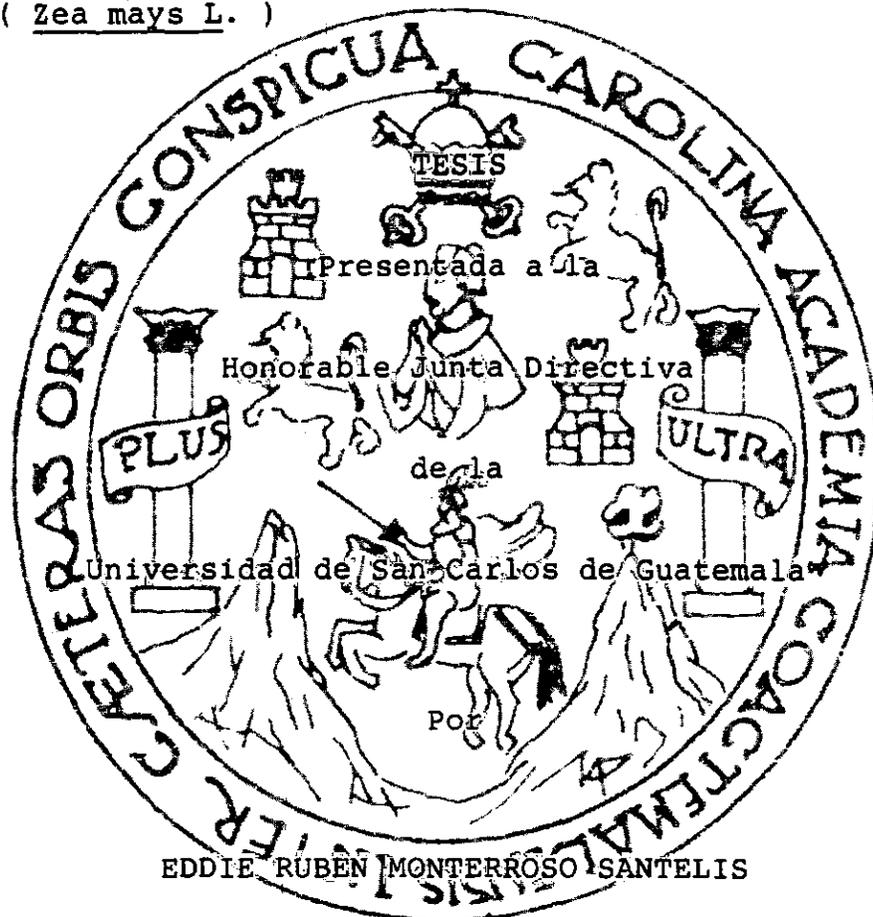


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"FERTILIZACION ORGANICA Y FERTILIZACION QUIMICA EN
DOS SUELOS SERIE TIQUISATE, RIO BRAVO SUCHITEPE-
QUEZ Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ. -
(Zea mays L.)



En el acto de su investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el grado de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre de 1979.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central

01
T(387)
c-3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Saúl Osorio Paz

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal 2o.	
Vocal 3o.	Ing. Agr. Rudy Villatoro R.
Vocal 4o.	Br. Juan Miguel Irías.
Vocal 5o.	
Secretario	Ing. Agr. Carlos Salcedo Z.

TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador	Dr. Antonio Sandoval.
Examinador	Ing. Agr. Manuel Cano.
Examinador	Ing. Agr. Carlos Lemus.
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado C.



Referencia
Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

12 de noviembre de 1979.

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

Sr. Decano:

En atención a la designación que nos hiciera el Decano al digno cargo del Ing. Rodolfo Estrada G., nos permitimos hacer de su conocimiento que hemos asesorado al Br. EDDIE RUBEN MONTERROSO SANTELIS en la elaboración y ejecución de su trabajo de tesis de grado titulado: "FERTILIZACION ORGANICA Y FERTILIZACION QUIMICA EN DOS SUELOS DE LA SERIE TIQUISATE, RIO BRAVO, SUCHITEPEQUEZ Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ (Zea mays L.).

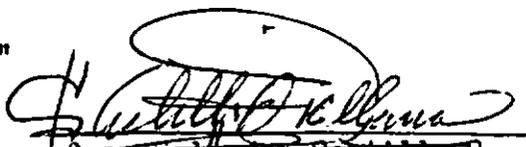
Se presenta este estudio como un ejemplo de los esfuerzos dirigidos al mejoramiento y manejo de suelos que presentan problemas en su productividad.

En tal virtud, opinamos que el trabajo de tesis desarrollado por el estudiante Monterroso Santelis cumple con los requisitos que debe llenar una tesis de graduación a nivel universitario y en consecuencia, recomendamos que el mismo le sea aprobado para su discusión y defensa que el autor debe sustentar en su Examen General Público en su acto de graduación.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Dr. Emilio Escamilla E.
ASESOR


Ing. Agr. Salvador Castillo O.
ASESOR
Director Depto. de Edafología.



SCC/jjs

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado:
"FERTILIZACION ORGANICA Y FERTILIZACION QUIMICA EN DOS SUELOS SERIE TIQUISATE, RIO BRAVO SUCHITEPEQUEZ Y SU INFLUENCIA EN - EL RENDIMIENTO DE MAIZ (Zea mays L.)"

Presentándolo como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agronomo, en el grado académico de Licenciado en - Ciencias Agrícolas, para su aprobación.

Deferentemente

Eddie Rubén Monterroso Santelis

ACTO QUE DEDICO

Con eterna gratitud, a mis Padres:
Rubén Monterroso y Alba Santelis
por darme el cariño más grande y la
oportunidad de superarme.

Con mucho cariño, a mis hermanos:
Susana y Roni.

Con mucho amor, a mi esposa: Lorena
Del Cid, por llenar mis días de
felicidad.

TESIS QUE DEDICO

Con agradecimiento sincero al Sr. Alfredo Gil Spillari, por haber proporcionado todos los medios necesarios para la realización del presente trabajo; persona que se ha identificado por su gran experiencia y su profundo conocimiento sobre la Agricultura y por su deseo constante de realizar investigación, con el propósito de impulsar el desarrollo de la Agricultura Nacional.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.
2. REVISION DE LITERATURA.
 - 2.1 Necesidad del incremento de la producción agrícola.
 - 2.2 Importancia de la fertilización en la producción agrícola.
 - 2.3 Relación de los nutrientes utilizados con el rendimiento.
 - 2.3.1 Nitrógeno
 - 2.3.2 Fósforo
 - 2.3.3 Potasio
 - 2.3.4 Magnesio
 - 2.4 Importancia de la materia orgánica en la producción agrícola.
3. MATERIALES Y METODOS.
 - 3.1 Localización del experimento.
 - 3.2 Descripción del lugar.
 - 3.3 Descripción de los suelos.
 - 3.4 Materiales.
 - 3.5 Metodología.
 - 3.6 Diseño Experimental.
4. RESULTADOS: ANALISIS Y DISCUSION.
 - 4.1 Rendimiento en el suelo " A "
 - 4.1.1 Análisis de varianza
 - 4.1.2 Análisis de regresión
 - 4.2 Rendimiento en el suelo " B "
 - 4.2.1 Análisis de varianza
 - 4.2.2 Análisis de regresión
5. CONCLUSIONES.
6. RECOMENDACIONES.
7. BIBLIOGRAFIA.

1. INTRODUCCION.

En la costa del Pacífico de Guatemala que comprende a las regiones de Tiquisate, La Nueva Concepción y La Gomera; se presenta un problema muy peculiar en los suelos, el consiste en la presencia de muchas vetas de arena que atraviezan dichas regiones orientadas a favor de la pendiente.

Aunque el origen de éstas vetas de arena no se ha determinado aún, se cree que fueron antiguos cauces de ríos debido a la semejanza que tienen con éstos.

La importancia que tiene el mencionado problema en la producción agrícola de la zona, radica en el hecho de que cualquier cultivo que se plante en dichas vetas, presenta claramente un desarrollo precario y raquítico con un rendimiento por unidad de superficie demasiado pobre, provocando la disminución del -- rendimiento global de la explotación.

Por muchos años se ha venido observando el problema y se ha tratado de encontrar una posible corrección al mismo, utilizando para ello distintas prácticas culturales por parte de los agricultores concientes del problema; sin embargo, hasta la fecha no se ha encontrado diferencia significativa en los resultados.

En este trabajo de investigación se utilizó una práctica cultural de mejoramiento de las condiciones y manejo de suelos, en el intento de resolver parcial o totalmente el problema, la cual consiste en la incorporación de estiércol de ganado vacuno. Esta clase de material es muy abundante en la zona y además muy poco utilizado, lo que ocasiona que se acumule y se -- desperdicie en los corrales de las explotaciones ganaderas.

Se ha escogido esta clase de material orgánico por las siguientes razones: La primera se debe al hecho de que se ha reconocido el valor que tiene la materia orgánica en cuanto a su capacidad de conservar y mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos; y la segunda, porque es un material de fácil obtención en la zona debido al gran número de explotaciones ganaderas en la misma.

Objetivos:

Los objetivos que se persiguen alcanzar son:

- Incrementar los rendimientos de grano por unidad de superficie por arriba de los rendimientos actuales de los mismos.
- Determinar el nivel máximo de aplicación de estiércol y de fertilizantes para cada suelo.
- Dar a conocer la importancia del estiércol de ganado vacuno en el mantenimiento y la mejora de la fertilidad de los suelos.

En forma indirecta también se persigue:

- Mejorar la calidad de los suelos, mejorando la fertilidad de los mismos por medio del aumento de la capacidad de retención de humedad y la capacidad de retención de los nutrimentos.

Sin embargo, éste último objetivo únicamente puede ser evaluado a través de experimentos similares posteriores al presente trabajo siempre y cuando se realicen en los mismos suelos y con las mismas condiciones ecológicas, por espacio de determinado tiempo, que puede ser aproximadamente de 3 a 5 años.

Hipótesis:

La hipótesis para el presente trabajo es la siguiente:

"El agregar tanto estiércol como fertilizante nó incrementa en forma significativa el rendimiento de grano de maíz en cualquiera de los dos suelos estudiados".

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Necesidad del incremento de la producción agrícola.

Tisdale y Nelson (20), afirman que dos terceras partes de los habitantes del mundo están sometidas a una dieta alimenticia insuficiente. En nuestro medio, el evidente desequilibrio entre el ritmo del crecimiento demográfico y el de la producción de alimentos, nos ha obligado a la investigación para buscar mejores alternativas cuyos logros tecnológicos nos brinde una mayor producción agrícola.

En un principio, la demanda de mayor producción de granos, era solventada destinando nuevas áreas a las labores agrícolas. Aunque algunas nuevas tierras pudieron ser incorporadas a cultivos mediante regadíos, drenaje o tala de bosques, los incrementos correspondientes de cosecha, fueron mas bien pequeños. Las técnicas modernas y la situación demográfica indican que un sustancial aumento de la producción agrícola puede obtenerse logrando mayores rendimientos de las tierras que ya están bajo cultivo. Mayor producción por hectárea, significa un mayor producto neto por unidad de área y costos unitarios más bajos.

El gradual incremento de la producción está en función tanto del uso de variedades mejoradas, control de plagas, control de malezas, utilización de riego y otras prácticas culturales, como por el uso de fertilizantes químicos y de materia orgánica para mantener la fertilidad de los suelos deficientes en la misma.

2.2 Importancia de la fertilización en la producción agrícola.

La pérdida de la fertilidad de los suelos constituye uno de los mayores problemas para la humanidad puesto que conlleva una escasa o nula producción de los mismos.

En nuestro país, existe una continua pérdida de la fertilidad de los suelos cultivados debido al uso intensivo de los mismos, y a la poca utilización de prácticas de manejo y conservación, lo cual tiene como resultado que sean más los elementos nutritivos extraídos que los suministrados al suelo.

Las plantas para su normal crecimiento y desarrollo requieren de un suministro constante de agua, bióxido de carbono y de varios elementos minerales, los cuales en presencia de luz, los utilizan como materia prima para la síntesis de sus propios tejidos. Es por ello que el hombre debe saber suministrar al suelo éstos materiales, principalmente el agua y los elementos minerales, para asegurarse una producción vegetal mayor y en esa forma obtener una producción agrícola mucho mayor.

2.3 Relación de los nutrimentos utilizados con el rendimiento.

2.3.1 Nitrógeno.

El nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de la planta. Buckman y Brady (3), Jacob y Uexkull (7) y Miller (11), aseguran que el nitrógeno es un constituyente característico del plasma celular, además de encontrarse en un gran número de compuestos de singular importancia fisiológica en el metabolismo vegetal tales como: la clorofila, las enzimas, proteínas, nucleótidos, alcaloides, hormonas y vitaminas. También opinan que así como la deficiencia de ni-

trógeno causa trastornos en la planta, el sobreabastecimiento del mismo trae efectos contrarios al desarrollo normal de ésta. El exceso de nitrógeno produce por lo general plantas más susceptibles a las inclemencias climáticas como por ejemplo el aumento en el porcentaje de acame, así como también una mayor susceptibilidad a las enfermedades del follaje.

