); y a la poca resistencia hacia el ataque de virus en una zona húmeda de Tarija (No. 12).

Lo importante para el primer objetivo, o sea correlación de análisis, es que el rendimiento absoluto no tiene tanta importancia como el rendimien-

to relativo entre tratamientos y por ello los 15 ensayos cosechados cumplen el objetivo principal. Para los demás objetivos, se usan los datos obtenidos en los ensayos del 1 al 11, los cuales completaron su período vegetativo normal en las condiciones naturales de las zonas trigueras de Bolivia.

Correlación entre Análisis de Suelo y Respuesta a Fertilizantes

Son muchos los métodos de análisis que se emplean para estimar el contenido de nutrientes disponibles para los cultivos. El propósito del presente estudio no es comparar los diferentes métodos de análisis, sino comprobar el procedimiento establecido mediante estudios en macetas y de campo en otros países de la zona andina. Sin embargo, se ha sacado muestras de 50 Kg. de tierra de cada campo experimental para el propósito de llevar a cabo posteriormente un estudio en macetas para complementar la información aquí presentada, ya que estudios en macetas ofrecen mayor control sobre factores que puedan influir en la correlación de métodos.

En la determinación de la respuesta a cada nutriente es necesario hacer comparaciones de rendimiento obtenido sin y con el nutriente en estudio, pero al nivel adecuado de los demás nutrientes. La comparación entre estos dos rendimientos se puede expresar en términos de porcentaje de rendimiento. Luego se puede confeccionar un gráfico correlacionando el porcentaje de rendimiento con el análisis de suelo para ver si hay relación entre los dos. Después una lámina transparente que tiene inscrito sobre si una cruz se coloca sobre el gráfico, de tal manera que el máximo número de

puntos se encuentran en la parte inferior izquierda y superior derecha. La raya vertical entonces indica el nivel crítico de análisis para el nutriente. (La técnica completa de este sistema rápido de correlación fue publicado por los Dres. Cate y Nelson, el mismo que se adjunta en el apéndice.)

Fósforo

La Figura 1 presenta la correlación obtenida entre el análisis de suelo para fósforo y la respuesta a fertilizante fosfatado. El rendimiento (-P) se obtiene del tratamiento No. 5 de cada ensayo, y el rendimiento (+P) se obtiene del tratamiento con fertilizante fosfatado que dio el más alto rendimiento, pero siempre al nivel adecuado de los demás nutrientes. Se puede apreciar el cálculo del índice "% de rendimiento" y la buena correlación que existe con el análisis, habiendo colocado 11 campos bajo el nivel crítico (zona de respuesta a P), y 4 campos arriba de él (zona en donde no hay respuesta a P). El nivel crítico de 7 ppm P, por el método de Olsen modificado, está conforme con los datos obtenidos en varios cultivos de otros países (Fitts, et al., 1967). El procedimiento de análisis se encuentra en el apéndice.

Potasio

En la figura 2 se puede apreciar la correlación obtenida entre análisis de suelo para potasio y respuesta a fertilizante potásico. La confección de esta curva es parecida a la del fósforo. La curva para potasio toma una forma algo diferente que la del fósforo; sin embargo, indica que el nivel

crítico queda alrededor de 175 ppm. (Este dato está similar a los obtenidos en otros países con métodos parecidos). El método empleado para potasio disponible se encuentra en el apéndice.

Se nota que aparentemente existen otros factores que influyen en la respuesta a potasio, aparte del análisis químico. En el caso de los suelos No. 5 y 11 (Potosí) hay una ligera respuesta, a pesar de tener un análisis ligeramente encima de 200 ppm K, observación que indica poco potasio en reserva, o sea, en forma no cambiante que puede ser liberado durante el período de crecimiento. Por otra parte, los suelos No. 4, 9, 2 y 7 no responden a potasio con análisis de más o menos 200 ppm, indicando que tienen más reserva de potasio en forma no cambiante, o más potasio en el sub-suelo. Se espera que se pueda refinar aún más la predicción de la respuesta, tomando en cuenta la información proporcionada por la clasificación de suelos y por otros índices de los suelos o de las zonas, estudios que se encuentran en plena ejecución.

Nitrógeno y Magnesio

Los nutrientes nitrógeno y magnesio no se prestan para correlacionar en la misma manera que el fósforo y potasio, debido a que en este estudio todos los suelos respondieron fuertemente a nitrógeno, y la respuesta a magnesio no fue muy clara. Una explicación más amplia en cuanto a estos nutrientes se presentará en la siguiente parte de este informe, en la discusión sobre niveles a dosis de nutrientes.

Respuesta a Dosis de N, P₂O₅, K₂O y MgO en Trigo Coposu

El análisis de suelos nos permite predecir cual es la formulación de fertilizante que mejor complementa la fertilidad actual del campo, pero por si solo el análisis no puede indicar la dosis de nutrientes apropiados bajo condiciones del campo. Entonces, el segundo objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta a distintas dosis de cada nutriente. Para la evaluación del efecto de dosis es importante separar, según análisis de suelo, los campos bajos en dicho elemento de los campos altos. Las figuras 3 a 8 presentan en forma gráfica el rendimiento de trigo, según dosis de nutriente aplicado en base a los análisis de suelo.

Fósforo

Para el caso del fósforo, todos los suelos bajos en P según el análisis respondieron marcadamente (Fig. 3); mientras que ningún suelo alto en fósforo respondió (Fig. 4). El rendimiento máximo en suelos bajos en fósforo se obtuvo con la aplicación de 60 Kg./Ha. de P₂O₅ en el caso de los suelos No. 1 y 7, mientras que los demás suelos respondieron hasta 80 Kg./Ha. de P₂O₅. Se nota evidencia de fijación de P en el suelo No. 3, puesto que cada dosis más alta resultó con mayor incremento de rendimiento. Según estas respuestas, la recomendación para fósforo debe ser en el rango de 60 a 80 Kg./Ha. P₂O₅ para suelos bajos en fósforo, sujetándose, por supuesto, a las consideraciones económicas. Por otra parte, no se justifican aplicaciones de fósforo en suelos altos según análisis (Fig. 4), excepto en el caso de suelos que están cerca del nivel crítico, caso en el cual

es importante mantener su fertilidad para que no se conviertan en suelos deficientes en fósforo.

Potasio y Magnesio

La respuesta a dosis de potasio no se presenta en forma tan marcada como en el fósforo. Sin embargo, 3 suelos bajos en análisis respondieron significativamente a potasio (Fig. 5). El suelo No. 3 fue muy bajo en potasio y respondió marcadamente hasta 60 Kg./Ha. K_2O ; mientras que los otros dos (No. 8 y 10), respondieron sólo hasta 20 Kg./Ha. K_2O .

Los suelos con análisis arriba del nivel crítico (Fig. 6) no respondieron a potasio, con excepción de dos suelos de Potosí (No. 5 y 11) en los cuales hubo respuesta ligera a 20 Kg./Ha. K_2O . Basándose en la posibilidad de una ligera respuesta de potasio hasta un análisis de 250 ppm K, se recomendaría la aplicación de 20 Kg./Ha. K_2O en el rango de 125-250 ppm K, sobre todo en suelos procedentes de Potosí. En suelos con análisis menor de 125 ppm K, se recomendaría una dosis de 40-60 Kg./Ha. K_2O , mientras que en suelos con análisis mayor de 255 ppm K no se recomienda potasa.

Los resultados de las Figuras 5 y 6 indican que había un ligero efecto beneficioso cuando se aplicó potasio de la fuente de sulfato doble de potasio y magnesio en vez de cloruro de potasio. Sin embargo, no se sabe si esta respuesta se debe a SO_4K_2 o a SO_4Mg .

El cloruro de potasio empleado en los estudios fue en forma de polvo, lo cual dificultó su aplicación uniforme sobre todo en campos en donde sopla el viento; en cambio la fuente de sulfato doble de potasio-magnesio era

más granular y su aplicación fue más uniforme.

Se espera poder aclarar algo respecto a la respuesta a potasio y magnesio mediante análisis foliar (grano y paja), dato que se piensa conseguir posteriormente con el material que se guarda de las sub-muestras de las parcelas de todos los ensayos.

Nitrógeno

Finalmente, se muestra la respuesta a nitrógeno en las figuras 7 y 8. Con excepción de los suelos No. 2 y 7, (Fig. 8), todos los suelos respondieron hasta 80 Kg./Ha. de N. Como es bien conocido el nitrógeno proviene principalmente de la materia orgánica del suelo, mediante la descomposición de la misma, y puesto que los suelos en las zonas trigueras son bastante pobres en materia orgánica, una respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado es lo esperado. Para comprobar que si hubiera un efecto de la materia orgánica en la respuesta a nitrógeno, se separó los suelos del presente estudio en dos grupos: los que tenían 2% o menos de materia orgánica y los que tenían 2.1% o más de materia orgánica.

Se observa que en los 7 suelos bajos en materia orgánica la respuesta fue hasta 80 Kg./Ha. de N, mientras que de los 4 suelos medios en materia orgánica, dos respondieron hasta 80 Kg./Ha. de N y dos respondieron sólo hasta 60 Kg./Ha. de N.

EVALUACION DE LOS NUTRIENTES COMO FACTORES LIMITANTES
EN LA PRODUCCION DE TRIGO COPOSU

La ley del mínimo expresa el hecho de que cualquier nutriente o factor que se encuentra deficiente limitará el rendimiento. Como ya han informado otros investigadores de trigo de Bolivia, la limitación de nitrógeno y fósforo es de primer orden, o sea apreciable.

En este estudio se puede aclarar aún más esta información puesto que al haber empleado nutrientes simples de nitrógeno y fósforo se puede observar cual de los dos elementos se encuentra más deficiente. En la tabla No. 1 se presenta los rendimientos obtenidos cuando no se aplicó uno de los nutrientes. Se puede apreciar que para los suelos bajos en fósforo, el fósforo es más limitante que el nitrógeno en 6 de los suelos, y en 4 de ellos el rendimiento sin fósforo fue sólo la mitad del rendimiento sin nitrógeno.

Considerando que todos estos suelos son ya bajos en nitrógeno, la pobreza de fósforo en estos casos es algo extraordinario.

El potasio no se consideraba deficiente en zonas trigueras de Bolivia; sin embargo, en 3 de los 11 suelos estudiados hubo respuesta significativa a potasa y en otros 3 suelos hubo un efecto ligero. Aunque la respuesta a potasio es de segundo orden debido a que no tiene efecto muy visible en el campo, su efecto en rendimiento de grano es claramente importante, sobre todo en los rendimientos más altos.

El magnesio, como nutriente esencial, parece ser deficiente en algu-

Tabla No. 1. Comparación de cada nutriente como factor limitante en la producción de trigo Coposu^{1/}

No. de ensayo	- N PKMg	- P NKMg	- K y Mg NP	- Mg NPK	Completo NPKMg
Rendimientos obtenidos (Kg./Ha.)					
1	2.827	3.090	3.857	3.523	3.890
2	2.275	980	4.060	3.990	4.260
3	1.798	1.475	1.850**	2.252	2.634
4	850	2.458*	2.178	2.102	2.032
5	787	864	2.009	2.440	2.448
6	1.094	906	1.841	2.012	1.842
7	1.278	587	1.646	1.332	1.822
8	925	505	1.253**	1.500	1.595
9	156	1.665*	1.576	1.578	1.594
10	385	174	960**	965	1.236
11	432	1.027*	729	908	805

* Suelos altos en fósforo.

** Suelos bajos en potasio.

^{1/} El rendimiento del tratamiento No. 4 (completo) fue el punto de referencia con el que se compararon los demás rendimientos en los que no se aplicó uno de los nutrientes.

nos casos, aunque su efecto es menos apreciable en relación a los demás nutrientes. Sin embargo, puesto que algunos suelos de zonas trigueras están más provistos en potasio y calcio que en magnesio, puede ser que sea necesario corregir este desequilibrio.

EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL USO ECONOMICO
DE FERTILIZANTES EN TRIGO COPOSU

Si bien es cierto que muchos factores influyen en el rendimiento de trigo, es menester evaluar el efecto de los factores que están al alcance del agricultor y tratar de controlarlos.

Aunque basándose en datos de un año no se puede decir exactamente cuanto va a rendir el trigo bajo condiciones de fertilización, se puede apreciar no obstante el grado de respuesta que es factible y se puede determinar si es económica o no tal respuesta.

No es el propósito de este estudio hacer un análisis económico muy completo, tampoco se intenta tomar en cuenta todos los factores que suelen incluirse en tal clase de análisis. En primer lugar la relación entre costos y precios cambian, lo cual puede cambiar la evaluación. El propósito más bien es proporcionar algunos puntos de referencia sobre los cuales los economistas puedan referirse para evaluar la importancia de la fertilización.

En la tabla No. 2, se presenta una evaluación comparativa entre un programa de producción de trigo Coposu sin y con fertilizante. El costo del fertilizante empleado es un promedio de los precios que existían en

Tabla No. 2. Evaluación del efecto de la fertilización de Coposu en los beneficios netos para los suelos estudiados.

No. del suelo	RENDIMIENTOS OBSERVADOS			Ingreso adicional debido al fertilizante	Costo fertilizante y análisis del suelo	Beneficio neto adicional debido al fertilizante	
	Testigo máximo	Fertilizado máximo	Diferencia debido al uso del fertilizante				
	<u>1/</u>	<u>2/</u>		<u>3/</u>	<u>4/</u>		
	(Kg./Ha.)	(Kg./Ha.)	(Kg./Ha.)	(qq)	(\$b./Ha.)	(\$b./Ha.)	(\$b./Ha.)
SUELOS EN LOS CUALES SE RECOMIENDA: 80 - 0 - 20							
4	850	2.458	1.608	34.9	1809	528	1281
9	156	1.665	1.509	32.6	1690	528	1162
11	432	1.027	595	12.9	668	528	140
SUELOS EN LOS CUALES SE RECOMIENDA: 80 - 80 - 0							
1	2.827	3.890	1.063	23.1	1197	759	438
6	906	1.841	935	20.3	1052	759	293
SUELOS EN LOS QUE SE RECOMIENDA: 80 - 80 - 20							
2	980	4.260	3.280	71.3	3713	867	2846
5	787	2.448	1.661	36.1	1872	867	1005
7	587	1.822	1.235	26.8	1389	867	522
8	505	1.779	1.274	27.6	1431	867	564
10	174	1.236	1.062	23.1	1197	867	330
SUELOS EN LOS CUALES SE RECOMIENDA: 80 - 80 - 60							
3	1.475	3.285	1.810	39.3	2037	1.086	951
PROMEDIO	880	2.337	1.457	31.6	1641	775	866

1/ Rendimiento obtenido cuando no se aplicó el nutriente más limitante.

2/ Rendimiento obtenido aplicando la fórmula de fertilizante recomendado.

3/ Precio de Coposu calculado a \$b.51.85 por qq.

4/ Precio de fertilizante calculado a \$b.115 para 50 Kg. 13-39-0 y 46-0-0; \$b.110 para 15-15-15.

varias partes del país durante 1968: \$b.115 para 50 Kg. de 13-39-0 y 46-0-0; \$b.110 para 50 Kg. de 15-15-15.

El costo del análisis de suelo de \$b.20 se incluyó en el costo del fertilizante. El precio para el trigo Coposu se ha considerado como \$51.85 por quintal.

Los otros costos de producción (valor del terreno, costo de semilla, costos de preparación del terreno, etc.) se han considerado constantes para el sistema sin o con fertilizante y por eso no figuran éstos en la evaluación.

En el sistema con fertilizantes se reconoce la existencia de "gastos adicionales", en el transporte del fertilizante, en la aplicación del fertilizante, en la cosecha y en los intereses al comprar el fertilizante al crédito. Por otro lado también se reconocen "beneficios adicionales" aparte del valor del grano que no se ha contado en los ingresos, tales como mayor producción de paja, efectos residuales del fertilizante, mejoramiento de la condición física del suelo debido al incremento marcado de raíces y micro-organismos en el suelo. En el criterio de los autores los "beneficios adicionales" son mayores que los "gastos adicionales", y por ello, la evaluación presentada es de naturaleza realista.

Las observaciones de la tabla No. 2 se separaron en grupos según el análisis de suelo, y la fórmula de fertilizante empleada es la que se puede predecir mediante análisis de suelo y otra información de los resultados del presente estudio. El costo del fertilizante más el análisis de

suelo varía desde \$b.533 hasta \$b.1086 por hectárea. Por otra parte los ingresos adicionales debido al fertilizante varían desde \$b.668 hasta \$b.3713 por hectárea. El promedio del costo de fertilizantes más el análisis de suelo fue de \$b.775 y el promedio de ingresos adicionales debido al fertilizante fue de \$b.1641, o sea un retorno de más de 2 por 1. El beneficio neto adicional debido al fertilizante varía de \$b.140 hasta \$b.2846, con un promedio de \$b.866.

El costo de fertilizante es, por supuesto, bastante caro, sobre todo cuando el suelo es pobre en todos los nutrientes, requiriendo en tal caso una dosis alta de todo. No obstante, la aplicación de fertilizante debe considerarse de dos maneras: fertilización de corrección y fertilización para mantenimiento.

Se calcula que si un campo bajo en todos los nutrientes recibe una dosis alta el primer año, o sea 80-80-60, los siguientes años sólo debe recibir dosis de mantenimiento o sea 80-20-10. El costo de mantener el campo año tras año se estima en \$b.550 (el análisis de suelo se hace sólo una vez por tres cultivos seguidos). Considerando que el ingreso adicional calculado en este estudio fue de \$b.1641, un costo de mantenimiento de \$b.550 significaría un retorno de casi 3 por 1.

En las zonas trigueras de Bolivia siempre existen riesgos de sequía, heladas o granizadas, factores que desaniman a muchos agricultores para invertir en fertilizantes. Para un análisis económico completo, se tendría que estimar la probabilidad de estas pérdidas. Seguramente, la mejor pro-

tección que tendría el agricultor sería que él mismo trabajara el terreno bajo un programa de fertilización de varios años seguidos, de tal manera que si perdiera su cultivo en una cosecha, se aprovecharía del efecto residual en sus siguientes cultivos. Los programas de crédito para la fertilización de trigo tendrán que tomar en cuenta esta necesidad para asegurar su éxito.

Está muy a la moda pensar que con la introducción de buena semilla se puede mejorar significativamente la producción nacional de trigo. Como regla general se habla de doblar el rendimiento con trigo Coposu. No obstante, duplicar el rendimiento sólo con mejores variedades es sumamente dudoso como podemos apreciar en la siguiente discusión:

En el presente trabajo todas las parcelas fueron fertilizadas y se considera como testigo el rendimiento obtenido cuando no se aplicó el nutriente más limitante. Se supone que un verdadero testigo (sin fertilizante) pudiera haber rendido menos que el "testigo máximo" (fertilización que no incluye el nutriente más deficiente). Pero por la ley del mínimo es difícil pensar que hubiera rendido más de ello y esto simplemente debido a la limitación del nutriente en consideración.

En la tabla No. 2 el promedio del "testigo máximo" fue 880 Kg./Ha. Si eliminamos el suelo No. 1 que fue el que dio rendimientos muy excepcionales, en el testigo máximo se obtiene como promedio sólo 685 Kg./Ha.; este resultado difiere muy poco del promedio nacional actual. Esta observación nos muestra que la introducción de Coposu pero sin fertilizantes en

suelos con algo de fertilidad natural puede dar rendimientos muy superiores a las variedades criollas, pero en suelos muy pobres la introducción de Coposu sin fertilizante probablemente no de aumentos significativos en cuanto a rendimientos a pesar de que el Coposu resista mejor a las enfermedades.

En vista de que la mayoría de los suelos de las zonas trigueras son de naturaleza pobre de uno o más nutrientes, el rendimiento tiene que estar limitado por cualquiera de ellos; este hecho indica que la semilla Coposu por si sola no puede dar resultados de producción de trigo en las proporciones predecidas. En cambio Coposu bajo un programa de fertilización puede incrementar la producción significativamente. El promedio de rendimiento bajo fertilización adecuada en el presente estudio, fue de 2328 Kg./Ha., o sea aproximadamente cuatro veces más que el promedio nacional.

RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Correlación de Métodos de Análisis

El estudio de correlación entre análisis de suelo y respuesta a fertilizantes ha comprobado el valor de los análisis para P y K. El análisis de fósforo por medio del método de Olsen modificado, dio un nivel crítico de 7 ppm P, y el análisis de potasio en el extracto de NH_4Cl dio un nivel crítico de 175 ppm K. El análisis de materia orgánica sugiere un nivel de separación entre bajo y medio a los 2% de

materia orgánica en el suelo. El análisis para magnesio quedó inconcluso.

2. Dosis de Nutrientes Recomendables

El estudio de dosis de nutrientes indica que las recomendaciones pueden ser las siguientes:

Nitrógeno - 80 Kg./Ha. N en suelos bajos en M.O. (2% o menos)

N 60 Kg./Ha. N en suelos medios en M.O. (2.1% o más)

Fosfato - 60-80 Kg./Ha. en suelos bajos en P (0-7 ppm)

P_2O_5 0-20 Kg./Ha. en suelos medios a altos en P (8 ppm o más)

Potasa - 40-60 Kg./Ha. en suelos bajos en K (0-125 ppm)

K_2O 20 Kg./Ha. en suelos medios en K (125-250 ppm)

0 Kg./Ha. en suelos altos en K (255 ppm o más)

Magnesio - no se recomienda excepto en casos que parecen ser muy
MgO bajos en Mg en comparación con el contenido de Ca.

3. Limitaciones de los Nutrientes

Los nutrientes se encuentran limitantes según el siguiente orden:

Primer orden de deficiencia - Nitrógeno y Fósforo, con fósforo más limitante que nitrógeno en la mayoría de los suelos bajos en fósforo.

Segundo orden de deficiencia - Potasio, con respuestas visualmente notables sólo en campos muy bajos.

Tercer orden de deficiencia - Magnesio, en algunos suelos, y Fósforo y Potasio, en suelos medios en esos nutrientes (lo que sugiere la importancia de mantener éstos suelos con dosis bajas).

4. Uso Económico de Fertilizante en Trigo Coposu

Como promedio de 11 observaciones de ensayos se observó lo siguiente:

Rendimiento de <u>Coposu</u> solo	880 Kg./Ha.
Rendimiento de <u>Coposu</u> fertilizado	2337 Kg./Ha.
Respuesta debida a fertilizantes	1457 Kg./Ha.
Ingreso adicional con fertilizante	\$b.1641
Costo de fertilizante y análisis de suelo	\$b. 775
Beneficio neto adicional con fertilizante	\$b. 866

Se indicó que el costo de fertilizante por hectárea para mantener alta producción de trigo es de unos \$b. 550, lo que comparado con el ingreso adicional de \$b.1641 nos indica que el retorno puede ser hasta de 3 por 1 cuando el agricultor trabaja por varios años seguidos en un programa de fertilización.

5. Importancia del Análisis de Suelo para el Uso Económico de Fertilizantes en Trigo Coposu

Todas las parcelas del presente estudio fueron fertilizadas pero sólo las fórmulas basadas en análisis de suelo dieron beneficios netos favorables, sobre todo en la totalidad del rango de suelos estudiados. La variabilidad de la fertilidad del suelo de un campo a otro es tanto que no es económico emplear una fórmula general para una zona o región, requiriéndose que haya un análisis de suelo para poder recomendar la fórmula y dosis apropiada para cada campo.