Jacob y Uexkull (7), mencionan que la aplicación de nitrógeno en el maíz es muy eficaz, asumiendo con ello la planta una coloración verde oscura y un crecimiento exuberante. Su deficiencia se manifiesta normalmente mediante el raquítrico desarrollo general de la planta y la uniforme decoloración de la misma.

Por su parte, Trigoso (21) y Bonnet (2), concuerdan al decir que el exceso de nitrógeno causa acame debido a que los tallos pierden solidez al no lignificarse lo suficiente.

Jacob y Uexkull (7), explican también que a causa de su gran demanda de nutrimentos, al maíz se le considera como un excelente indicador del estado nutritivo del suelo, reaccionando fácilmente a la aplicación de fertilizantes.

Lugo (9), menciona que el nitrógeno es importante en la producción del maíz. Además explica que de los otros elementos aplicados en forma de fertilizantes, el nitrógeno es el que produce los efectos más rápidos y pronunciados. Durante las primeras fases del crecimiento de la planta de maíz, ésta asimila fácilmente el nitrógeno del suelo y el de los fertilizantes aplicados, siendo el promedio de asimilación total desde la siembra hasta la floración, de aproximadamente 105 Kg de N/Ha.

La concentración de nitrógeno en el suelo, tal como lo afirma Montes (12), es mucho mayor en la capa superficial del suelo a una profundidad comprendida entre los 0 a 15 Cms.

El nitrógeno en el suelo se encuentra transformándose constantemente; y de allí que, según el Iowa Corn Research Institute, citado por F.A.O. (4), algunos factores ambientales tales como la época de cultivo, la naturaleza del suelo, la aplicación de fertilizantes y la incorporación de residuos de cultivos y estiércol, afectan el contenido de nitrógeno en el suelo.

Con aplicaciones de nitrógeno, los porcentajes del rendimiento de un cultivo pueden acrecentarse y en el caso del maíz, Perdomo (14), indica que los rendimientos de éste cultivo están relacionados con el contenido de nitrógeno en el suelo y cualquier reducción por el uso continuo del suelo, es casi una relación lineal, causando los efectos más pronunciados en la mayoría de las cosechas.

Por su parte, Jacob y Uexkull (7), explican que el maíz agota el suelo en forma considerable y su rápido desarrollo origina que ésta planta presente, en sus primeras fases de crecimiento, una elevada demanda de nutrimentos.

Long (8), explica que una cosecha de 2,845 Kgs de maíz requiere aproximadamente 180 Kg/Ha de nitrógeno.

Estos resultados concuerdan con los de Soubiés (17), quien reporta que por cada 50 Kgs de grano cosechado se extraen del suelo aproximadamente 2.5 Kgs de nitrógeno.

Se debe recordar que el suministro de nitrógeno a las plantas puede hacerse mediante la aplicación de fertilizantes al suelo ó incorporando materia orgánica de buena calidad.

2.3.2 Fósforo.

Actualmente se reconoce el papel muy impor-

tante que el fósforo tiene en el crecimiento de las plantas. Jacob y Uexkull (7), explican que el fósforo desempeña un papel importante dentro de los procesos de transformación de energía, participando en forma decisiva en el metabolismo celular. A su vez, es un constituyente importante de múltiples y significantes compuestos vitales como por ejemplo: los fosfolípidos, los ácidos nucleicos, las fosfoproteínas de los ácidos encargados del transporte de energía (el trifosfato de adenosina, difosfato de adenosina y el monofosfato de adenosina); además, de encontrarse presente en muchas enzimas.

Tisdale y Nelson (20), indican que un adecuado suministro de fósforo en las primeras etapas de la vida de la planta es importante en el adecuado crecimiento de las partes reproductivas. También menciona que el fósforo se ha encontrado asociado con la pronta maduración de los cultivos, particularmente en los cereales, y su carencia es acompañada por una marcada reducción del crecimiento de la planta. Se le considera esencial en la formación de semilla y se acumula en grandes cantidades en semillas y frutos.

El mismo autor, sigue explicando que un buen suministro de fósforo siempre ha sido asociado con un incremento del crecimiento de las raíces y con una mayor solidez de la paja de los cereales. De allí que la calidad de ciertos frutos, forrajes, hortalizas y cultivos de grano como el maíz, se dice que se incrementa al maximisarse el contenido de nutrimentos y a la vez, aumenta la resistencia a las enfermedades de las plantas cuando son adecuadamente provistas de este elemento.

Jacob y Uexkull (7), explican que las plantas de maíz deficientes en fósforo presentan, como regla general, una coloración verde oscura, ó purpúrea, según la variedad.

Los compuestos fosfatados presentes en las plantas son e-

senciales para la fotosíntesis, la interconversión de los aminoácidos, el metabolismo de las grasas, el metabolismo del azufre, las oxidaciones biológicas y muchos otros procesos de los seres vivos.

El fósforo es rápidamente movilizado en las plantas, y cuando se presenta una deficiencia, el elemento contenido en los tejidos más viejos, es translocado a las regiones activas meristemáticas, es decir, a las partes jóvenes de la planta.

El fósforo es relativamente estable en los suelos. Fassbender (5), explica que el fósforo en el suelo no presenta compuestos que sean volatilizados o lixiviados. Esta alta estabilidad resulta de una baja solubilidad que a veces puede ser causante de las deficiencias en la disponibilidad de fósforo para las plantas; a pesar de estarse formando continuamente por la mineralización de los compuestos orgánicos del suelo.

Esto puede evitarse en parte a través de una fertilización fosfatada, pero los fosfatos aplicados al suelo son objeto de reacciones rápidas del proceso de fijación.

Según el mismo autor, en La América Latina el contenido de fósforo es relativamente bajo. En los suelos de las áreas tropicales, los contenidos de fósforo varían mucho de un suelo a otro.

Chaverri, Fassbender, Muller y Bolerdi; citados por Fassbender (5), establecieron que el contenido de fósforo en los suelos derivados de cenizas volcánicas de América Central, es de 3300 mg/Kg de P total ; y explican que las grandes variaciones en el contenido de fósforo total se debe a la variabilidad de las rocas parentales, al desarrollo de los suelos y a otras condiciones edáficas y ecológicas.

Fassbender (5), menciona que aparentemente los suelos jóvenes, derivados de cenizas volcánicas, presentan un mayor contenido de fósforo que los suelos desarrollados de sedimentos meteorizados y depositados en las áreas bajas tropicales como sucede en algunos suelos de la costa sur-occidental del Pacífico de Guatemala.

Además, el contenido de fósforo total en los suelos parece estar ligado con el contenido de materia orgánica de los suelos y con su evolución pedológica. Al aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos, también aumenta el contenido de fosfatos orgánicos y en esa forma se obtiene un contenido mayor de fósforo total.

Fassbender, Muller y Roldán; citados por Fassbender (5), también encontraron que el contenido total de fósforo depende de la textura de los suelos, tanto en áreas de clima templado como tropicales, ya que cuanto más fina es la textura, mayor es el contenido de fósforo total.

Así mismo, determinaron que el contenido de fósforo total disminuye con la profundidad del suelo, lo que es explicable por la disminución de la materia orgánica y de los fosfatos orgánicos y la poca movilidad de este elemento.

Por otra parte, los mismos autores también mencionan que algunos factores como: la temperatura, la precipitación pluvial, la acidez del suelo, la actividad biológica y el grado de desarrollo de los suelos, determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas en la cantidad de fósforo total. Bajo condiciones de acumulación de materia orgánica en el suelo tales como: baja temperatura, alta precipitación, alta acidez del suelo y escasa actividad biológica, han encontrado que predominan los fosfatos orgánicos; de donde, en los suelos ácidos el contenido de fosfatos orgánicos es mayor

que en los suelos alcalinos.

La distribución de los fosfatos inorgánicos en el suelo, además de depender del grado de meteorización y desarrollo de los suelos, también se ve influenciada por las condiciones del pH del suelo. En suelos alcalinos predominan los fosfatos tricálcicos; en suelos neutros predominan los fosfatos dicálcicos; en suelos livianamente ácidos predominan los fosfatos monocalcicos y en suelos fuertemente ácidos predominan los fosfatos de hierro y aluminio.

Jacob y Uexkull (7), explican que para la planta de maíz, la deficiencia de fósforo en el suelo resulta ser desfavorable durante las primeras fases de su desarrollo o sea, cuando su sistema radicular aún no está completamente desarrollado. Por tal motivo, conjuntamente con la demilla debe suministrársele al suelo una abundante fertilización fosfórica, ya que las semillas acompañadas con suficiente fósforo revelan con frecuencia un desarrollo de la plántula muy superior.

Por su parte, Long (8), explica que para obtener una cosecha de 2,845 Kgs de maíz, son extraídos del suelo aproximadamente 62 Kg de P_2O_5 / Ha.

Este resultado concuerda con el de Soubiés (17), quien reporta que por cada 50 Kgs de grano cosechado, son extraídos del suelo aproximadamente 1.0 Kg de P_2O_5 .

2.3.3 Potasio.

Las necesidades de las plantas a éste elemento, son más bien altas. Cuando el potasio está presente en pequeñas cantidades aparecen en la planta síntomas característicos de deficiencia.

Tisdale y Nelson (20), explican que el potasio es un elemento móvil que se traslada a los tejidos jóvenes del meristemo cuando ocurre una deficiencia. Como resultado de esto, los síntomas de deficiencia aparecen al principio en las hojas más bajas de las plantas de maíz, progresando hacia la parte superior a medida que se incrementa la gravedad de la deficiencia.

Por su parte, Jacob y Uexkull (7), mencionan que una ligera deficiencia de potasio se manifiesta por el raquítico crecimiento del tallo; sus hojas denotan una intensa coloración verde, a la vez que cuelgan flácidamente. La agudez de la misma, ocasiona el ondulamiento de los márgenes foliares, a partir de los cuales, así como del ápice, mueren las hojas bajo una necrosis.

Los mismos autores continúan explicando que con la deficiencia potásica tiene lugar un acumulamiento de sustancias proteicas en los nudos del tallo del maíz, hecho que origina una deficiente traslación de carbohidratos de las hojas a las raíces. Esto último conduce a un raquítico desarrollo radicular de la planta, lo cual, a su vez, se refleja en un deficiente anclaje de la misma.

Según Rather y Harrison; citados por Jacob y Uexkull (7), las mazorcas de las plantas afectadas por una deficiencia potásica son pequeñas y pobres en granos.

En experimentos realizados por Boswell y Parks; citados por Jacob y Uexkull (7), el suministro en cuatro aplicaciones de una dosis de 310 Kgs/Ha de potasa (K_2O) durante dos años a maíces híbridos, produjo un significativo descenso del encamado y de la ruptura de la caña.

Tisdale y Nelson (20), mencionan que a diferencia del nitrógeno, azufre, fósforo y varios otros, el potasio no forma -

parte integral de los componentes de las células tales como el protoplasma y las grasas. A pesar de esto, es imprescindible para las siguientes funciones fisiológicas:

- Metabolismo de los hidratos de carbono o formación y --- transformación del almidón;
- metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteínas;
- control y regulación de las actividades de varios elementos minerales;
- neutralización de los ácidos orgánicos;
- activación de varias enzimas;
- Promoción del crecimiento de los tejidos meristemáticos, y;
- ajustes de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.

Jacob y Uexkull (7), informan que este elemento se encuentra en estado soluble en el jugo celular, o bien absorbido en el protoplasma, pudiéndosele extraer en forma casi total de los tejidos vegetales por medio de agua. El potasio se acumula -- siempre en las partes vegetales donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos.

En cuanto al contenido de potasio en los suelos, Tisdale y Nelson (20), explican que el potasio se halla presente relativamente en grandes cantidades en la mayor parte de los suelos. El contenido de fósforo en la corteza de la tierra es solamente de 0.11 % , mientras que la cantidad de potasio es de 2.4 % .

El potasio de los suelos, además de provenir de los fertilizantes potásicos agregados, proviene de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos; tales como: los feldespatos potásicos, la muscovita y la biotita; utilizando las plantas más rápidamente el potasio proveniente

te de la biotita, después el de la muscovita y por último el de los feldespatos potásicos.

Continúan explicando que el potasio se halla también en el suelo en forma de minerales secundarios tales como: la illita, vermiculita y las cloritas. Sucede también que de la cantidad total de potasio, tan sólo una fracción puede ser utilizada inmediatamente por las plantas.

El potasio puede existir en tres formas:

- No disponible, cuando forma parte de la estructura cristalina de los minerales primarios y secundarios (se hace disponible únicamente por meteorización);
- Lentamente disponible, cuando es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como: la illita, y que pasa a formar parte de la solución del suelo;
- Fácilmente disponible, cuando está presente en la solución del suelo, siendo ésta la fracción del potasio que puede ser absorbida por las plantas.

Por último, Tisdale y Nelson (20), mencionan que las proporciones de las fracciones de potasio anteriormente descritas, son afectadas por los siguientes factores: Tipo de coloide, -- temperatura, humedad y sequedad y , pH del suelo.

Fassbender (5), por su parte explica que los suelos tropicales tienen un contenido de potasio total muy variable. Moss y Coulter, citados por Fassbender (5), encontraron que para los suelos lateríticos y para los suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas, los valores de potasio varían de 0.11 a 1.90 %.

En cuanto al contenido de potasio en la planta de maíz, Aldrich y Leng (1), explican que solamente un tercio del potasio

de las partes aéreas se encuentran en el grano, es decir, 15 Kg de K_2O (12.4 Kg de K) en 2500 Kg de maíz.

Por su parte, Long (8); menciona que para una cosecha de 2,845 Kg/Ha se requiere aproximadamente de 124 Kgs de K_2O . Estos resultados también concuerdan con los de Soubiés (17), quien reporta que por cada 50 Kg de grano cosechado, se extraen del suelo aproximadamente 2.0 Kgs de K_2O .

2.3.4 Magnesio.

El magnesio es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila y se halla localizado en su centro.

La importancia de éste elemento es evidente, ya que la ausencia de clorofila impediría a las plantas verdes llevar a cabo la fotosíntesis.

Según Tisdale y Nelson (20), la gran parte del magnesio de la planta se encuentra en la clorofila, pero también se encuentra presente en cantidades apreciables en las semillas. Parece estar relacionado con el metabolismo del fósforo y es considerado como específico en la activación de numerosos sistemas enzimáticos de las plantas.

Los mismos autores continúan explicando que el magnesio es un elemento móvil y se traslada rápidamente de las partes viejas a las jóvenes en caso de deficiencias. En consecuencia, el síntoma aparece a menudo en primer lugar en las hojas más bajas.

Al respecto, Thomas (19), da los siguientes resultados de su análisis foliar del maíz. Para ello él utilizó la cuarta hoja a partir de la base, a la edad de cuatro semanas:

<u>ELEMENTO</u>	<u>en % de materia seca</u>
Nitrógeno	3.45
Fósforo	0.20
Potasio	3.05
Magnesio	0.66

Tisdale y Nelson (20), explican que entre las funciones -- más importantes del magnesio en la planta están: El magnesio - se requiere para la activación de muchas enzimas relacionadas - con el metabolismo de los hidratos de carbono y es muy importante su presencia en el llamado Ciclo del Acido Cítrico, de mucha importancia en la respiración celular. Numerosas reacciones de fosforilación relacionadas con el metabolismo del nitrógeno en la planta también son catalizadas por este elemento.

Tisdale y Nelson (20), mencionan que el magnesio constituye el 1.93 % de la corteza terrestre. Los mismos autores continúan explicando que en suelo se origina el magnesio por la descomposición de rocas que contengan minerales como: la biotita, dolomita, clorita, magnesita, serpentina y olivina. En la descomposición de estos minerales, el magnesio se desplaza libremente en las aguas que lo rodean, pudiendo ser perdido en las aguas de percolación, absorbido por los organismos vivientes, adsorbido por las partículas de arcilla y reprecipitado como minerales secundarios. Es de suponerse que éste último fenómeno -- tendría lugar más fácilmente en un clima árido.

En los suelos de textura gruesa de las regiones húmedas, - la deficiencia de magnesio se manifiesta por regla general. En aquellos suelos que contienen únicamente pequeñas cantidades de magnesio cambiabile, la condición se agrava por la adición de -- grandes cantidades de fertilizantes que contienen poco o nada - de éste elemento. El magnesio en estos suelos es liberado por cambio iónico cuando se añaden estos fertilizantes y grandes --

cantidades de cloruros y sulfatos favorecen su eliminación en las aguas de percolación.

En los suelos de textura gruesa de muchas regiones húmedas, el uso de materiales de alto contenido en calcio puede dar como resultado un desfavorable desequilibrio en la relación: calcio/magnesio, provocando síntomas de deficiencia de magnesio y como consecuencia un mal desarrollo de los cultivos en crecimiento sobre estos suelos.

2.4 Importancia de la materia orgánica en la producción agrícola.

El valor del estiércol de ganado vacuno para aumentar la productividad de los suelos, es ampliamente reconocido. Millar (10), explica que el estiércol es una fuente ideal de materia orgánica para el suelo debido al alto contenido de materia orgánica que posee, el cual proporciona además una buena parte de los elementos primarios y microelementos necesarios para el desarrollo de la planta.

Esa gran cantidad de materia orgánica al entrar en el proceso de descomposición por la actividad microbiana, además de liberar los nutrimentos para el desarrollo de las plantas, ejerce una considerable influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Buckman y Brady (3). por una parte y Millar (10) por otra, señalan que la materia orgánica influye en las siguientes características de los suelos:

- Aumenta la granulación de los suelos, especialmente los muy arenosos, favoreciendo la estructuración y mejorando así la labranza de los mismos;

- Aumenta el poder de retención de humedad de los suelos, disminuyendo de esa manera las pérdidas de agua por percolación y evitando el lavado de los nutrimentos del suelo. Esta característica se debe a que el humus proveniente de la descomposición de la materia orgánica posee una capacidad altamente absorbente de agua que puede ser de mas o menos su peso ó dos veces su volumen;
- Provoca el obscurecimiento de los suelos debido a los -- productos de la descomposición de la misma, y en esa forma, el suelo tiene mayor capacidad de absorber la energía radiante del sol por lo que se calentará más y favorecerá la germinación de las semillas, así como también la actividad microbiana del suelo;
- Aumenta la capacidad de intercambio de los suelos, por -- influencia de los materiales orgánicos coloidales, los -- cuales tienen una capacidad de intercambio mayor que la de los materiales minerales coloidales, actúa además como amortiguador en el suelo retardando los procesos por los cuales se producen los cambios de acidez y alcalinidad. Por su parte, los materiales orgánicos coloidales poseen una habilidad potente para adsorber y retener los componentes de los fertilizantes y nutrimentos minerales del suelo y en esa forma disminuyen las pérdidas por lixiviación en los suelos arenosos, y;
- Los ácidos orgánicos, producto de la descomposición de -- la materia orgánica, son capaces de disolver y liberar -- los elementos nutritivos de los minerales del suelo, debido a que poseen tanto un efecto disolvente, como de disociación.

Millar (10) por su parte, menciona que además de los efectos físicos y químicos de la materia orgánica, ésta provoca también ciertos efectos biológicos que sirven de fuente alimenticia y energética para la mayoría de los organismos del suelo, mejorando así el desarrollo microbiano, el cual es un factor --

muy importante que determina la fertilidad y productividad de un suelo.

Buckman y Brady (3), exponen resumida y concluyentemente, que la capacidad inherente de producción de los suelos está relacionada grande y directamente con los contenidos de materia orgánica y nitrógeno de los mismos.

En cuanto a la cantidad de humus en los suelos, Millar -- (10), menciona que ésta depende de la textura superficial, así como de la topografía, drenaje, factor climático, vegetación nativa y del manejo del suelo.

Es por eso que los suelos de textura gruesa son más bajos en materia orgánica que los suelos de textura fina, debido en parte a que los arenosos no sostienen un crecimiento vegetal denso, por tener mayor aireación que fomenta la descomposición más rápida y por estar más propensos a sufrir pérdidas por percolación (menor retención de agua y nutrimentos).

Existen muchas formas de aumentar el nivel de materia orgánica de los suelos. Al respecto, Buckman y Brady (3), explican que una de las formas es el enterramiento de plantas verdes en estado jugoso, y los cultivos más empleados para ello son generalmente las leguminosas. La incorporación de estos cultivos no solo ayuda a aumentar y a mantener el contenido de materia orgánica de los suelos, sino que, por lo menos una parte del nitrógeno puede ser capturado del aire. Por su favorable relación carbono/nitrógeno y por su rápida descomposición, producen un mejor humus que los tejidos de otros cultivos pobres en nitrógeno como el rastrojo de maíz, la paja de trigo, etc.

Los mismos autores continúan explicando que una segunda forma de aumentar y de mantener el contenido de materia orgánica de los suelos, es la aplicación de estiércol de granja, la

cual es una buena oportunidad para los agricultores de poder devolverle al suelo una parte de los nutrimentos que han sido extraídos por los cultivos.

Millar (10), expone al respecto que, la cantidad aproximada estiércol excretado por 1,000 Lbs (454 Kgs) de peso vivo de ganado vacuno, es a razón de 13.5 Tons/año; aunque hay que tomar en cuenta que estos resultados dependen en gran parte del alimento consumido por el animal, su edad y su condición física. En consecuencia es de suponerse que una gran cantidad de estiércol se pierde anualmente en la zona de la costa sur del Pacífico sin ser aprovechada en el mejoramiento de los suelos.

La materia orgánica cuando se aplica en dosis altas (20, 30 Tons/ha) suministra una gran cantidad de nutrimentos al suelo, aún cuando solamente una parte de éstos es realmente asimilable. Al respecto, Buckman y Brady (3), exponen que, en general sólo aproximadamente la mitad de nitrógeno, una sexta parte del ácido fosfórico y poco más de la mitad de la potasa, son realmente aprovechables durante la primera siembra, y posteriormente debido al efecto residual del estiércol, el resto de nutrimentos se van liberando gradualmente mientras van transcurriendo los procesos de descomposición de la materia orgánica. Debe de tomarse en cuenta así mismo que esos nutrimentos pueden ser perdidos por volatilización o por percolación.

La metodología de aplicación del estiércol puede hacerse en varias formas. Buckman y Brady (3), mencionan que la forma de incorporar el estiércol, depende grandemente del cultivo para el cual se va a aplicar. Así por ejemplo, en pastos y praderas se esparce en la superficie y en otros cultivos como el maíz, puede ser incorporado con el arado.

Investigando cuál es la forma más adecuada para el caso del maíz, Taylor (18), determinó que el abono de corral incor-

porado con arado constituyó el tratamiento más eficaz sobre el rendimiento, en contrapartida con el tratamiento de aplicarlo en la superficie del terreno sin incorporarlo.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localización del experimento.

El presente trabajo de investigación se realizó en terrenos de la finca "SAN ANTONIO SIGUACAN", situada en el Municipio de RIO BRAVO, en el Departamento de SUCHITEPEQUEZ.

La finca colinda al Norte con la finca Mangales; al Sur con el Parcelamiento Morazán; al Este con el Río Sigucán y al Oeste con la finca Mangales y el Parcelamiento Morazán.

3.2 Descripción del lugar.

Holdridge (6), en su mapa de Zonificación Ecológica de Guatemala según sus formaciones vegetales, establece que esa zona está ubicada en la faja termométrica-altitudinal identificada como Tropical Húmeda.

Las características ecológicas del lugar son las siguientes:

Temperatura media:	28° - 30°C.
Precipitación media	2,251.6 mm/año
Altitud	100 msnm.

El uso de los suelos ha constituido principalmente en pastizales y siembras de algodón, maíz, sorgo y ajonjolí.

3.3 Descripción de los suelos.

Simmons (16) clasificó a los suelos de esta finca como sue los del litoral del Pacífico pertenecientes a la Serie Tiquisate Franco, cuyas características son las siguientes:

Material madre:	Ceniza volcánica oscura (aluvión)
Relieve:	casi plano (pendiente: 1%)
Drenaje interno:	bueno
Suelo superficial:	
- Color	café oscuro
- Textura	franca
- Consistencia	suelta
- Espesor aprox.	40 - 50 cms.
Subsuelo:	
- Color	café claro
- Textura	franco arenosa fina
- Consistencia	friable a suelta
- Espesor aprox.	30 - 70 cms.

Los análisis del suelo del área experimental se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, y en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). Los re sultados analíticos se muestran en los Cuadros No. 1 y 2.

3.4 Materiales.

Los materiales utilizados para la realización del presente trabajo, fueron los siguientes:

- Semilla de maíz variedad ICTA B-1
- Estiércol seco de ganado vacuno, cuyo análisis químico se presenta en el Cuadro No. 3.
- Fertilizantes químicos:
 - . Sulfato de amonio (21 % N)

CUADRO No. 1 ANALISIS DE TEXTURA DE LOS SUELOS EN ESTUDIO.

<u>Suelos:</u>	<u>Arcilla (%)</u>	<u>Limo (%)</u>	<u>Arena (%)</u>	<u>Textura:</u>
Suelo " A "	25.50	8.50	66.00	FRANCO ARCILLO ARENOSO
Suelo " B "	32.20	8.60	59.20	FRANCO ARCILLO ARENOSO

CUADRO No. 2 ANALISIS QUIMICO DE LOS SUELOS EN ESTUDIO.

<u>Suelo</u>	<u>% N total</u>	<u>% C.O.</u>	<u>% MO</u>	<u>C/N</u>	<u>CATIONES INTERCAMBIABLES</u>						<u>% sat. bases</u>
					----- meq/100 g. -----						
					<u>CTI</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Na</u>	<u>K</u>	<u>H</u>	
" A "	0.4	5.2	8.9	12.6	28.0	7.9	0.7	0.1	0.2	19.0	32.0
" B "	0.4	4.9	8.4	12.2	30.5	10.0	1.0	0.1	0.7	18.8	38.6

CATIONES DISPONIBLES

	ppm.		meq/100 g.	
<u>pH</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
5.6	3.7	50	8.0	0.6
5.7	6.2	100	10.8	0.9

- . Triple superfosfato (46 % P_2O_5)
- . Cloruro de potasio (60 % K_2O)
- . Sulfato de magnesio (20 % Mg)
- Pesticidas:
 - . Gesaprim 600 WP
 - . Volaton granulado (2.5%)
 - . Folidol M-480
- Equipo:
 - . Tractores, rastra pesada, arado de discos, rastra pulidora, bomba de aspersión (mochila y tractor), carretones, equipo de riego aéreo.