B I B L I O G R A F I A

- Amador T., Freddy. Ensayos de comprobación y respuesta de 622 variedades de trigo a dos niveles de fertilizantes nitrogenados. Tesis. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. 1967.
- Amurrio R., José. Estudio de una fertilización racional de los suelos de Cochabamba con relación a los principales cultivos. Informe Anual, Estación Experimental Agrícola La Tamborada, Cochabamba. 1964 - 1965.
- Cate, R. B., y Nelson, L. A. Un método rápido para correlación de análisis de suelo con ensayos de fertilizantes. Bol. Tec. No. 1, North Carolina State University, Raleigh, N. C.
- Dula N., José, Amurrio R., José, y Sangüeza M., M. Fertilización de trigo en los valles de Cochabamba y calibración de métodos de laboratorio. Informe Anual. Estación Experimental Agrícola La Tamborada, Cochabamba. 1963 - 1964.
- Franco A., Edilberto. Cultivo de trigo con aplicaciones de fertilizantes en la zona de los valles de Cochabamba. Tesis. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. 1965.
- Fitts, J. W., et al. Informe Anual, Proyecto Internacional para la Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad de Suelos. North Carolina State University, Raleigh, N. C. 1967.
- Villarroel, Hugo. Comunicaciones personales. Estación Experimental de Chinoli, Potosí. 1967.

A P E N D I C E

MÉTODOS ANALÍTICOS EMPLEADOS PARA FOSFORO Y POTASIO

Fósforo - Método de Olsen Modificado^{1/}

Reactivos: Extractante - 0.5 M NaCO_3 pH 8.5
Reactivo A - por litro 1.0 g. molibdato de amonio
0.024 g. tartrato doble de potasio antimonio
20 ml. H_2SO_4 concentrado
Reactivo B - (preparar al momento de usar)
1.0 g. ácido ascórbico agregado
por litro de reactivo A.

Procedimiento:

1. Pesar (o medir por volumen) 5 g. de suelo en frascos de extracción, agregar suficiente carbón^{2/} para decolorar el extracto y agregar 50 ml. de solución extractante.
2. Agitar durante 10 minutos y filtrar.
3. Tomar 5 ml. de alicuota del extracto y agregar 20 ml. de reactivo B.
4. Esperar 20 minutos para el desarrollo del color azul y leer en el colorímetro a los 660 mu.

Potasio - Método de Extracción con NH_4Cl

Pesar (o medir por volumen) 2.5 g. de suelo en frascos de extracción, agregar 50 ml. de N NH_4Cl , agitar durante 20 minutos y filtrar y leer en el fotómetro de llama.

^{1/} Método adaptado por D. L. Waugh.

^{2/} Lavar el carbón con 0.5 M NaCO_3 , pH 8.5 antes de usarse para asegurar que no tiene fósforo.

UN METODO RÁPIDO PARA CORRELACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO CON ENSAYOS DE FERTILIZANTES

Robert B. Cate, Jr. y Larry A. Nelson

Uno de los problemas que se confrontan en el análisis de suelo es la interpretación de los resultados obtenidos y la cual es necesaria antes de poder darle buen uso a cualquier método de análisis de suelo que se adopte. Igualmente, hay que considerarla como esencial, si ha de compararse un método con otro. En la interpretación del análisis de suelo se debe tener presente el uso que se pretenda dar a los resultados. Algunos de los objetivos más importantes del análisis de suelo (1) son los siguientes:

Agrupar los suelos en clases para poder hacer las sugerencias pertinentes de cal y fertilizantes.

Predecir las probabilidades de lograr resultados beneficiosos mediante la aplicación de nutrientes a las plantas.

Ayudar a evaluar la productividad del suelo.

Determinar las condiciones específicas del suelo que puedan ser mejoradas mediante la adición de enmiendas y prácticas de cultivo.

Los análisis de suelo pueden ser calibrados de distintos modos. Un método corriente es la correlación de los resultados con el aumento en rendimiento de las plantas que han sido provistas con el nutriente bajo estudio.

Uno de los estudios más amplios y en el cual se utilizó este procedimiento, fué el efectuado por el Grupo de Trabajo de Análisis de Suelo del Comité Nacional de Investigaciones de Suelos, en el cual 75 suelos representativos de todos los Estados Unidos, fueron analizados por 55 laboratorios (4). Los distintos laboratorios emplearon un total de nueve métodos de extracción de fósforo. Se computó el porcentaje de rendimientos obtenido en ensayos de tiesto con Sorghum vulgare, los cuales fueron adecuadamente provistos de todos los nutrientes excepto fósforo, usándose la fórmula : Porcentaje de rendimiento equivale a producción sin fósforo, dividida por la producción con fósforo adecuado, multiplicado por 100. En este estudio se computaron los coeficientes de correlación lineal simples para posibles relaciones entre el porcentaje de rendimiento y los valores de los análisis de suelo por diferentes métodos. Tomando todos los suelos analizados en consideración

el valor r más elevado fué 0.7 (por el método Bray No. 1). El Grupo de Trabajo indicó que los gráficos revelaron que la relación entre el rendimiento y los resultados de los análisis era realmente de forma curvilínea en vez de lineal, y que los cuadros de distribución de frecuencia mostraron un aspecto algo diferente a los estudios de correlación solamente.

Los autores de este estudio opinan que estos resultados y los resultados de otros estudios semejantes, demuestran la necesidad existente de una representación adecuada de la relación entre los valores del análisis de suelo y los valores de rendimiento. Por lo tanto, algunos de los datos originales del Grupo de Trabajo han sido sometidos a una reinvestigación, usándose el método descrito en este informe.

Según los diagramas de distribución, es obvio que la curva representando la relación entre el porcentaje de rendimiento y la curva de los valores del análisis de suelo, no es lineal o frecuentemente, ni siquiera tiene una forma de alto orden polinomial. Una hipérbola rectangular o no-rectangular, teniendo una asíntota de 100%, fuese tal vez más apropiada. Curvas de este tipo no se ajustan fácilmente, especialmente sin la ayuda de un computador electrónico. Además, es difícil identificar un simple punto de inflexión representativo de la transición de una región de alta probabilidad de respuesta a una de baja.

Uno de los principales objetivos en tratar de relacionar el porcentaje de rendimiento a los valores del análisis de suelo, es encontrar el punto de inflexión en la curva (denominado "nivel crítico" del análisis de suelo), debajo del cual la probabilidad de una respuesta económica a la adición de fertilizantes es alta y por encima del cual la probabilidad es baja. El referido punto puede ser localizado con cierta facilidad sin recurrir a un trazado iterativo laborioso de una hipérbola rectangular o no-rectangular, si asumimos que los puntos pertenecen a uno de dos grupos; cada grupo más o menos paralelo a uno de los ejes. La razón por la cual se hace una partición en dos grupos de puntos se basa en que el nivel crítico es el nivel por encima del cual el elemento que está siendo determinado deja de ser un factor limitante primario.

Si estas inferencias se toman, la curva entera podría ser considerada como dos líneas rectas intersectándose en un punto. El ajustamiento de la curva envolvería el ajuste de dos líneas intersectadas, una para cada grupo, en cierta manera que el cuadrado de las desviaciones de las dos líneas sería reducido

simultáneamente. El punto donde las dos líneas se intersectan sería entonces tomado como el "nivel crítico" del análisis de suelo, separando los valores altos y bajos. Este método de cálculo, mientras que es menos tedioso en la computación que el del ajuste de hipérbolas rectangulares o no-rectangulares, normalmente requeriría varias iteraciones con el fin de encontrar el conjunto de "mínimos cuadrados" de líneas intersectadas. Un programa de cómputo para encontrar el grupo de "mínimos cuadrados" de líneas intersectadas y sus puntos de intersección, ha sido escrito recientemente y es usado para problemas de este tipo por la Universidad del Estado de Iowa.^{1/}

El método desarrollado en este informe es quizás un poco menos preciso que el ajuste de una hipérbola o de los mínimos cuadrados de líneas intersectadas, pero tiene la ventaja de requerir menos cálculos. Esta ventaja puede ser particularmente importante en áreas donde los equipos complejos de cómputo no son fácilmente accesibles. Hay ciertas dudas en cuanto a la precisión necesaria para hacer la división entre el área de la curva para la cual la probabilidad de respuesta es alta y aquella para la cual la probabilidad es baja. Tal parece que después de hacerse un estimado inicial del valor del nivel crítico, sea necesario hacer más tarde algún ajuste en ambas direcciones, de acuerdo con los resultados obtenidos en ensayos de tiesto y experimentos de campo. Estos ajustes tenderían a reducir la necesidad de hacer estimados iniciales de alta precisión.

Algunos de los conceptos y técnicas de los métodos descritos a continuación están basados en las pruebas de asociación no-paramétricas de Olmstead and Tukey (3), las cuales separan el área del gráfico (en este caso por ciento de rendimiento vs. valores del análisis de suelo) en cuatro cuadrantes distintos. Sin embargo, los objetivos implícitos y ciertos aspectos de técnica difieren marcadamente, como se puede apreciar en la siguiente descripción detallada paso a paso del nuevo método:

1. Gráfico de la distribución del porcentaje de rendimiento (eje-Y) vs. los valores del análisis de suelo (eje-X) trazado en papel cuadriculado. La escala de valores en el eje Y será siempre de 0 a 100 por ciento, mientras que la escala de valores en el eje X variará de acuerdo con el procedimiento del análisis de suelo que se use, el suelo estudiado y los nutrientes envueltos.

^{1/} Comunicación personal con Dr. Foster B. Cady, Laboratorio de Estadísticas, Iowa State University.

2. Un pedazo de plástico transparente de tamaño aproximadamente una vez y media las dimensiones del gráfico es cortado para usarse sobrepuesto al gráfico ("overlay"). Se traza un par de líneas perpendiculares intersectadas sobre el plástico, con tinta china negra, en tal forma que el plástico sea dividido en cuatro sectores con áreas aproximadas al mismo tamaño relativo de las mostradas en la Figura 1. Los puntos claves de los cuatro cuadrantes son marcados también con tinta china negra.

3. El plástico se mueve sobre el gráfico en forma horizontal y vertical, siempre con las dos líneas paralelas a los dos ejes del gráfico, hasta que el número de puntos percibidos a través del plástico en los dos cuadrantes positivos sea el máximo (o a la inversa, cuando el número de puntos en los cuadrantes negativos sea el mínimo).

4. La posición de las líneas en el plástico con respecto a los ejes del gráfico, son transferidas a éste, mediante la marcación de puntos a lo largo de los márgenes. Se dibuja entonces en el gráfico, las dos líneas intersectadas usando un lápiz y trazándolas levemente. El punto donde la línea vertical cruza el eje-X será definido como el nivel crítico del análisis de suelo.

Los resultados logrados mediante el uso de este método en los datos del Grupo de Trabajo, representando nueve soluciones diferentes de extracción, pueden ser observados en las Figuras 2-10. Aunque todos los métodos de extracción dan bastante buenos resultados, la superioridad de los primeros dos métodos es evidente, ya que se destacan con más claridad las dos agrupaciones y por lo tanto, definen mejor el "nivel crítico" del análisis de suelo.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta técnica a un conjunto de datos sobre ensayos de campo (2) pueden ser apreciados en la Figura 11. En experimentos replicados como éste, todas las medias de las replicaciones son trazadas en los gráficos de distribución. Los niveles críticos son lo suficientemente definidos para ofrecer un valor de predicción considerable. Los gráficos en sí no proveen la base para hacer recomendaciones de cantidades de fertilizantes, no obstante, permiten la siguiente declaración: "Debajo del 'nivel crítico' del suelo la probabilidad de una respuesta económica a fertilizantes, es alta (valores del análisis de suelo "Bajos"), mientras que por encima del 'nivel crítico' hay solo una oportunidad pequeña de obtener una respuesta amplia (valores del análisis de suelo "Altos)." Además, existe la alternativa de establecer una categoría "Medio" en la parte más baja de la zona "Alta" si se considera justificadas las aplicaciones de mantenimiento en algunos de los casos.