3.5 Metodología.

Primeramente se procedió a delimitar por medio de estacas las parcelas experimentales, tanto en el suelo " A " como en el " B ", siguiendo el diseño experimental.

Se hizo la incorporación de los diferentes niveles de estiércol en las parcelas el 18 y 19 de Marzo de 1978, utilizando para ello una rastra pesada.

El experimento se plantó en siembra de segunda el 21 y 22 de Septiembre del mismo año, utilizando el método de siembra manual, colocando dos granos de semilla por postura a una distancia de 0.2 mts entre plantas y 0.9 mts entre surcos.

A los dos días después de la siembra, se hizo la aplicación de un herbicida preemergente, con el nombre comercial de Gesaprim 600 WP, utilizando una bomba de aguilón movilizada -- por un tractor.

A los ocho días después de la siembra, se hizo la primera aplicación de los fertilizantes, procediendo a suministrar el

CUADRO No. 3 ANALISIS QUIMICO DEL ESTIERCOL UTILI-
ZADO EN EL EXPERIMENTO.

pH.....	10.15
Contenido de Nitrógeno (Nt).....	2.50 %
" de Fósforo (P_2O_5).....	0.55 %
" de Potasio (K_2O).....	1.61 %
" de Calcio (CaO).....	0.90 %
" de Magnesio (MgO).....	0.22 %
" de Cobre (Cu).....	14.40 ppm
" de Manganeso (Mn).....	118.50 ppm
" de Zinc (Zn).....	43.00 ppm

50 % de la dosis total de Nitrógeno y el 100 % del fósforo, potasio y Magnesio. El fertilizante se colocó en banda lateral a una distancia de 0.15 mts de las plantas.

Se hicieron tres aplicaciones de un insecticida llamado - comercialmente Folidol M-480, cada ocho días durante las primeras cuatro semanas, utilizando para ello una bomba de mochila. Posteriormente, en la cuarta y quinta semana se hicieron aplicaciones de un insecticida granulado llamado comercialmente - Volatón (al 2.5 %), directamente en el cogollo de las plantas.

A la octava semana después de la siembra, se determinaron los días al 50 % de la floración masculina, la cual resultó de 46 días.

Posteriormente se procedió a hacer la segunda aplicación de los fertilizantes, procediendose a suministrar el 50 % restante del nitrógeno, el cual se aplicó de la misma manera que en la primera aplicación.

La cosecha se efectuó a mano, recolectando el producto del área neta después de haber eliminado los efectos de borde. Posteriormente se almacenó.

Luego se procedió al desgrane, el cual se realizó con una desgranadora manual y simultáneamente se fué determinando el peso y el porcentaje de humedad del grano.

3.6 Diseño Experimental.

El experimento fué plantado en dos suelos diferentes, designados en el presente trabajo como suelo " A " y suelo " B " .

Desde mucho tiempo atrás se ha venido observando que en el suelo que ahora designamos como " A " (que corresponde a las vetas arenosas), los cultivos mostraban un crecimiento y desarrollo bastante pobre. En el suelo " B " por el contrario, -- los cultivos siempre han mostrado un buen desarrollo. Los cuadros No. 1 y 2 muestran claramente las diferencias en cuanto a fertilidad de esos dos suelos.

El diseño experimental que se utilizó fué un Factorial -- completo con arreglo combinado en Bloques al Azar. Este diseño comprendió dos ensayos, uno para cada suelo, con tres repeticiones para cada uno de ellos. La ubicación de las parcelas se muestran en el Cuadro No. 4 .

El diseño se basó en cuatro niveles de estiércol y cuatro niveles de fertilización, según recomendación dada por el Laboratorio de Suelos del ICTA para cada suelo. Los diferentes -- tratamientos se muestran en el Cuadro No. 5 .

CUADRO No. 4 UBICACION DE LAS PARCELAS EN EL EXPERIMENTO.

Suelo " A "

Suelo " B "

MO-3 NF-1.5	MO-9 NF-1.5	MO-3 NF-1.0	MO-3 NF-0.5
MO-6 NF-1.5	MO-0 NF-1.5	MO-6 NF-1.0	MO-0 NF-0.5
MO-9 NF-0	MO-9 NF-0.5	MO-0 NF-1.0	MO-9 NF-1.0
MO-0 NF-0	MO-6 NF-0.5	MO-3 NF-0	MO-6 NF-0
MO-3 NF-0.5	MO-0 NF-1.5	MO-0 NF-0.5	MO-6 NF-1.5
MO-0 NF-0	MO-9 NF-0.5	MO-3 NF-0	MO-9 NF-1.0
MO-9 NF-1.5	MO-3 NF-1.5	MO-6 NF-0.5	MO-9 NF-0
MO-6 NF-1.0	MO-3 NF-1.0	MO-6 NF-0	MO-0 NF-1.0
MO-6 NF-0	MO-6 NF-1.5	MO-3 NF-1.5	MO-0 NF-1.0
MO-3 NF-0	MO-9 NF-0	MO-9 NF-1.0	MO-0 NF-0.5
MO-0 NF-0	MO-9 NF-0.5	MO-6 NF-0.5	MO-6 NF-1.0
MO-9 NF-1.5	MO-3 NF-1.0	MO-3 NF-0.5	MO-0 NF-1.5

I

II

III

MO-0 NF-1.0	MO-3 NF-1.5	MO-6 NF-1.0	MO-0 NF-1.5
MO-3 NF-0	MO-9 NF-1.0	MO-6 NF-0	MO-3 NF-1.0
MO-0 NF-0.5	MO-9 NF-0.5	MO-9 NF-1.5	MO-6 NF-0.5
MO-0 NF-0	MO-3 NF-0.5	MO-9 NF-0	MO-6 NF-1.5
MO-9 NF-0	MO-0 NF-0.5	MO-0 NF-0	MO-6 NF-1.0
MO-0 NF-1.5	MO-6 NF-0.5	MO-9 NF-1.0	MO-9 NF-1.5
MO-3 NF-0	MO-6 NF-1.5	MO-3 NF-1.5	MO-6 NF-0
MO-0 NF-1.0	MO-3 NF-0.5	MO-9 NF-0.5	MO-3 NF-1.0
MO-3 NF-1.0	MO-0 NF-0	MO-0 NF-1.0	MO-9 NF-0
MO-0 NF-0.5	MO-9 NF-0.5	MO-6 NF-1.0	MO-6 NF-0
MO-0 NF-1.5	MO-9 NF-1.5	MO-6 NF-0.5	MO-3 NF-0.5
MO-6 NF-1.5	MO-9 NF-1.0	MO-3 NF-1.5	MO-3 NF-0

CUADRO No. 5 NIVELES DE ESTIERCOL Y FERTILIZACION.

Niveles de Materia Orgánica (estiércol):

MO-0	=	0	Ton/Ha.
MO-3	=	3	"
MO-6	=	6	"
MO-9	=	9	"

Niveles de Fertilización (NF):

Suelo " A ":

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
NF-0	0	0	0	0	Kgs/Ha.
NF-0.5	40	75	50	50	"
NF-1.0	80	150	100	100	"
NF-1.5	120	225	150	150	"

Suelo " B ":

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
NF-0	0	0	0	0	Kgs/Ha.
NF-0.5	40	40	15	15	"
NF-1.0	80	80	30	30	"
NF-1.5	120	120	45	45	"

Número de tratamientos por suelo: 16
Número de repeticiones por tratamiento: 3
Número de parcelas por suelo 48

4. RESULTADOS: ANALISIS Y DISCUSION.

4.1 Rendimiento en el suelo " A ":

Los resultados promedio por tratamiento obtenidos en este suelo se presentan en el Cuadro No. 6. En forma general puede observarse en este cuadro, que los resultados son relativamente menores comparados con los resultados obtenidos en el suelo " B ". (ver además Cuadro No. 11).

Esto nuevamente viene a confirmar que en el suelo " A " - se obtienen rendimientos menores que en el suelo " B " , debido a que éste último posee mayor grado de fertilidad. (ver -- Cuadros No. 1 y 2).

El incremento logrado en el rendimiento debido a la aplicación de materia orgánica, fué menor al alcanzado con la fertilización química. (ver Cuadro No. 6).

Puede notarse al respecto, que el porcentaje de incremento logrado con la aplicación de los distintos niveles de materia orgánica con cero de fertilización (NF-0) fué del 12.3 %, el cual está muy por debajo del porcentaje correspondiente a - los diferentes niveles de fertilización con cero de materia orgánica (MO-0), el cual fué de 54.7 %.

Puede notarse además, que se obtuvo un incremento uniforme y continuo desde 12.3 % hasta un 85.1 % cuando se aplicaron los diferentes niveles de fertilización química; mientras que los incrementos logrados con la materia orgánica no resultaron tener una tendencia definida.

Lo anterior se aprecia mejor en la Gráfica No. 1 en donde,

CUADRO No. 6 MEDIAS DEL RENDIMIENTO DEL SUELO " A "
(Ton/Ha)

<u>Niveles de Fertilización.</u>	<u>Niveles de Materia orgánica</u>				= X	% i
	MO-0	MO-3	MO-6	MO-9		
NF-0	1.533	1.690	1.707	1.953	1.721	12.3
NF-0.5	2.429	2.144	2.289	2.815	2.419	57.8
NF-1.0	2.624	3.029	2.272	2.751	2.669	74.1
NF-1.5	2.902	3.390	2.975	2.080	2.837	85.1
= X	2.372	2.563	2.311	2.400	-----	----
% i	54.7	67.2	50.7	56.6	-----	----

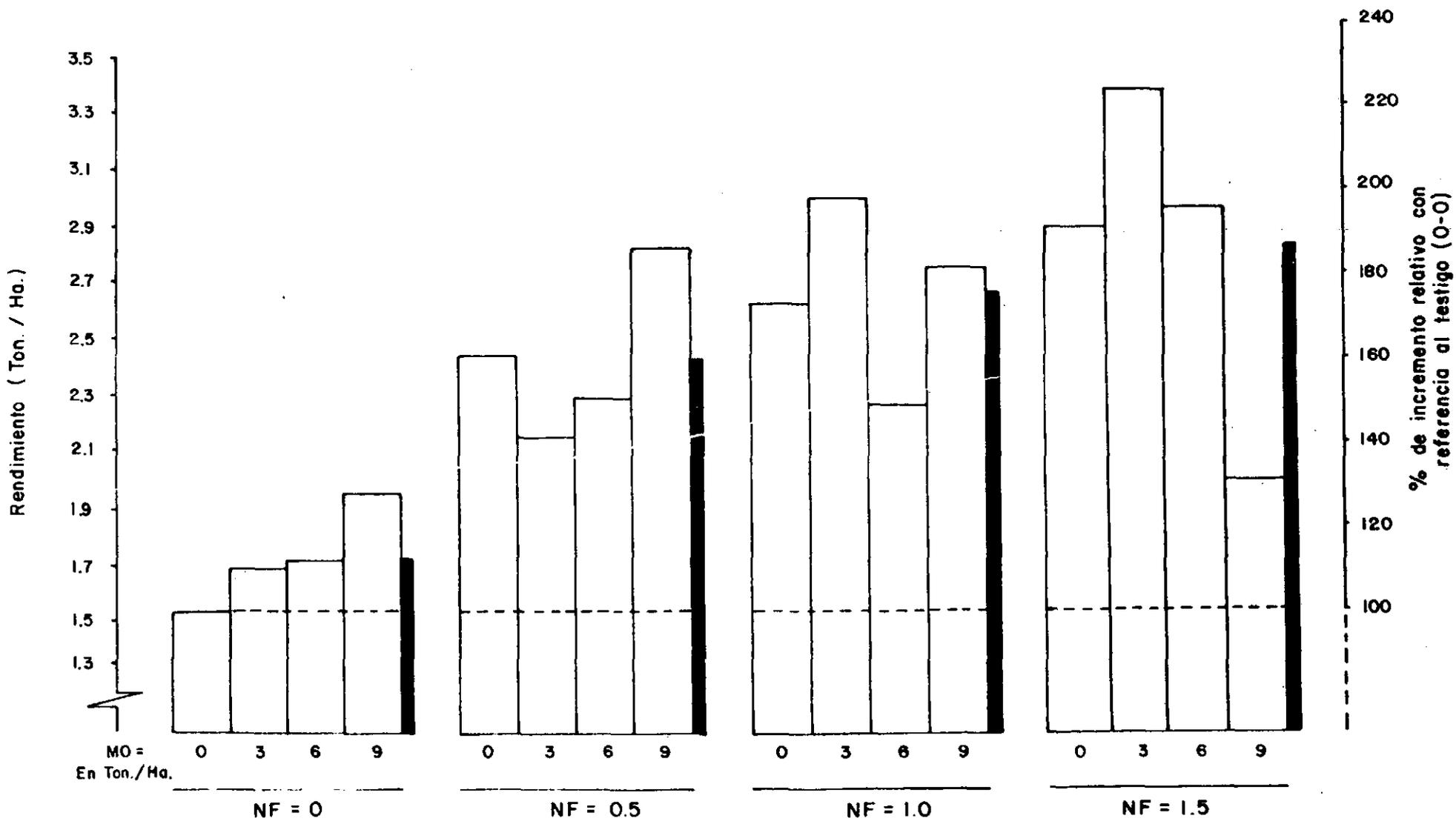
X : valor medio

% i: porcentaje de incremento del valor medio (X) sobre el tes-
tigo (MO-0 , NF-0)

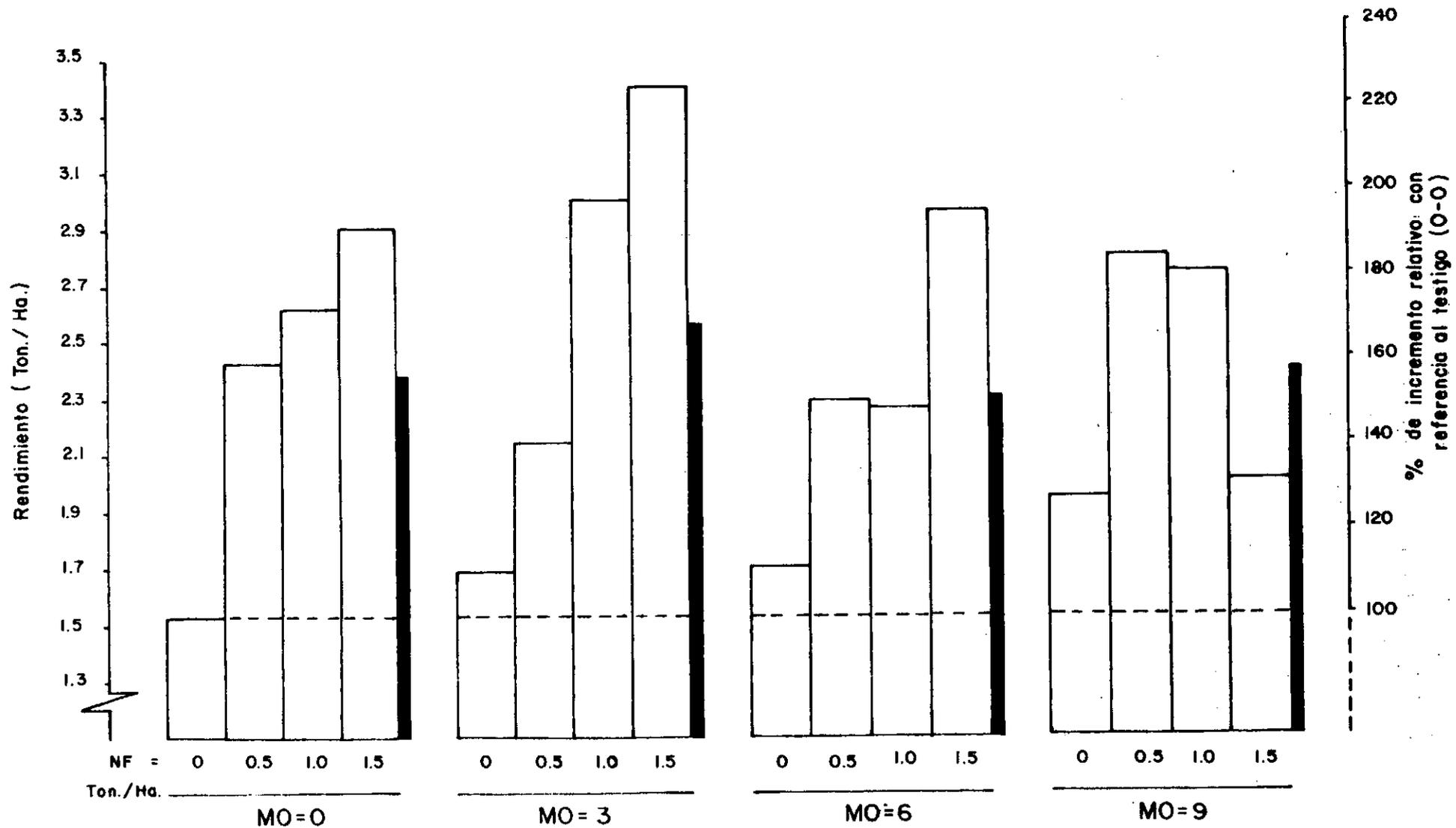
manteniendo constantes los niveles de fertilización, los incre-
mentos logrados en el rendimiento no tuvieron todos una misma -
tendencia, lo que indica que prácticamente la materia orgánica
tuvo una influencia errática en el rendimiento de maíz en este
suelo.

Los resultados fueron un tanto irregulares en cuanto a --
NF-0.5 y a NF-1.0 . Sin embargo, en NF-0 se obtuvo un incre-
mento constante alcanzando un 27 % con respecto al testigo, pa-
ra MO-9; mientras que en NF-1.5 el porcentaje de incremento se
elevó hasta un 121 % con MO-3, de donde decreció hasta un 36 %
con MO-9 .

GRAFICA No. 1 Rendimientos promedio por tratamiento obtenidos en el ensayo del suelo "A"



GRAFICA No. 2 Rendimientos promedio por tratamiento obtenidos en el ensayo del suelo "A"



En lo relativo a los porcentajes de incremento alcanzados con NF-0, fueron relativamente bajos, probablemente debido a que la materia orgánica no llegó a proporcionar una buena cantidad de nutrimentos a las plantas, excepto cuando se aplican grandes cantidades y se le dá el tiempo necesario para su edafización.

Por su parte, en NF-1.5 se obtuvieron porcentajes de incremento bastante altos comparados con todos los demás niveles de fertilización. Esto demuestra que la fertilización química tuvo una gran influencia en el rendimiento. Además, puede notarse en la misma gráfica, que los valores medios de incremento (barras en negro) para cada nivel de fertilización química, fueron aumentando gradualmente en todos los casos.

Sin embargo, puede notarse en NF-1.5 que con el nivel mayor de materia orgánica el rendimiento disminuyó. Esto posiblemente se deba a una interacción negativa entre la materia orgánica y la fertilización química.

La Gráfica No. 2 , muestra los mismos datos desde otra forma de planteamiento. En ella puede notarse que, manteniendo constantes los niveles de materia orgánica y aplicando diferentes niveles de fertilización, se obtuvieron resultados consistentes en cuanto a que la tendencia de los mismos fué similar entre ellos, exceptuando en el último nivel de materia orgánica.

En los tres primeros niveles, la tendencia del rendimiento fué de aumentar conforme se aumentaba el nivel aplicado de fertilización, lo cual indica que existe una buena respuesta a la misma. Sin embargo, en el nivel MO-9 el rendimiento aumentó pero nuevamente volvió a disminuir cuando se aplicó el nivel más alto de fertilizantes.

Nuevamente esto viene a indicar el hecho de que la influencia de la materia orgánica fué hasta cierto punto contraria en el rendimiento de este suelo. Observese que los valores medios de incremento (barras en negro) para cada nivel de materia orgánica, tienden a disminuir conforme se aumenta el nivel de la misma, a partir del nivel MO-3 .

4.1.1 Análisis de varianza.

El análisis de varianza para este suelo (Cuadro No. 7) mostró que únicamente la fertilización química tuvo un efecto significativo en los resultados del rendimiento. Así mismo como se esperaba, la influencia de la materia orgánica no fué significativa.

CUADRO No. 7 ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO
DEL SUELO " A " .

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _c	F _t	
BLOQUES	2	0.04608	0.02304			
TRATAMIENTOS	15	13.07104	0.87140	3.34498	2.01	*
- MO	(3)	0.47024	0.15675	0.60168	2.92	NS
- NF	(3)	8.46814	2.82271	10.83514	2.92	*
- (MO)x(NF)	(9)	4.55682	0.50631	1.94351	2.21	NS
ERROR	30	7.81544	0.26051			
TOTAL	47	20.93256				

C.V. = 21.14

* = significancia al 5 %

Esto viene a confirmar lo que anteriormente se indicaba - en cuanto a que se observaba que la influencia de la fertilización química era bastante alta, mientras que la influencia de la materia orgánica no representaba una diferencia muy notoria. Sin embargo, se observaba además que existía una cierta interacción negativa entre la materia orgánica y la fertilización química, pero el análisis de varianza mostró que dicha interacción no era significativa.

4.1.2 Análisis de regresión.

En el análisis de regresión - se determinó que la ecuación que más se ajustaba a los resultados era la siguiente:

$$Y = a + b_1(X_1) + b_2(X_2) + b_3(X_1)^2 + b_4(X_2)^2 + b_5(X_1)(X_2) \dots\dots\dots (1)$$

en la cual:

- X_1 : representa a la variable Materia orgánica
- X_2 : representa a la variable fertilización química.

Substituyendo en la ecuación anterior los valores obtenidos de los coeficientes (ver Cuadro No. 8), la ecuación queda finalmente así:

$$\hat{Y} = 1.4362 + 0.0928(MO) + 1.9062(NF) - 0.0032(MO)^2 - 0.5172(NF)^2 - 0.0932(MO)(NF) \dots\dots\dots (2)$$

Con esta ecuación se obtuvieron los rendimientos estimados por tratamiento. (ver Cuadro No. 9).

CUADRO No. 8 RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESION
CORRESPONDIENTE AL SUELO " A " .

<u>Coefficientes Obtenidos:</u>	<u>Valores de "t":</u>	<u>Significancia</u>
a = 1.4362	-----	-----
b ₁ = 0.0928	t ₁ = 1.121	NS
b ₂ = 1.9062	t ₂ = 3.845	**
b ₃ = -0.0032	t ₃ = -0.393	NS
b ₄ = -0.5172	t ₄ = -1.749	NS +
b ₅ = -0.0932	t ₅ = -2.363	*
R ² = 0.47	-----	-----

* , ** : significativamente diferente de cero al 0.1 y 0.05 de probabilidad considerando el signo.

+ : significativo al 0.15 de probabilidad.

CUADRO No. 9 RENDIMIENTOS ESTIMADOS EN BASE AL ANA-
LISIS DE REGRESION PARA EL SUELO " A "

<u>Niveles de Fertilización.</u>	<u>Niveles de Materia orgánica</u>				= X	% i
	MO-0	MO-3	MO-6	MO-9		
NF-0	1.436	1.686	1.877	2.010	1.752	22.0
NF-0.5	2.260	2.370	2.421	2.415	2.367	64.0
NF-1.0	2.825	2.795	2.707	2.561	2.722	89.6
NF-1.5	3.132	2.962	2.734	2.448	2.819	96.3
=						
X	2.413	2.453	2.435	2.358	-----	----
% i	68.0	70.8	69.6	64.2	-----	----

=
X : valor medio

% i : porcentaje de incremento del valor medio (X) sobre el -
testigo (MO-0 , NF-0)

Puede notarse en el cuadro No. 9 que los rendimientos es timados no varían mucho de los obtenidos en el campo en el ensayo de este suelo (ver además Cuadro No. 6). Obsérvese también que las medias son bastante parecidas entre ambos cuadros, lo cual demuestra que la ecuación de regresión utilizada se ajusta bastante bien a los resultados.

Los porcentajes de incremento relativo con referencia al testigo (MO-0 , NF-0) de los rendimientos estimados, se comportaron de la misma manera a los correspondientes de los resultados reales del ensayo ya que aumentaron grandemente desde un 22 % hasta un 96.3 % cuando se aumentó el nivel de fertilización química. (ver Cuadros No. 6 y 8).

Sin embargo, a medida que se aumentó el nivel de materia orgánica, el porcentaje de incremento correspondiente fué decre -- ciendo gradualmente desde un 68 % hasta un 64.2 % , disminu -- ción que fué relativamente pequeña.

Nuevamente entonces, se observa la misma tendencia del rendi - miento a aumentar conforme se aumenta la fertilización, mien - tras que con la materia orgánica, el incremento se mantiene ca - si uniforme aunque se nota el mismo decrecimiento del rendimien - to a medida que se aumenta el nivel de materia orgánica.

El hecho de que el rendimiento esté disminuyendo en su ta - sa de incremento cuando la cantidad de materia orgánica aplica - da es alta, puede deberse a que esa gran cantidad de materia orgánica incorporada utilizó los nutrimentos provenientes de los fertilizantes, posiblemente para su descomposición, y en esa forma entró en competencia con las plantas de manera que les provocó una disminución en su rendimiento.

Esto pudo haber sido posible si se toma en cuenta que:

- a) Este suelo es muy pobre en nutrimentos;
- b) El estiércol aplicado se encontraba en estado seco no descompuesto, y finalmente;
- c) El tiempo tan corto transcurrido desde su incorporación no permitió que la materia orgánica llegara a su proceso de liberación de nutrimentos.

En cuanto a los coeficientes que componen la ecuación de regresión, el valor de \underline{a} es el coeficiente que determina el intercepto de la curva sobre la ordenada del cuadrante. Así mismo, se dice que en el presente caso \underline{a} es el valor estimado para el tratamiento testigo cuando la fertilización química y la materia orgánica son cero.

El valor del testigo estimado resultó menor que el testigo real obtenido en el ensayo, sin embargo era de esperarse -- que variara un poco debido al factor de ajuste que tiene la ecuación sobre los datos reales.