FIGURA 1

CORRELACION ENTRE ANALISIS DE SUELO PARA P CON NaHCO_3 Y RESPUESTA A FOSFORO EN TRIGO Coposu BOLIVIA 1967-1968.

SUELO No.	ANALISIS DE P (ppm)	RENDIMIENTO		
		- P	+ P	%
GRANO				
1	6.0	3090	4393	70
2	1.2	980	4260	23
3	3.0	1475	2634	56
4	20.0	2438	2032	121
5	5.7	864	2448	35
6	3.0	906	1842	49
7	2.0	587	1750	34
8	1.5	505	1595	32
9	7.5	1665	1709	97
10	6.0	174	1188	15
11	12.0	1027	1100	93
12	2.0	108	175	62
13	13.0	367	317	116
MATERIA SECA TOTAL				
14	2.0	775	6430	12
15	3.0	2420	4620	52

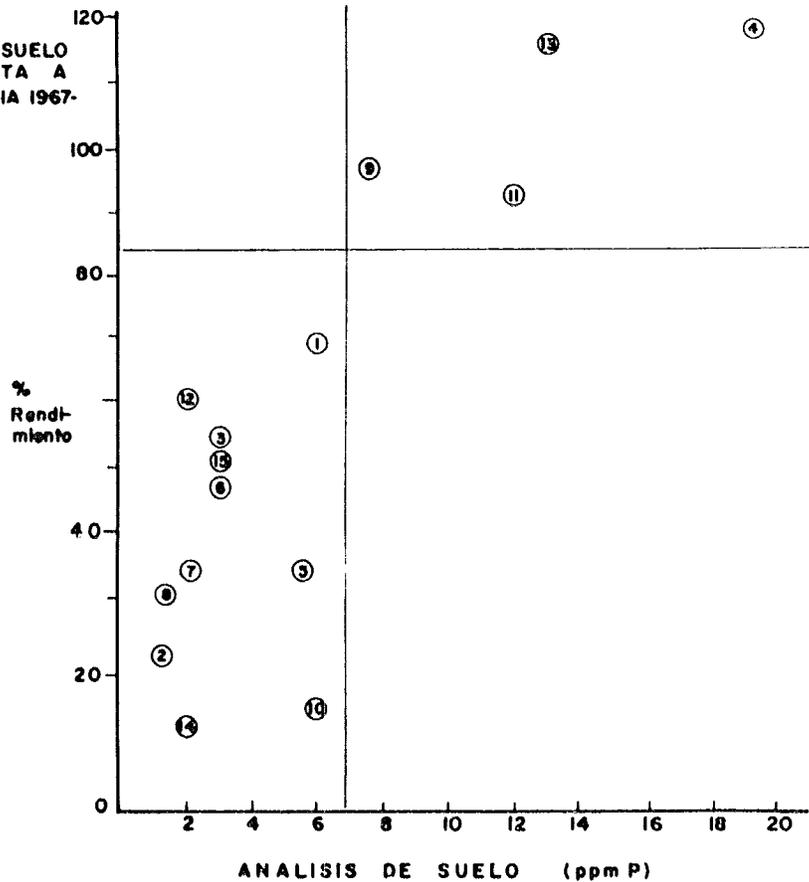


FIGURA 2

CORRELACION ENTRE ANALISIS DE SUELO PARA K CON NH_4Cl Y RESPUESTA A Potasio EN TRIGO Coposu BOLIVIA 1967-1968

SUELO No.	ANALISIS DE K (ppm)	RENDIMIENTO		
		- K	+ K	%
GRANO				
1	450	3857	3523	109
2	200	4060	3990	102
3	50	1850	3285	56
4	180	2178	2102	103
5	255	2009	2440	82
6	295	1841	2012	92
7	205	1646	1742	94
8	160	1253	1779	70
9	200	1576	1578	100
10	150	960	1236	78
11	220	729	908	80
12	70	109	191	57
13	170	265	339	78
MATERIA SECA TOTAL				
14	150	5645	6735	84
15	160	4010	5360	75

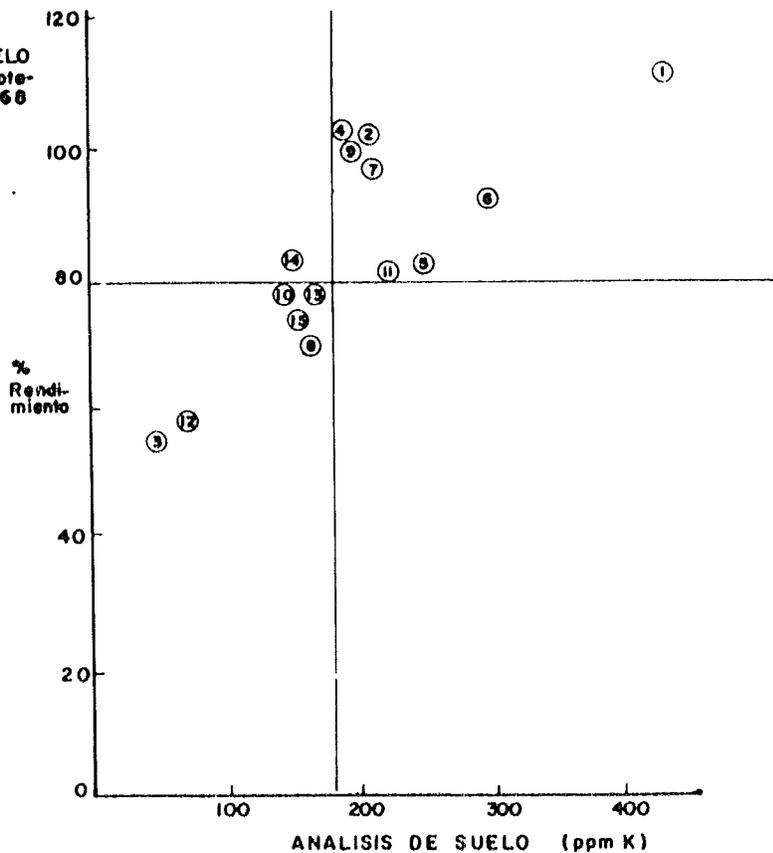
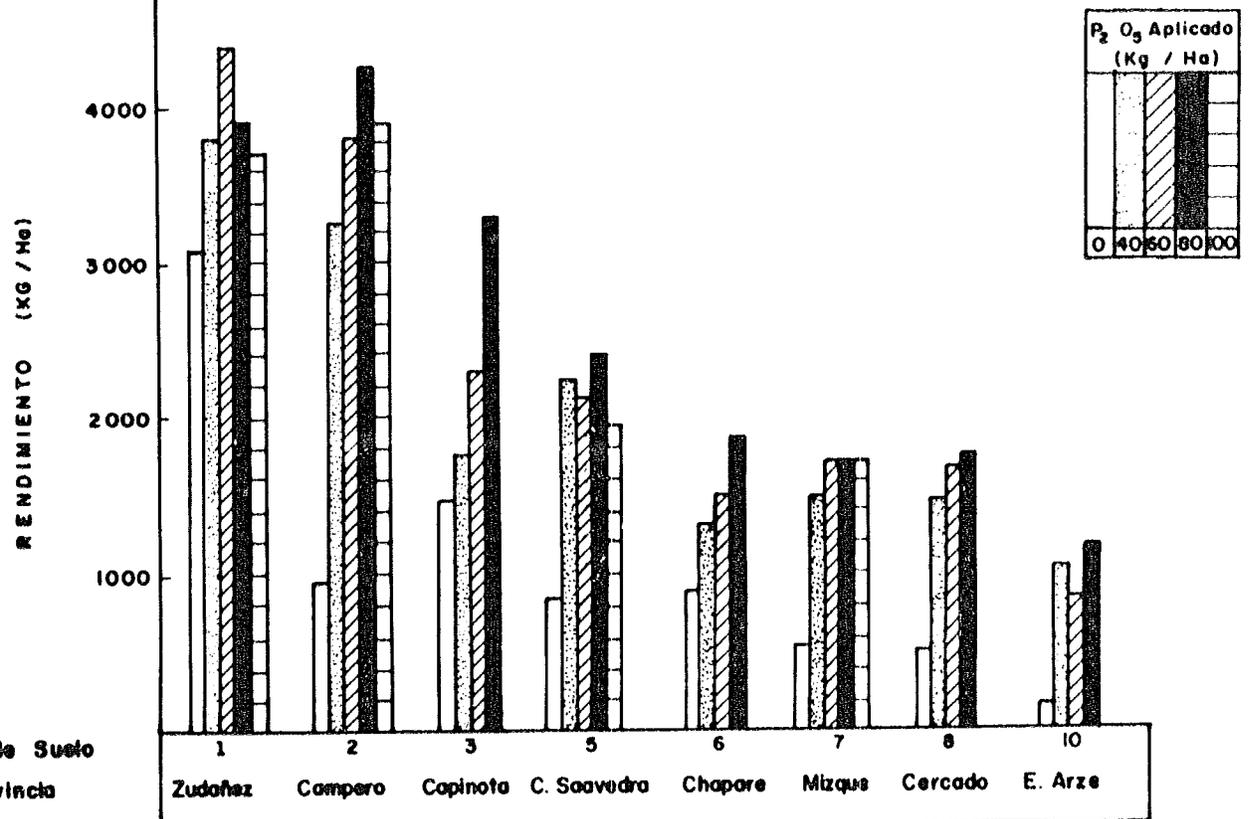


FIGURA 3

RESPUESTA A DOSIS DE P₂O₅ EN TRIGO COPOSU: SUELOS BAJOS EN P SEGUN ANALISIS

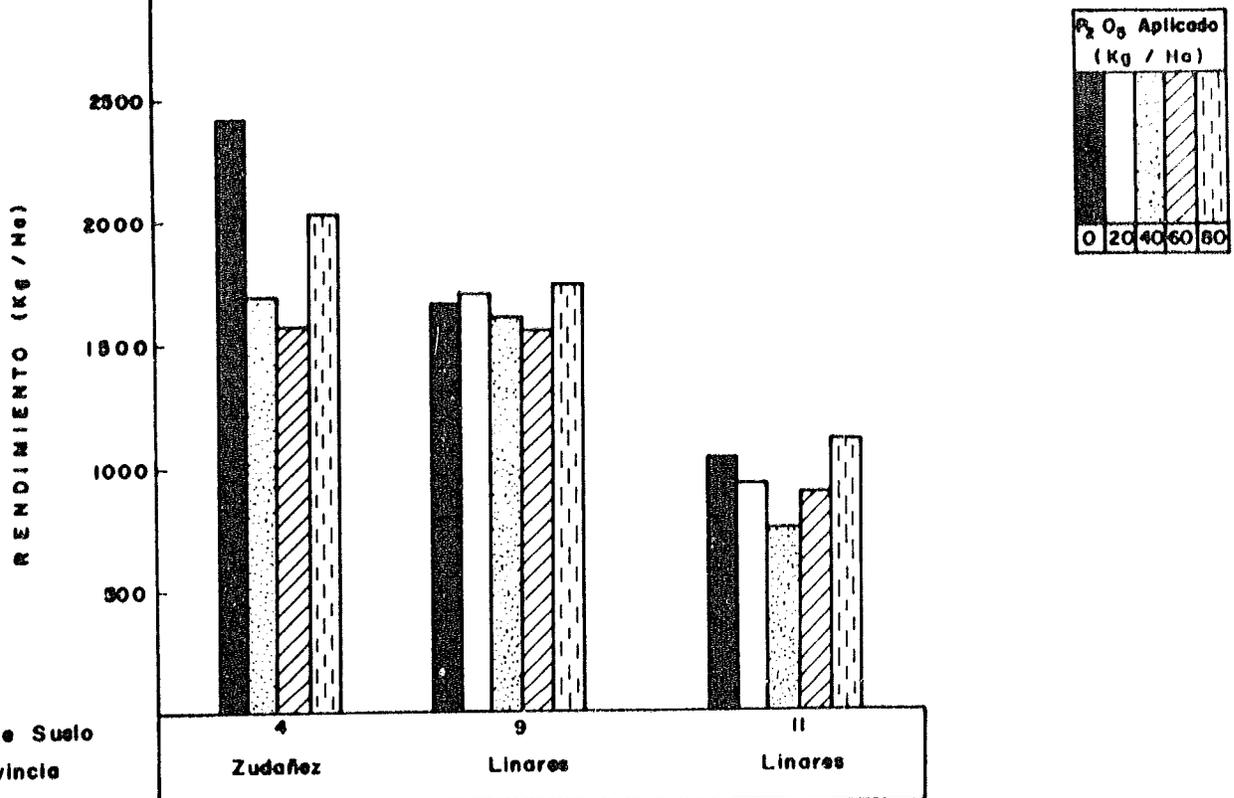


N° de Suelo
Provincia

1 Zudañez 2 Compero 3 Copinota 5 C. Seavedra 6 Chapare 7 Mizque 8 Cercado 10 E. Arze

FIGURA 4

RESPUESTA A DOSIS DE P₂O₅ EN TRIGO COPOSU: SUELOS ALTOS EN P SEGUN ANALISIS

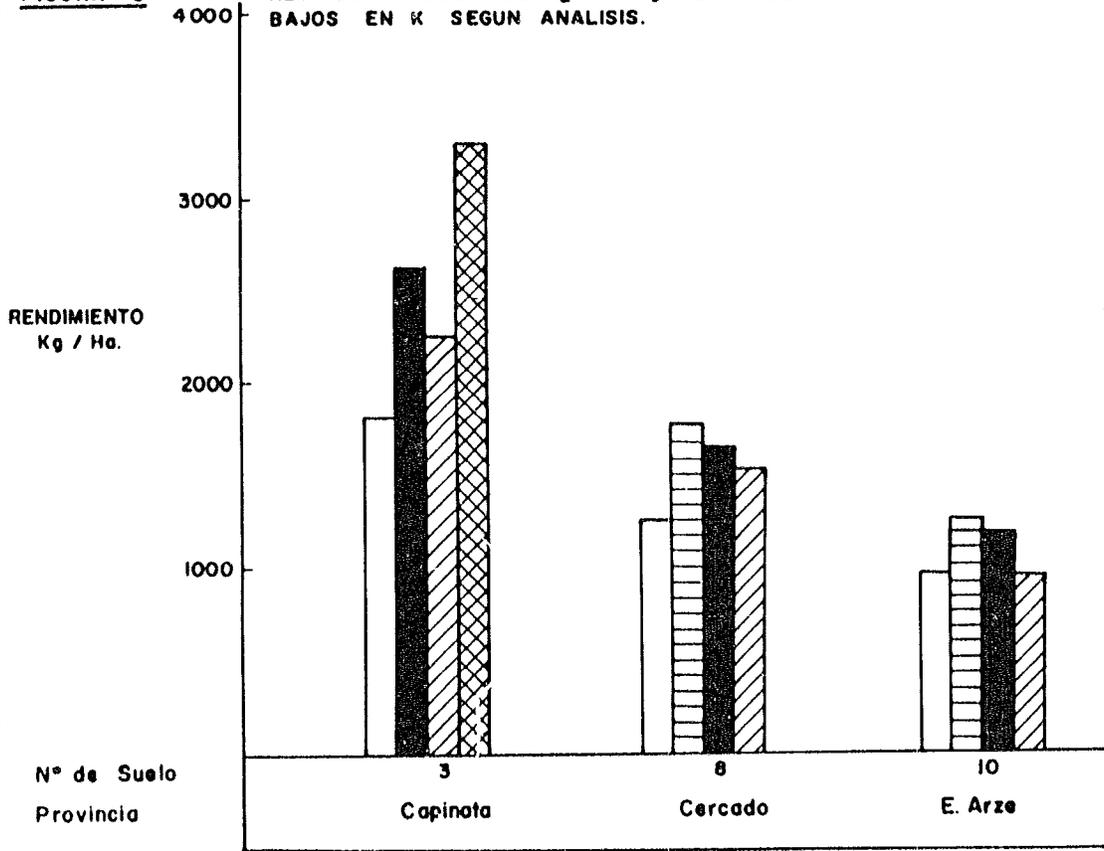


N° de Suelo
Provincia

4 Zudañez 9 Linares 11 Linares

FIGURA 5

RESPUESTA A DOSIS DE K₂O Y MgO EN TRIGO COPOSU. SUELOS BAJOS EN K SEGUN ANALISIS.

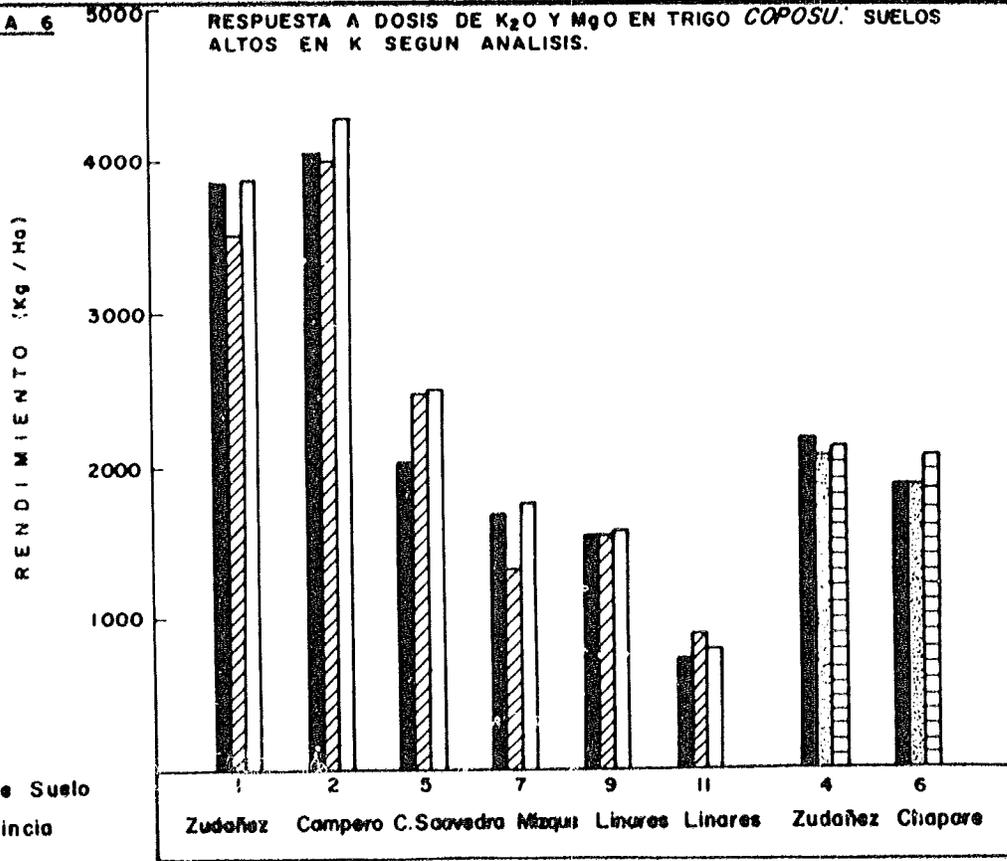


N° de Suelo
Provincia

3 Capinota 8 Cercado 10 E. Arze

FIGURA 6

RESPUESTA A DOSIS DE K₂O Y MgO EN TRIGO COPOSU. SUELOS ALTOS EN K SEGUN ANALISIS.



N° de Suelo
Provincia

1 Zudañez 2 Campero 5 C. Soavedra 7 Mizqui 9 Linares 11 Linares 4 Zudañez 6 Chiapare

FIGURA 7

RESPUESTA A DOSIS DE N EN TRIGO COPOSU: SUELOS BAJOS EN MATERIA ORGANICA.