Analizando los valores de los coeficientes \underline{b} de la ecuación, puede observarse que los coeficientes b_2 y b_4 , que están relacionados con la fertilización química, fueron más altos -- que los coeficientes b_1 y b_3 que están relacionados con la materia orgánica. (ver Cuadro No. 8).

Esto demuestra nuevamente que la influencia de la fertilización química en los resultados, es mayor que la influencia de la materia orgánica.

El coeficiente b_1 por su parte, fué positivo; lo que indica que la influencia de la materia orgánica fué positiva en la forma lineal de las curvas de regresión. Sin embargo, dicho valor es bastante pequeño y debido a ello es que tiene muy poca influencia en la ecuación. Es por eso mismo que el valor de \underline{t} correspondiente a este coeficiente, nos indica que dicha

influencia no es significativa en los resultados.

Puede observarse en la gráfica No. 3, que la pendiente de las curvas es bastante pequeña, lo que ocasiona que la diferencia de rendimientos entre los diferentes niveles de materia orgánica sea mínima.

El coeficiente b_2 fué positivo y además el de mayor valor de los demás. Esto indica que la influencia de la fertilización química además de ser positiva, resultó ser significativa en la forma lineal de la curva de regresión. Al respecto, el valor de t correspondiente a este coeficiente, indica que dicha influencia fué significativa. (ver Cuadro No. 8).

En la Gráfica No. 4 puede observarse que las curvas poseen una pendiente mucho mayor a las del caso anterior y resulta por ello que la diferencia entre el nivel NF-0 y el nivel NF-1.5 sea relativamente grande y por eso mismo llegó a ser significativa.

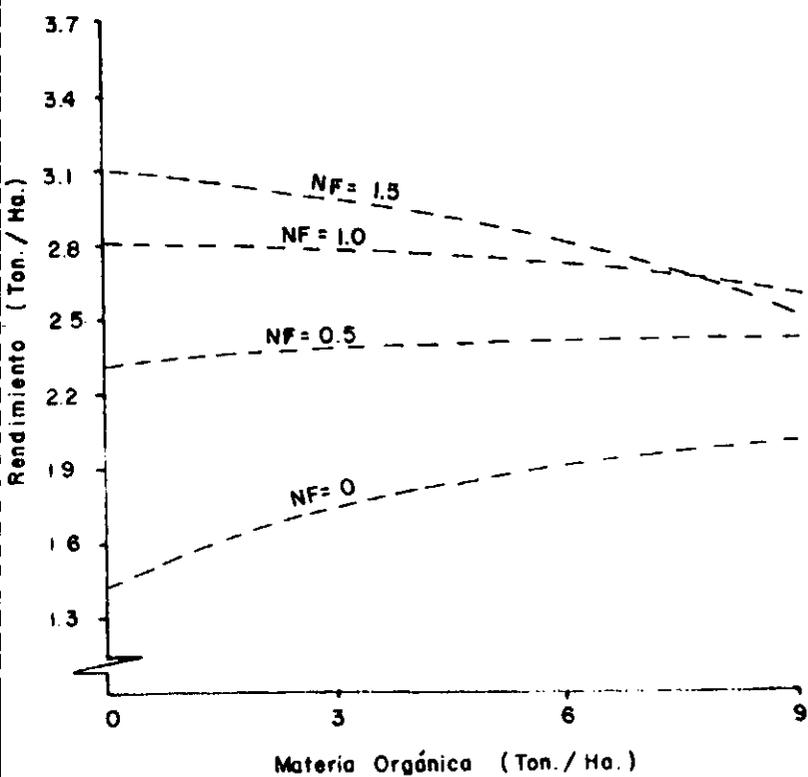
El coeficiente b_3 fué negativo, lo que indica que la concavidad de las curvas está dirigida hacia abajo. (ver Gráfica No. 3).

Sin embargo, dicho valor es demasiado pequeño a tal punto que su influencia en el rendimiento es mínima.

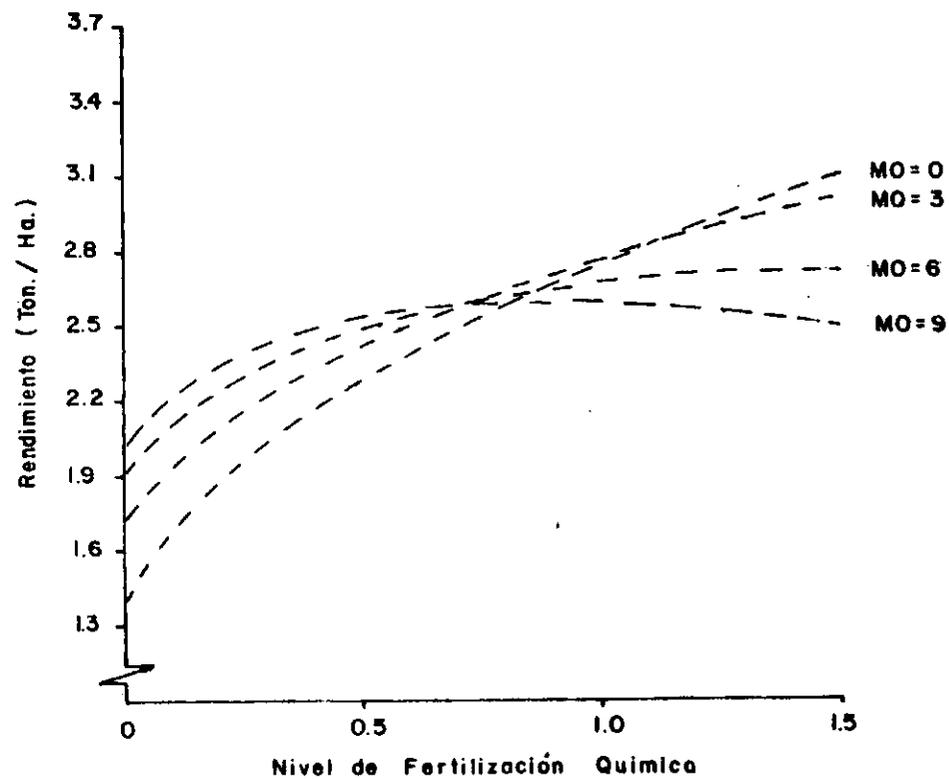
El valor de t correspondiente al coeficiente anterior, indica efectivamente que la influencia de la materia orgánica en la forma cuadrática de la curva no es significativa. Puede notarse en la Gráfica No. 3, que las curvas se asemejan mucho a una línea recta, teniendo las mismas una curvatura muy leve.

El coeficiente b_4 resultó también negativo al igual que el anterior. Sin embargo, su valor es mucho mayor que el valor

GRAFICA No. 3 Analisis de Regresión del Suelo "A"



GRAFICA No. 4 Analisis de Regresión del Suelo "A"



$$\hat{Y} = 1.4362 + 0.0928(MO) + 1.9062(NF) - 0.0032(MO)^2 - 0.5172(NF)^2 - 0.0932(MO)(NF)$$

del coeficiente anterior y por ello puede observarse que las curvas tienen una curvatura más pronunciada, debido a un efecto mayor de la fertilización química. (ver Gráfica No. 4).

Sin embargo, el valor de t correspondiente al coeficiente b_4 , indica que la influencia de la fertilización química en la forma cuadrática de la curva de regresión no llega a ser significativa.

El valor del coeficiente b_5 es negativo, lo que indica que la interacción es negativa. Nuevamente se encontró que la materia orgánica está contrarrestando el efecto de la fertilización química, es decir, que está disminuyendo el rendimiento tal como se explicó anteriormente; lo más importante es que el valor de t de este coeficiente indica que esa interacción negativa es significativa.

Puede notarse en las curvas, que a medida que se aumenta el valor del nivel de materia orgánica, el rendimiento disminuye. (ver Gráfica No. 3). Además, la curva con mayor nivel de materia orgánica finaliza con un rendimiento menor con respecto a las otras. (ver Gráfica No. 4).

El análisis de regresión, como anteriormente se indicó, mostró que la interacción entre la materia orgánica y la fertilización química es negativa y significativa; sin embargo, el análisis de varianza indicó lo contrario. (ver Cuadro No. 7).

Esto puede explicarse en parte, por el hecho de que el análisis de varianza detecta la variación existente entre puntos con su valor medio; sin embargo, no es capaz de detectar variación significativa cuando estos puntos tienen una tendencia parabólica similar a la que presentan las curvas de las gráficas No 3 y 4.

Es por ello que, muchas veces a un análisis de regresión múltiple, se le tiene mayor confiabilidad en sus resultados que a un análisis de varianza, porque además de encontrar variación significativa, analiza la tendencia de esa variación y además la cuantifica.

Además de los coeficientes anteriores, se obtuvo un Coeficiente de Determinación (R^2) de 0.47 , lo que indica que la variación en el rendimiento se debió en un 47 % al efecto de la materia orgánica y la fertilización química, y el 53 % restante se debió a otros factores independientes no considerados en la ecuación de regresión.

Sin embargo, el valor del coeficiente de determinación es bastante alto, lo que da un buen grado de confiabilidad sobre los resultados de la regresión.

Para obtener los valores de los puntos máximos de la curva de regresión, se utilizó la ecuación No. 2 de la página No. 36, siendo el procedimiento el siguiente:

Teniendo la ecuación:

$$Y = 1.4362 + 0.0928(MO) + 1.9062(NF) - 0.0032(MO)^2 - 0.5172(NF)^2 - 0.0932(MO)(NF)$$

Obteniendo la primera derivada y luego igualando a cero:

$$\frac{dY}{dMO} = 0.0928 - 2(0.0032)(MO) - 0.0932(NF) = 0 \dots\dots (3)$$

$$\frac{dY}{dNF} = 1.9062 - 2(0.5172)(NF) - 0.0932(MO) = 0 \dots\dots (4)$$

Posteriormente resolviendo estas ecuaciones simultáneas de primer grado con dos incógnitas, se obtuvo que:

$$MO_{\max.} = 39.5 \text{ Ton/Ha.}$$

$$NF_{\max} = - 1.7$$

En el primer caso, se encontró que para obtener el rendimiento máximo es necesario aplicar 39.5 Ton/Ha. de estiércol. Esto probablemente se deba a que es muy poca la cantidad de nutrientes los que proporciona el estiércol en un período tan corto de tiempo, y por ello se hace necesario aplicar una elevada cantidad del mismo en este suelo.

En el segundo caso, se observa algo fuera de la lógica como es el hecho de que para obtener el rendimiento máximo, según el análisis de regresión, es necesario "extraer" del suelo una cantidad de nutrientes equivalente a un nivel de fertilización de NF-1.7 .

Es incomprensible el hecho de hacerse algo semejante, sin embargo, puede explicarse éste fenómeno en base a la influencia tan grande y significativa que tiene la interacción, y que la misma es negativa.

Sin embargo, para un nivel de fertilización química de NF-0 y utilizando la ecuación No. 3 de la página anterior, se determinó que:

$$MO_{(NF-0)} = 14.5 \text{ Ton/Ha.}$$

Esto quiere decir que, si no se fertiliza entonces el rendimiento máximo de este suelo se obtiene cuando se incorporan 14.5 Ton/Ha. de estiércol.

Por otro lado, para un nivel de fertilización orgánica de MO-0 y utilizando la ecuación No. 4 de la página anterior, se determinó que:

$$NF_{(MO-0)} = 1.84$$

Este valor resultó mayor al $NF_{max.} = -1.7$ posiblemente -- porque la interacción negativa y significativa no estuvo presente al no involucrarse ninguna cantidad de materia orgánica en este análisis.-

4.2 Rendimiento en el suelo " B ":

Los resultados promedio por tratamiento obtenidos en este suelo se presentan en el Cuadro No. 11.

Los resultados obtenidos en este suelo en forma general resultaron ser mayores, en comparación con los obtenidos en el suelo anterior. (ver además Cuadro No. 6).

Esto viene a confirmar nuevamente que este suelo tiene la particularidad de producir mayores rendimientos que el suelo anterior. Esto posiblemente se deba a que, posee un mayor grado de fertilidad. (ver Cuadros No. 1 y 2).

Sin embargo, nótese que se obtuvieron porcentajes de incremento menores sobre el testigo, que en lo que respecta al suelo anterior. Esto posiblemente se deba a la carencia de uno o varios elementos menores en este suelo, ó posiblemente porque los rendimientos fueron altos, las plantas estuvieron más cerca de sus rendimientos máximos potenciales.

Por otra parte, los incrementos logrados en el rendimiento de este suelo debido a la incorporación de materia orgánica, resultaron comparativamente muy similares a los incrementos obtenidos con la fertilización química. (ver Cuadro No. 11).

Puede notarse además que, el porcentaje de incremento logrado con la aplicación de los distintos niveles de materia orgánica con cero de fertilización, fué del 15.1 %; mientras que, el porcentaje correspondiente a los diferentes niveles de fertilización con cero de materia orgánica, fué del 21.9 % .