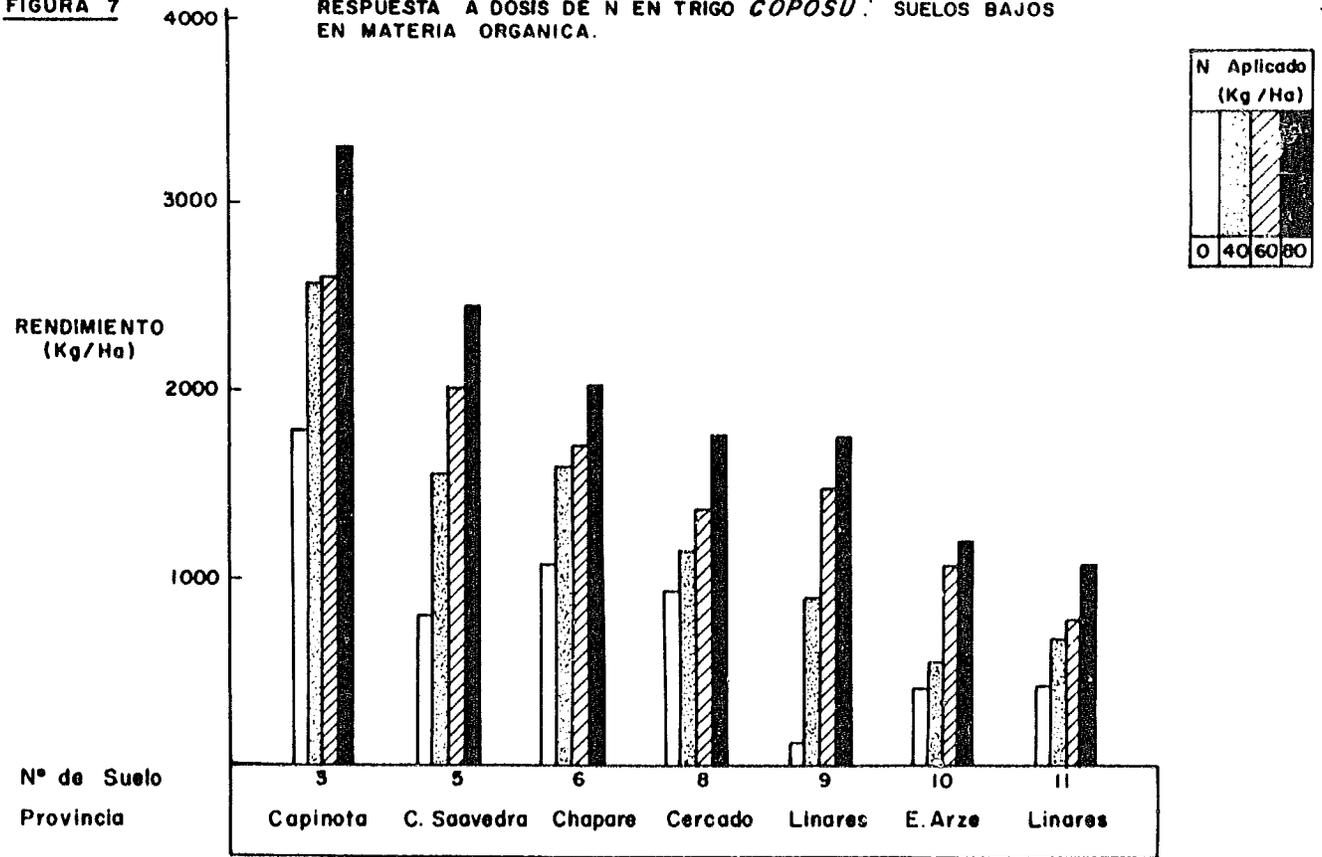
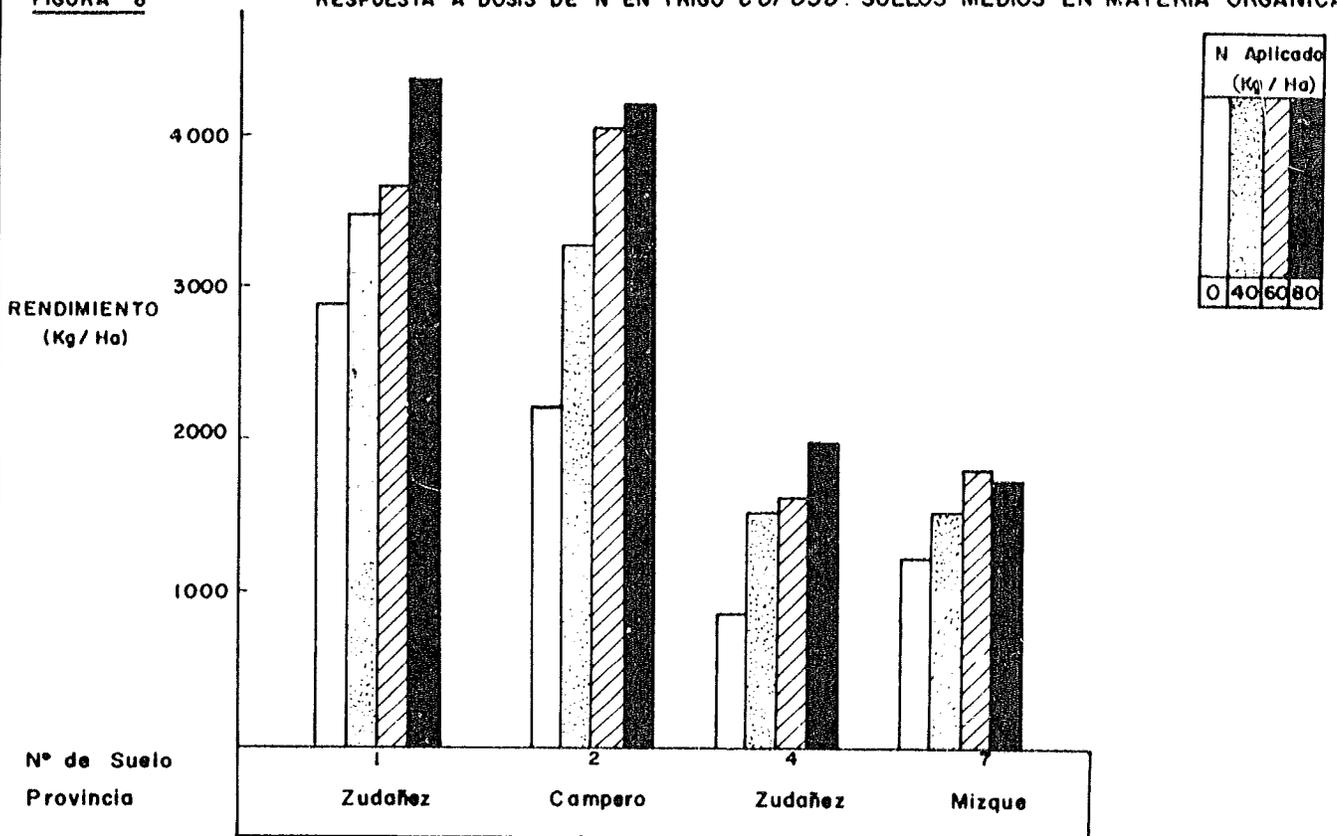


FIGURA 8

RESPUESTA A DOSIS DE N EN TRIGO COPOSU: SUELOS MEDIOS EN MATERIA ORGANICA



No. 1
Renato Carrasco

Chuquisaca
Zudañez
Redención Pampa

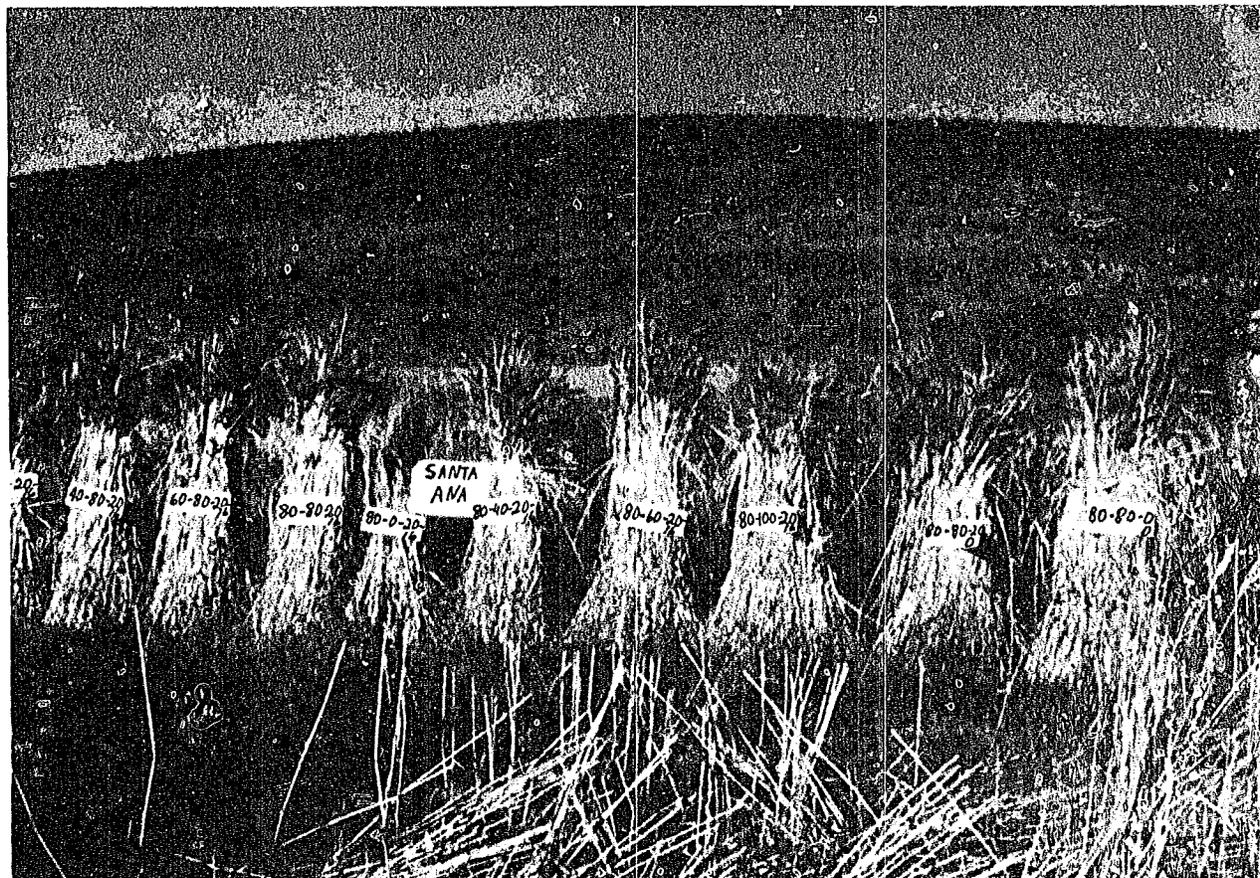


TIPO "A"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-20-16	3634	2269	2580	2827
2. 40-80-20-16	3895	3600	2971	3486
3. 60-80-20-16	4910	2616	3326	3617
4. 80-80-20-16	5317	3025	3330	3890
5. 80- 0-20-16	3552	3072	2645	3090
6. 80-40-20-16	4663	2896	3845	3801
7. 80-60-20-16	4576	4154	4448	4393
8. 80-100-20-16	4917	3252	3115	3760
9. 80-80-20- 0	3794	2600	4177	3523
10. 80-80- 0- 0	3935	38,2	3784	3857

No. 2
Emilio Escobar

Cochabamba
Campero
Santa Ana

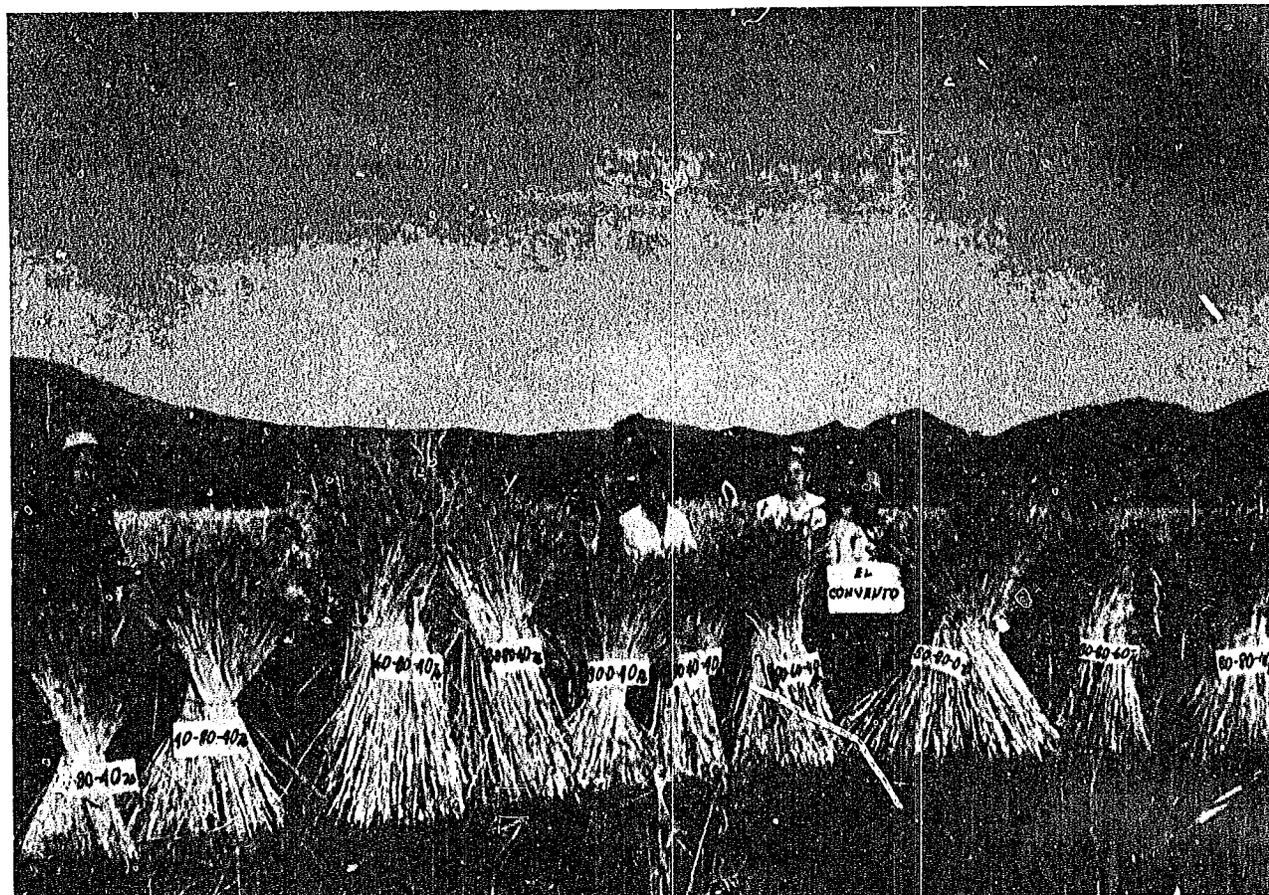


TIPO "A"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-20-16	2074	2493	2257	2275
2. 40-80-20-16	3494	3218	3378	3363
3. 60-80-20-16	4928	3762	3535	4075
4. 80-80-20-16	5398	3775	3607	4260
5. 80- 0-20-16	1247	986	707	980
6. 80-40-20-16	3681	2804	3458	3314
7. 80-60-20-16	3752	3783	3936	3820
8. 80-100-20-16	4760	3578	3317	3885
9. 80-80-20- 0	4259	4095	3622	3990
10. 80-80- 0- 0	4163	4012	4005	4060

No. 3
Cooperativa Minera

Cochabamba
Capinota
El Convento (Santivañez)

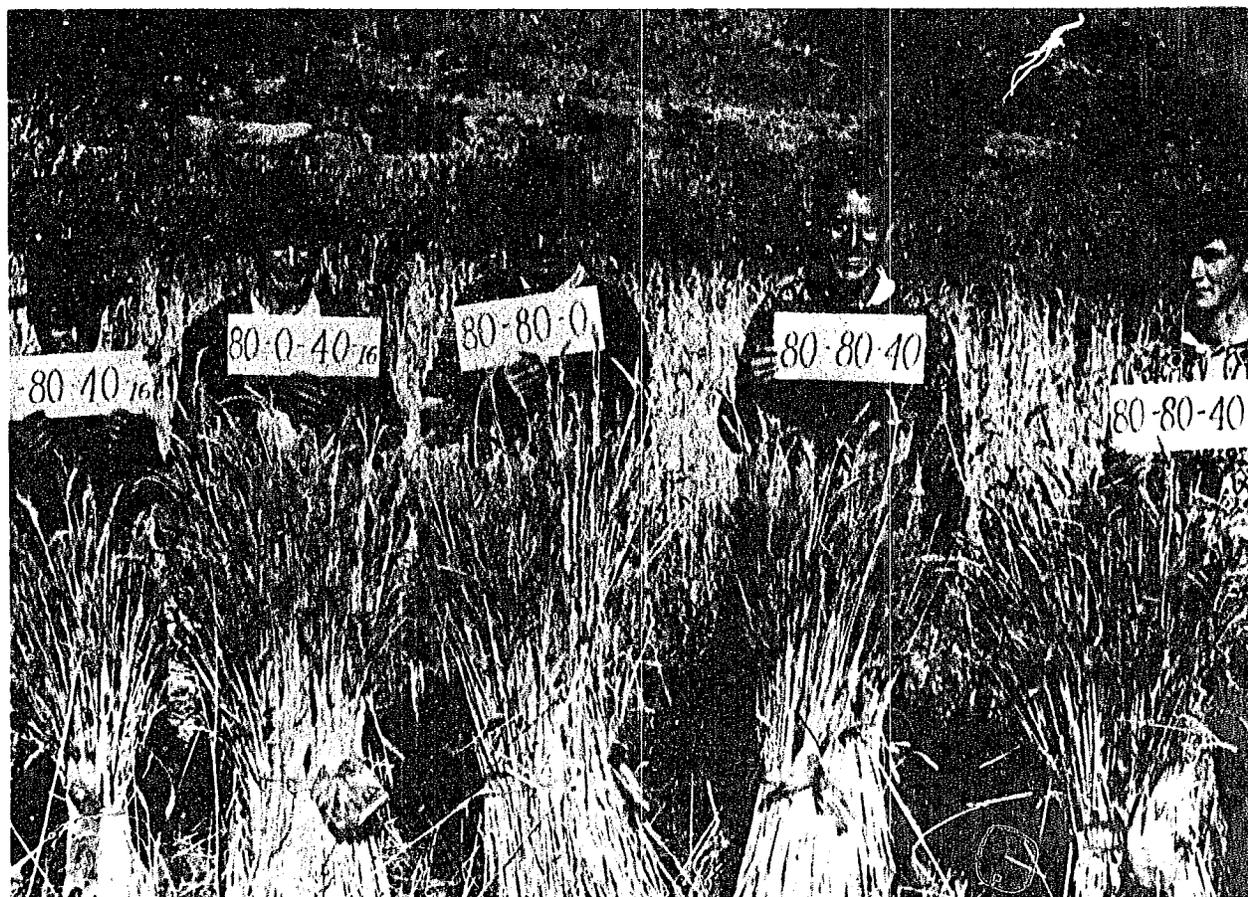


TIPO "D"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-40-16	1787	1654	1952	1798
2. 40-80-40-16	2892	2075	2904	2624
3. 60-80-40-16	3228	2827	2535	2863
4. 80-80-40-16	3357	2159	2387	2634
5. 80- 0-40-16	985	1219	2227	1475
6. 80-40-40-16	1517	1532	2279	1776
7. 80-60-40-16	2000	2700	2363	2354
8. 80-80- 0- 0	1848	1377	2328	1850
9. 80-80-60-16	3132	2975	3752	3285
10. 80-80-40- 0	2503	2171	2081	2252

No. 4
Rafael P. Arias

Chuquisaca
Zudañez
Jarka Khasa

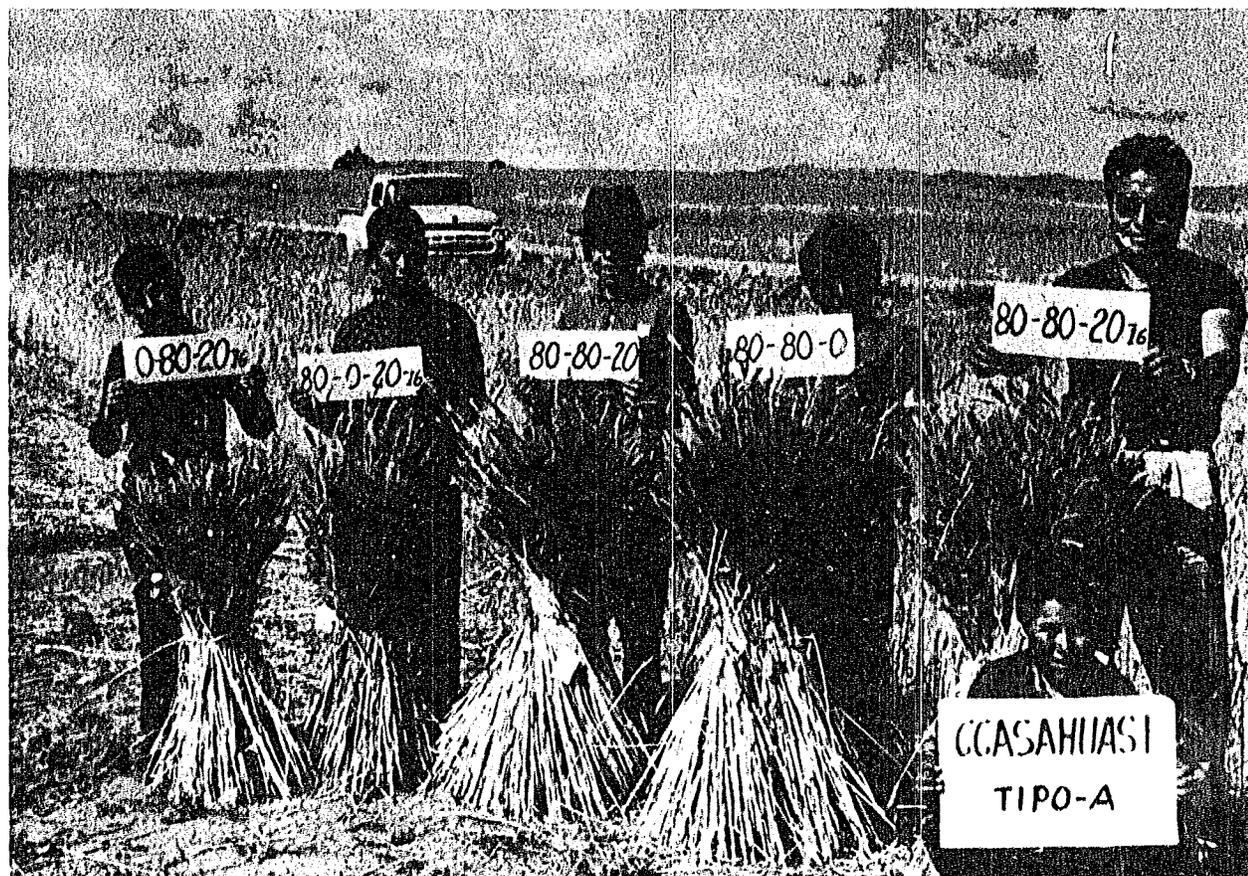


TIPO "F"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-40-16	1173	648	730	850
2. 40-80-40-16	1674	1368	1575	1539
3. 60-80-40-16	1780	1184	1857	1607
4. 80-80-40-16	2903	1482	1710	2032
5. 80- 0-40-16	2876	1914	2585	2458
6. 80-40-40-16	2651	1101	1193	1640
7. 80-60-40-16	1729	1735	1223	1562
8. 80-80- 0- 0	2679	1792	2065	2178
9. 80-80-20-16	2124	1154	945	1408
10. 80-80-40- 0	2277	2219	1810	2102

No. 5
Gustavo Calvimonte

Potosí
Cornelio Saavedra
Khasa Huasi



TIPO "A"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-20-16	877	740	745	787
2. 40-80-20-16	1486	1494	1754	1578
3. 60-80-20-16	2090	2018	1897	2002
4. 80-80-20-16	2336	2622	2388	2448
5. 80- 0-20-16	970	651	972	864
6. 80-40-20-16	2332	2096	2294	2241
7. 80-60-20-16	2327	1752	2456	2178
8. 20-100-20-16	1927	1701	2282	1970
9. 80-80-20- 0	2362	2450	2508	2440
10. 80-80- 0- 0	1801	2068	2158	2009

No. 6
Humberto Márquez

Cochabamba
Chapare
Tusca Pugio (Sacaba)

TIPO "F"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-40-16	952	1338	992	1094
2. 40-80-40-16	1826	1693	1360	1626
3. 60-80-40-16	2472	1028	1676	1725
4. 80-80-40-16	2790	1456	1280	1842
5. 80- 0-40-16	908	922	887	906
6. 80-40-40-16	2175	1032	885	1364
7. 80-60-40-16	2050	1423	1092	1522
8. 80-80- 0- 0	2524	1689	1311	1841
9. 80-80-20-16	1925	1132	714	1285
10. 80-80-40- 0	2356	2000	1681	2012

La técnica de separar la sub-muestra para ser enviada al laboratorio.
Esta fotografía corresponde al campo No. 5.