A pesar de que la diferencia entre ambos porcentajes es pequeña, comparada con la diferencia de los mismos del suelo -

CUADRO No. 11 MEDIAS DEL RENDIMIENTO DEL SUELO " B "
(Ton/Ha)

<u>Niveles de Fertilización</u>	<u>Niveles de Materia orgánica</u>				= X	% i
	MO-0	MO-3	MO-6	MO-9		
NF-0	2.231	2.404	2.756	2.881	2.568	15.1
NF-0.5	2.839	3.089	3.549	3.221	3.174	42.3
NF-1.0	2.989	3.104	3.507	3.579	3.295	47.7
NF-1.5	2.819	2.998	3.335	3.433	3.146	41.0
= X	2.719	2.899	3.037	3.278	-----	-----
% i	21.9	29.9	36.1	49.9	-----	-----

=
X : valor medio

% i : porcentaje de incremento del valor medio (X) sobre el -
testigo (MO-0 , NF-0)

anterior, nuevamente el incremento debido a la fertilización química resultó ser el mayor. Esto nos indica que se obtuvieron mayores rendimientos con la aplicación de fertilizantes, - que con materia orgánica.

Sin embargo, el porcentaje de incremento logrado con los diferentes niveles de materia orgánica y cero de fertilización (15.1 %) resultó mayor al correspondiente del suelo anterior - (12.3 %). Esto indica que la materia orgánica tuvo un mayor efecto en este suelo que en el suelo " A ".

Así mismo, con respecto al porcentaje de incremento logrado con los diferentes niveles de fertilización y con cero de -

materia orgánica (21.9 %), resultó mucho menor al correspon --
diente del suelo anterior (54.7 %). Esto indica que el efecto
de la fertilización química sobre el rendimiento de este suelo,
fué menor al efecto sobre el rendimiento del suelo anterior.

Sin embargo, se obtuvo un incremento continuo desde 15.1 %
hasta un 47.7 %, el cual disminuyó después cuando se aplicaron
los otros niveles de fertilización.

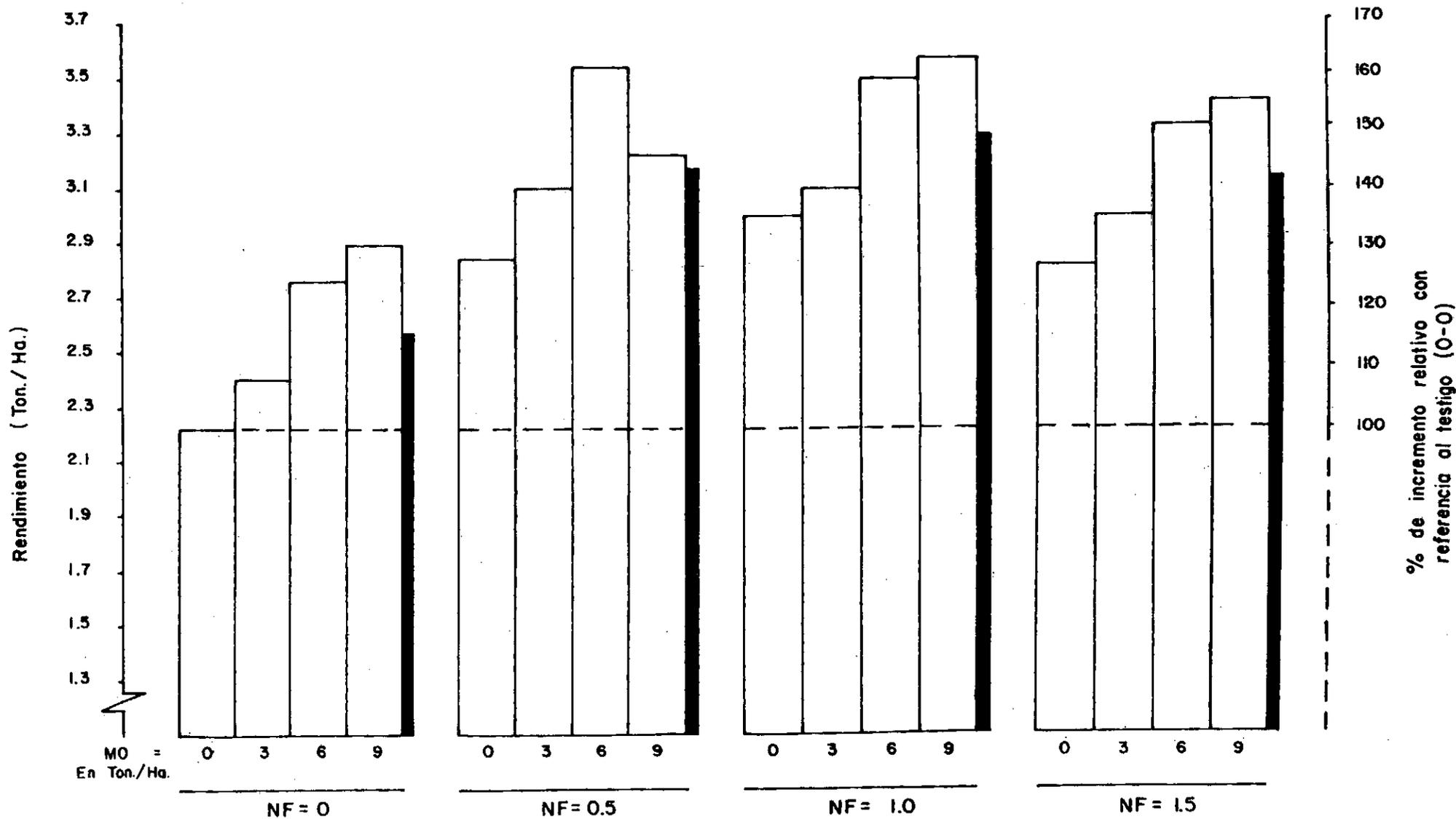
Por otro lado, se obtuvo un incremento continuo desde 21.9
% hasta un 49.9 % cuando se aplicaron los diferentes niveles
de materia orgánica. Esto indica que posiblemente el efecto de
la materia orgánica sobre el rendimiento de este suelo puede -
resultar significativa, a diferencia del suelo anterior que, aun
que tuvieron porcentajes de incremento mayores, la variación -
entre ellos fué relativamente pequeña y a ello se debe que el
análisis de varianza de ese suelo, no registrara diferencia sig
nificativa en los resultados.

Lo anterior puede observarse mejor en la Gráfica No. 5, -
en donde manteniendo constantes los niveles de fertilización
química, se hicieron variar los diferentes niveles de materia
orgánica para observar el efecto que produjeron en el rendimien
to.

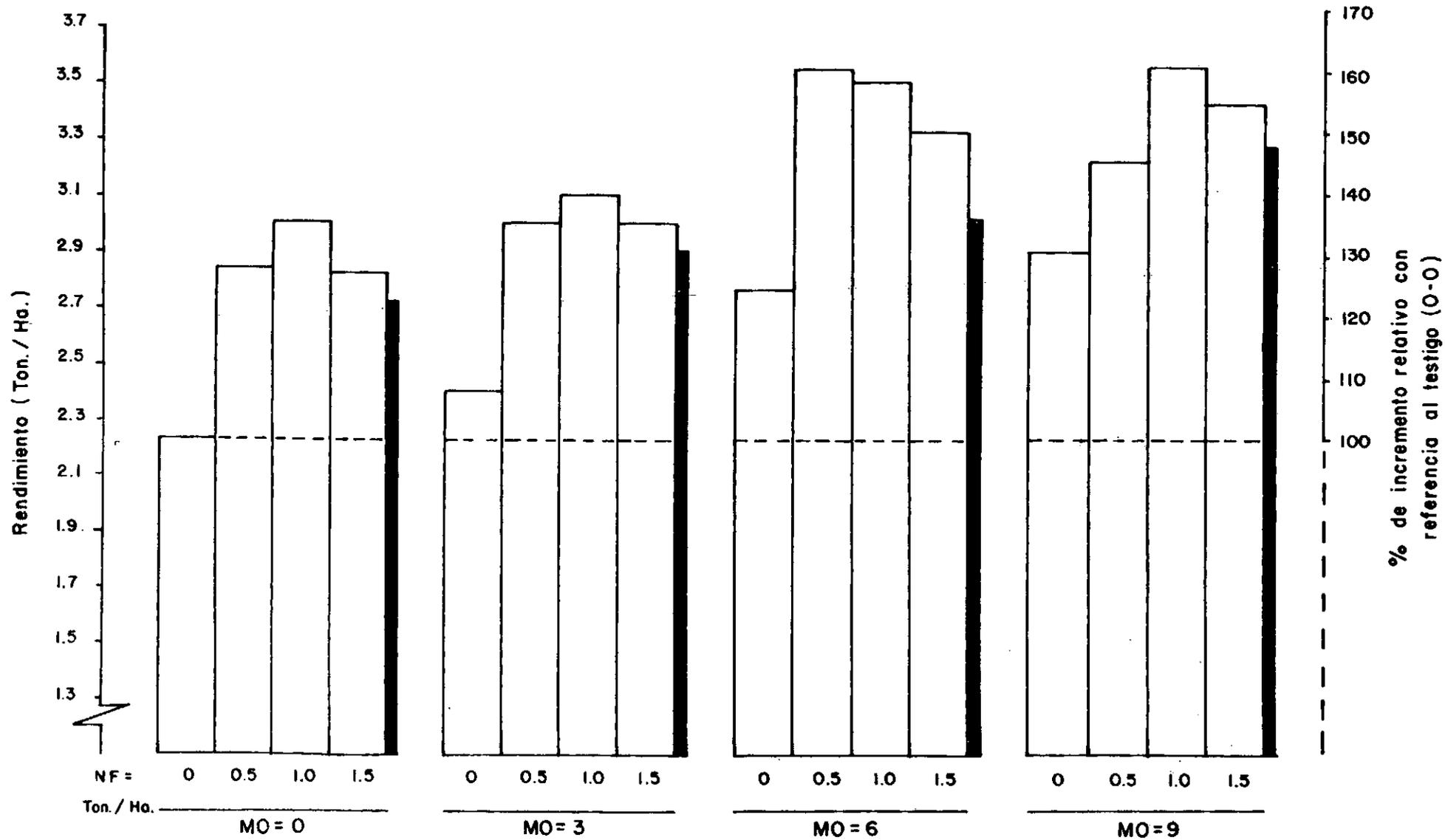
Puede notarse que el comportamiento de la materia orgánica
fué bastante regular a excepción del nivel NF-0.5. Se observa
además que la tendencia del rendimiento fué de aumentar confor
me se aumentó el nivel de materia orgánica.

Sin embargo, los valores medios de incremento (barras en -
negro) indican que la variación entre niveles de fertilización
química, llegó a un punto máximo con NF-1.0 y, a partir del --
cual, descendieron los rendimientos cuando se siguió aumentan
do el nivel de fertilización. Esto indica que el efecto de la

GRAFICA No. 5 Rendimientos promedio por tratamiento obtenidos en el ensayo del suelo "B"



GRAFICA No. 6 — Rendimientos promedio por tratamiento
obtenidos en el ensayo del suelo "B"



materia orgánica fué bastante fuerte en el rendimiento.

Lo anterior se observa bien en la Gráfica No. 6 en donde, se mantienen constantes los niveles de materia orgánica y se hicieron variar los diferentes niveles de fertilización.

4.2.1 Análisis de varianza.

En cuanto al análisis de varianza (ver cuadro No. 12), éste indica que además de la fertilización química, también el efecto de la materia orgánica sobre el rendimiento fué significativo y que, por el contrario, la interacción no resultó ser significativa.

CUADRO No. 12 ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO
DEL SUELO " B ".

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	F_t	
BLOQUES	2	0.15631	0.07815			
TRATAMIENTOS	15	6.65223	6.44348	2.57718	2.01	*
- MO	(3)	2.77369	0.92456	5.37292	2.92	*
- NF	(3)	3.64417	1.21472	7.05913	2.92	*
- (MO)x(NF)	(9)	0.23437	0.02604	0.15133	2.22	NS
ERROR	30	5.16235	0.17208			
TOTAL	47	11.97089				

C.V. = 13.60

* = significancia al 5. %

Además, el análisis de varianza mostró que el efecto de la fertilización química fué mayor al efecto de la materia orgánica, debido a que el valor de su F_c fué mayor, aunque no tanto como lo fué en el suelo anterior.

Esto posiblemente se debió a la observación que anteriormente se hiciera acerca de un efecto más fuerte de la fertilización sobre el rendimiento, tal como lo muestran los porcentajes de incremento correspondientes. (ver Cuadros No. 6 y 11).

Por otro lado, el efecto de la interacción fué mucho mayor en el suelo " A " que en este suelo. Si en el suelo " A ", que es un valor mayor no resultó significativo, era de esperarse que en este suelo tampoco lo fuera. Sin embargo, en el primero, poco faltó para que el efecto de la interacción en el rendimiento fuera significativo.

Una deficiencia bastante grande del análisis es que no detecta si el efecto de la interacción es negativo ó positivo.

Un hecho muy importante es que, en este suelo el análisis de varianza determinó un efecto significativo de la materia orgánica sobre el rendimiento. Esto era de esperarse, debido a que la materia orgánica había mostrado un comportamiento bastante particular en los resultados, y según los porcentajes de incremento, ese efecto fué bastante fuerte.

El hecho de que la materia orgánica tuvo un mayor efecto en el rendimiento del suelo " A " respecto al " B ", pudo deberse a que este suelo es más fértil por su mayor contenido de nutrimentos y por ello la materia orgánica no entró en competencia con las plantas porque existía mayor cantidad de los mismos, suficientes para ambos.