No. 7
Sabino Ríos

Cochabamba
Mizque
Tipapampa



TIPO "A"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-20-16	762	--	1795	1278
2. 40-80-20-16	860	1229	2518	1536
3. 60-80-20-16	1398	1135	2934	1822
4. 80-80-20-16	821	953	1975	1249
5. 80- 0-20-16	780	511	471	587
6. 80-40-20-16	1314	1166	2309	1596
7. 80-60-20-16	994	1317	2916	1742
8. 80-100-20-16	1345	1094	2811	1750
9. 80-80-20- 0	1077	1505	1414	1332
10. 80-80- 0- 0	892	1414	2633	1646

No. 8
Francisco Martínez

Tarija
Cercado
La Caldera



TIPO "F"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O ÷ MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-40-16	1132	1082	561	925
2. 40-80-40-16	1012	1180	1385	1192
3. 60-80-40-16	1311	1368	1402	1360
4. 80-80-40-16	1568	1249	1967	1595
5. 80- 0-40-16	529	468	518	505
6. 80-40-40-16	1029	1165	2128	1440
7. 80-60-40-16	1130	1319	2553	1667
8. 80-80- 0- 0	964	1274	1523	1253
9. 80-80-20-16	1690	1514	2129	1779
10. 80-80-40- 0	1224	1183	2194	1500

No. 9
Luis Cruz

Potosí
Linares
Khara Khara Pampa



TIPO "B"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-40-20-16	250	75	143	156
2. 40-40-20-16	955	1019	827	934
3. 60-40-20-16	1088	2191	1212	1497
4. 80-40-20-16	1592	1603	1587	1594
5. 80- 0-20-16	1632	1761	1602	1665
6. 80-20-20-16	1895	1590	1540	1675
7. 80-60-20-16	1763	1266	1587	1539
8. 80-80-20-16	1818	1746	1563	1709
9. 80-40-20- 0	1665	1771	1300	1578
10. 80-40- 0- 0	1648	1838	1243	1576

No. 10
Escuela Matarani

Cochabamba
Esteban Arze
Sacabamba



TIPO "F"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-40-16	401	387	367	385
2. 40-80-40-16	517	607	637	587
3. 60-80-40-16	918	1507	894	1106
4. 80-80-40-16	1198	1082	1284	1188
5. 80- 0-40-16	243	75	206	174
6. 80-40-40-16	1089	1150	846	1028
7. 80-60-40-16	619	998	832	816
8. 80-80- 0- 0	685	1002	1190	960
9. 80-80-20-16	1309	1478	918	1236
10. 80-80-40- 0	1068	873	955	965

No. 11
Eduardo Villegas

Potosí
Linares
Thanta Cancha

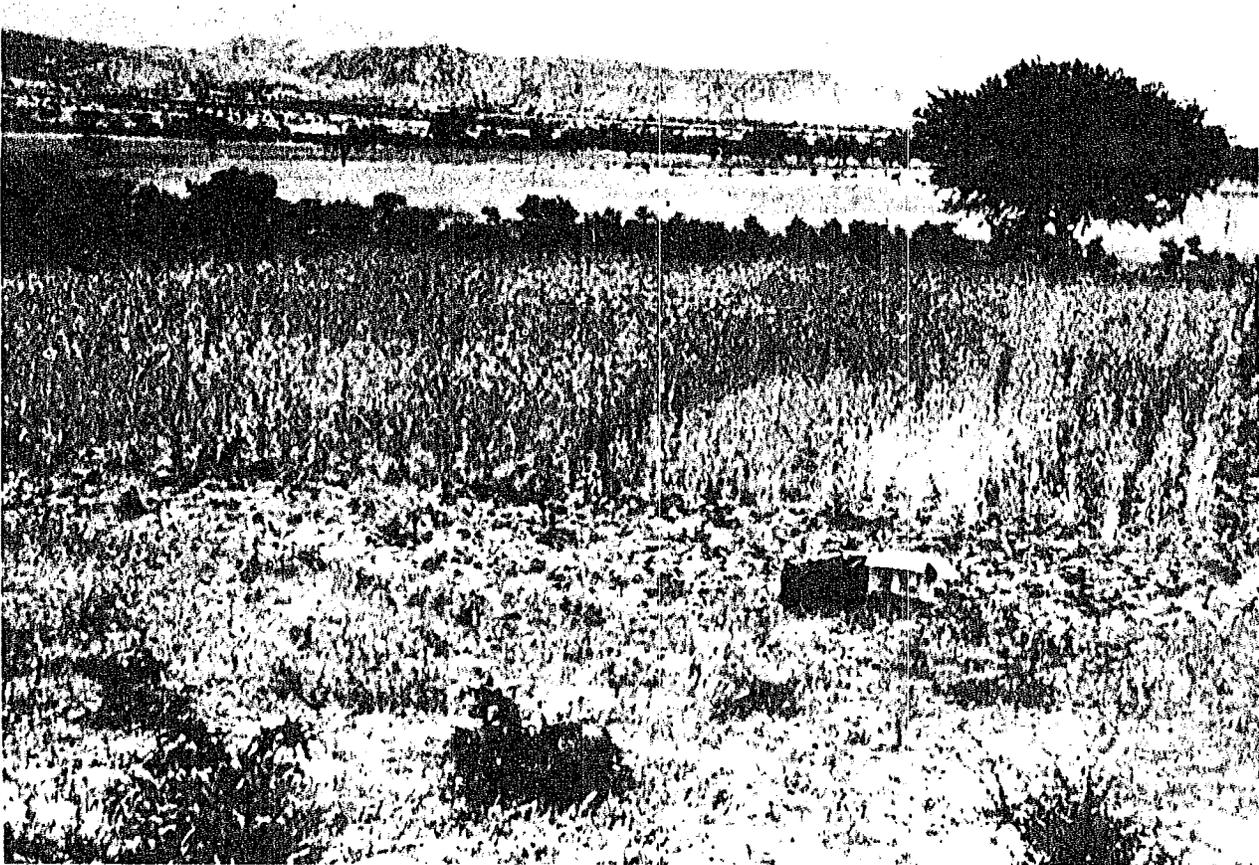


TIPO "B"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO.	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-40-20-16	441	544	311	432
2. 40-40-20-16	575	868	667	703
3. 60-40-20-16	815	1173	624	870
4. 80-40-20-16	803	750	863	805
5. 80- 0-20-16	925	876	1279	1027
6. 80-20-20-16	1040	1104	722	955
7. 80-60-20-16	1093	927	742	921
8. 80-80-20-16	945	890	1465	1100
9. 80-40-20- 0	991	818	915	908
10. 80-40- 0- 0	647	617	923	729

No. 12

Tarija
Méndez
Lajas



TIPO "F"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-40-16	115	120	264	166
2. 40-80-40-16	130	279	333	247
3. 60-80-40-16	105	214	221	180
4. 80-80-40-16	98	191	201	163
5. 80- 0-40-16	66	72	187	108
6. 80-40-40-16	158	207	116	160
7. 80-60-40-16	133	186	207	175
8. 80-80- 0- 0	88	99	141	109
9. 80-80-20-16	200	141	181	174
10. 80-80-40- 0	118	208	247	191



TIPO "E"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS POR BLOCKS (Kg./Ha.)			
	I	II	III	Promedio
1. 0-40-40-16	52	65	146	88
2. 40-40-40-16	192	127	377	232
3. 60-40-40-16	140	194	291	208
4. 80-40-40-16	330	164	457	317
5. 80- 0-40-16	235	462	404	367
6. 80-20-40-16	246	118	333	232
7. 80-60-40-16	130	261	341	244
8. 80-40- 0- 0	114	268	413	265
9. 80-40-20-16	286	303	428	339
10. 80-40-40- 0	193	227	437	286

No. 14
 Pastor Canasa

Potosí
 Cornelio Saavedra
 La Florida

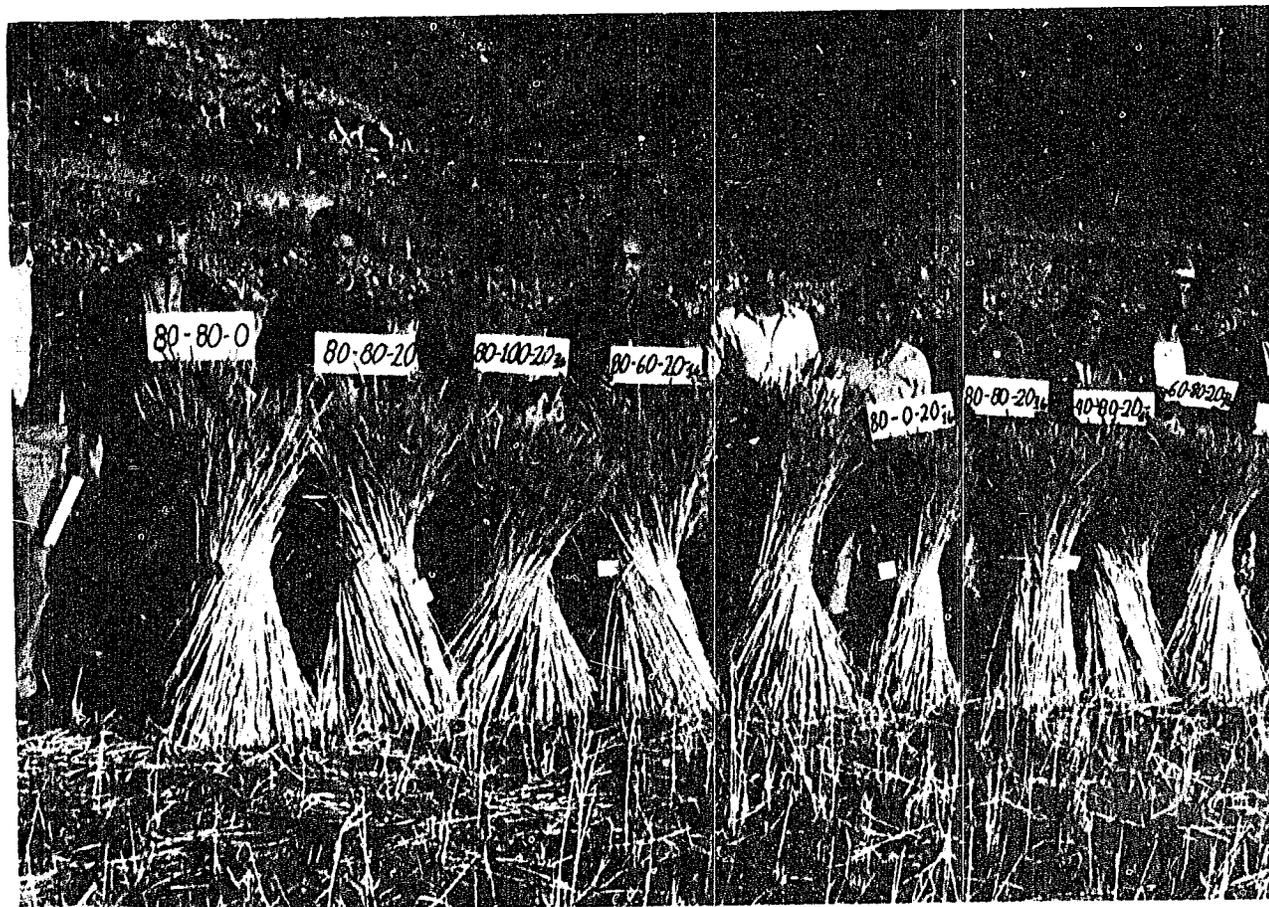


TIPO "F"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS (Materia Seca Total) Kg./Ha.			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-40-16	470	467	474	470
2. 40-80-40-16	3219	2515	2970	2900
3. 60-80-40-16	3162	4983	3648	3930
4. 80-80-40-16	6308	6794	6194	6430
5. 80- 0-40-16	924	931	463	775
6. 80-40-40-16	4170	5609	4935	4905
7. 80-60-40-16	3725	6123	6161	5335
8. 80-80- 0- 0	5844	6327	4758	5645
9. 80-80-20-16	6802	6591	6806	6735
10. 80-80-40- 0	4089	6140	5590	5275

No. 15
Pedro Choque

Potosí
Frías
La Palca



TIPO "A"

TRATAMIENTOS (Kg./Ha.) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO	RENDIMIENTOS (Materia Seca Total) Kg./Ha.			
	I	II	III	Promedio
1. 0-80-20-16	2850	1540	1660	2020
2. 40-80-20-16	4310	3690	2860	3620
3. 60-80-20-16	4700	3360	2940	3670
4. 80-80-20-16	4820	4620	2200	3880
5. 80- 0-20-16	3460	2100	1700	2420
6. 80-40-20-16	4760	3630	3650	4010
7. 80-60-20-16	5050	5050	3750	4620
8. 80-100-20-16	4880	4900	3850	4540
9. 80-80-20- 0	6410	4680	4990	5360
10. 80-80- 0- 0	5040	3458	3544	4010