4.2.2 Análisis de regresión:

En el análisis de regresión - se determinó que la ecuación que más se ajustaba a los resultados era la siguiente:

$$Y = a + b_1(X_1) + b_2(X_2) + b_3(X_1)^2 + b_4(X_2)^2 + b_5(X_1)(X_2) \dots \dots \dots (5)$$

Substituyendo en esta ecuación los valores de los coeficientes (ver Cuadro No. 13), la ecuación queda finalmente:

$$Y = 2.2609 + 0.1074(MO) + 1.4534(NF) - 0.0048(MO)^2 - 0.7408(NF)^2 + 0.0045(MO)(NF) \dots \dots \dots (6)$$

Con esta ecuación se determinaron los rendimientos estimados por tratamiento que se presentan en el Cuadro No. 14 .

Puede notarse en dicho cuadro que los rendimientos estimados no varían mucho de los obtenidos en el campo en el ensayo de este suelo. (ver además Cuadro No. 11). Puede observarse - también que las medias de los tratamientos son bastante parecidas, lo cual indica que la ecuación de regresión se ajusta bastante bien a los resultados.

En forma general podemos decir que, los rendimientos estimados presentan el mismo comportamiento al de los resultados reales. Estos comportamientos pueden apreciarse mejor en las Gráficas No. 7 y 8, las cuales son una representación de los rendimientos estimados.

Puede observarse que, a medida que se aumenta el nivel de materia orgánica, las curvas tienden a elevarse más, alcanzando mayores rendimientos. (ver Gráfica No. 7).

CUADRO No. 13 RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESION
CORRESPONDIENTE AL SUELO " B " .

<u>Coefficientes obtenidos:</u>	<u>Valores de "t":</u>	<u>Significancia al 5 %:</u>
a = 2.2609	-----	-----
b ₁ = 0.1074	t ₁ = 1.792	NS +
b ₂ = 1.4534	t ₂ = 4.040	**
b ₃ = -0.0048	t ₃ = -0.808	NS
b ₄ = -0.7408	t ₄ = -3.451	**
b ₅ = 0.0045	t ₅ = 0.159	NS
R ² = 0.51	-----	-----

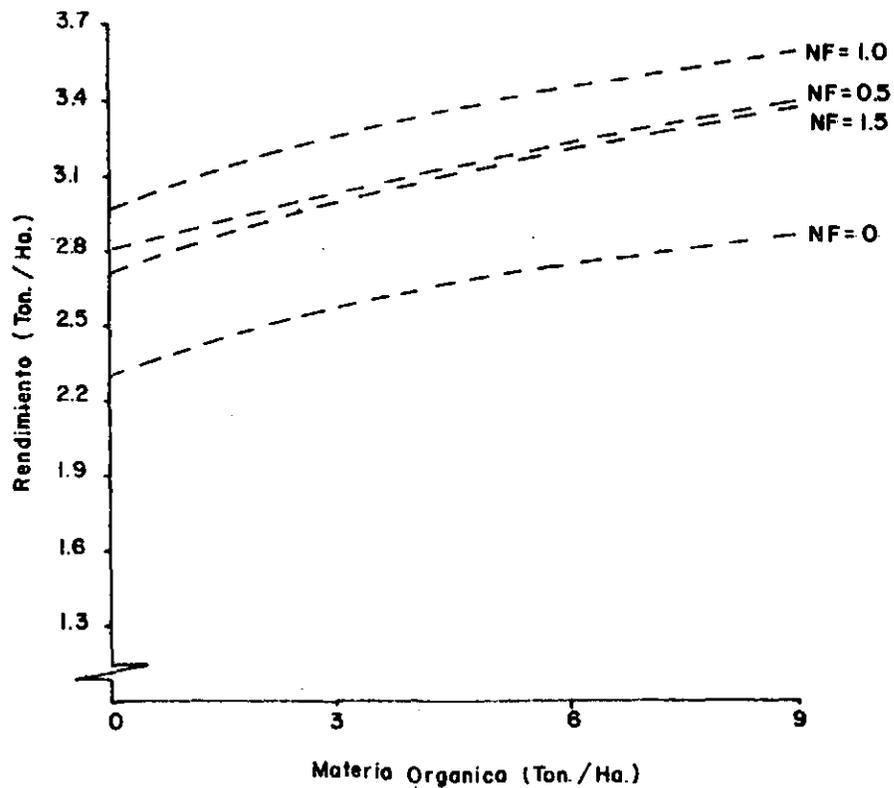
** : significativamente diferente de cero al 0.05 de probabilidad considerando el signo.
+ : significativo al 0.15 de probabilidad.

CUADRO No. 14 RENDIMIENTOS ESTIMADOS EN BASE AL ANALISIS DE REGRESION PARA EL SUELO " B "

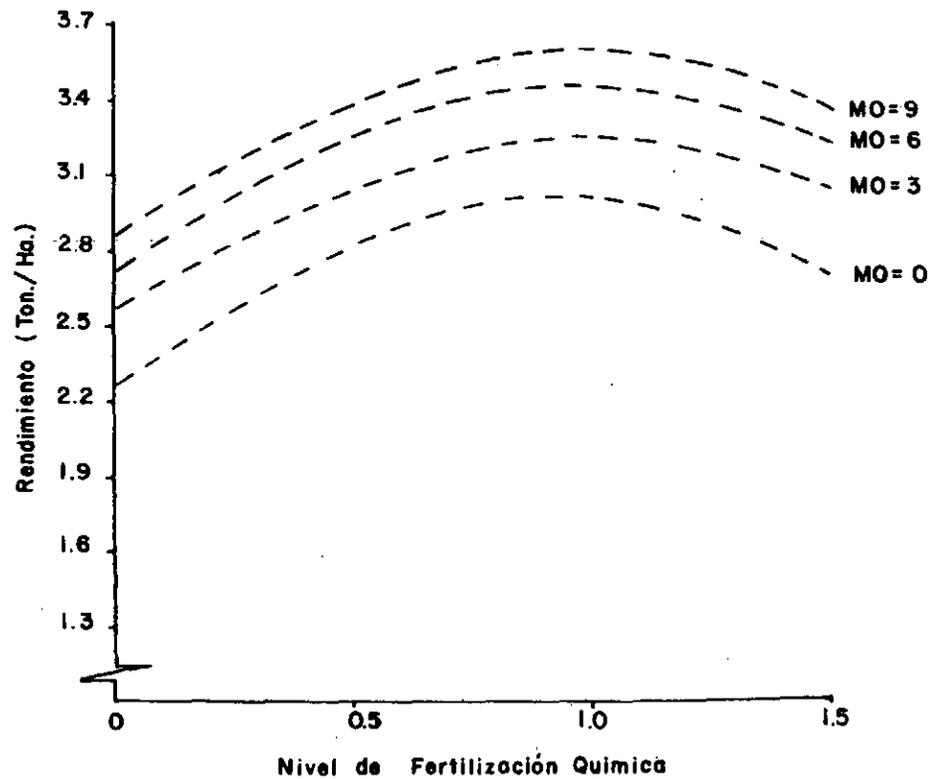
<u>Niveles de Fertilización</u>	<u>Niveles de Materia Orgánica</u>				= X	% i
	MO-0	MO-3	MO-6	MO-9		
NF-0	2.261	2.540	2.732	2.837	2.592	14.6
NF-0.5	2.802	3.088	3.287	3.399	3.144	39.0
NF-1.0	2.974	3.226	3.472	3.590	3.316	46.7
NF-1.5	2.774	3.073	3.286	3.412	3.136	38.7
= X	2.703	2.982	3.194	3.309	-----	-----
% i	19.5	31.9	41.3	46.4	-----	-----

= X : valor medio
% i : Porcentaje de incremento del valor medio (X) sobre el testigo (MO-0 , NF-0)

GRAFICA No. 7 Analisis de Regresión del Suelo "B"



GRAFICA No. 8 Analisis de Regresión del Suelo "B"



$$\hat{Y} = 2.2609 + 0.1074(MO) + 1.4534(NF) - 0.0048(MO)^2 - 0.7408(NF)^2 + 0.0045(MO)(NF)$$

Sin embargo, ésto no sucede con la fertilización química, en la cual las curvas alcanzan un punto máximo alrededor del nivel NF-1.0 . (ver Gráfica No. 8)

Analizando los coeficientes de la ecuación, el valor de \underline{a} , que es el valor del testigo estimado, resultó casi similar al valor del testigo verdadero. (ver Cuadros No. 11 y 14)

Puede notarse además, que el valor de \underline{a} de este suelo - resultó mayor al valor correspondiente del suelo anterior. Es to indica nuevamente que en este suelo se obtienen mejores ren dimientos sin la aplicación de ningún fertilizante ni materia orgánica.

Con respecto a los demás coeficientes, puede observarse que b_2 y b_4 , que son los coeficientes relacionados con la fer tilización química, son mayores que b_1 y b_3 que son los rela cionados con la materia orgánica. (ver Cuadro No. 13)

Esto indica nuevamente que el efecto de la fertilización química, fué mayor al efecto de la materia orgánica; tal como lo demostró también el análisis de varianza. (ver Cuadros No. 12 y 13)

El coeficiente b_1 por su parte fué positivo, lo que indi ca que la influencia de la materia orgánica en la forma lineal de las curvas fué positiva. Sin embargo, dicho valor es bastan te pequeño y debido a ello es que tiene muy poca influencia en el rendimiento.

El valor de \underline{t} para el coeficiente anterior, resultó no ser significativo. Esto quiere decir que la variación causada en el rendimiento lineal, tal como lo muestran las curvas, no es significativo.

El coeficiente b_2 fué positivo y además fué significativo según lo demuestra el valor de t correspondiente. Esto quiere decir que el efecto de la fertilización química fué significativa en los resultados al igual como sucedió en el suelo anterior. Sin embargo, el valor de éste coeficiente resultó mayor al correspondiente del suelo anterior.

El coeficiente b_3 resultó negativo y su valor bastante pequeño. Lo primero indica que la concavidad de las curvas está dirigida hacia abajo; lo segundo, que la influencia de la materia orgánica en la forma cuadrática de la curva de regresión es bastante pequeña. Al respecto, el valor de t correspondiente a este coeficiente nos indica que, efectivamente, la influencia de la materia orgánica no es significativa. Es por ello que las curvas no poseen mucha curvatura. (ver Gráfica No. 7)

El coeficiente b_4 , por su parte, además de ser negativo - tuvo un valor regularmente alto, lo cual indica que la fertilización química tiene una respuesta cuadrática más acentuada que la materia orgánica. Al respecto, el valor de t correspondiente a este coeficiente, indica que la influencia de la fertilización química fué realmente significativa. Es por ello -- que efectivamente las curvas poseen mayor curvatura debido a que el coeficiente cuadrático es mayor, demostrado por su efecto significativo en los resultados. (ver Gráfica No. 8)

Finalmente el coeficiente b_5 resultó positivo, lo que indica que la interacción entre la aplicación de materia orgánica y fertilizante en este suelo, tuvo un efecto positivo en el rendimiento, en lugar de un efecto contrario tal como sucedió en el suelo anterior. Sin embargo, su valor es bastante pequeño y además el valor de t indica que su efecto no es significativo.

A pesar de ello, resulta importante resaltar el hecho de

que la interacción entre materia orgánica y la fertilización química fué positiva. Esto quiere decir que ambas variables no se contrarrestan en su efecto, sino que al contrario, produjeron un efecto sinérgico, lo que indica que a medida que se aumenta el nivel de materia orgánica, el rendimiento también aumenta.

El hecho de que la interacción haya sido positiva puede explicarse en base a que en este suelo, la materia orgánica posiblemente no entró en competencia con la planta de maíz por los nutrimentos del suelo, debido a que se trata de un suelo fértil donde existe una buena cantidad de los mismos. Esto pudo suceder así a pesar de que la cantidad de fertilizante aplicado fué menor que en el suelo anterior. (ver Cuadro No. 5)

Por otro lado, el análisis de varianza mostró que además de la fertilización química, la materia orgánica tuvo un efecto significativo en el rendimiento; lo cual contradice los resultados del análisis de regresión, debido a que éste último indica que solamente la fertilización tuvo un efecto significativo en los resultados. (ver Cuadro No. 12 y 13) Sin embargo, al tomar un nivel de probabilidad del 15 %, éste parámetro sí tiene un efecto significativo.

El hecho de que el análisis de varianza haya mostrado que la materia orgánica tuvo influencia significativa en el rendimiento, al contrario del análisis de regresión, se debe a que éste último estudia por separado los efectos lineal, cuadrático y otros, de una variable y, por ello, los valores de significancia pueden ser menores; en cambio el análisis de varianza estudia los efectos que una variable independiente tiene sobre una dependiente, no importando la tendencia de los mismos.

El análisis de regresión también mostró que, el coeficiente de Determinación (R^2) fué de 0.51, lo cual indica que el -

51 % de la variación obtenida en el rendimiento se debió al efecto de la materia orgánica y de la fertilización química, y el porcentaje restante de la variación se debió a otros factores independientes no considerados en la ecuación de regresión.

Un coeficiente de determinación alto y valores de t también altos, indican que los resultados obtenidos en el análisis de regresión se ajustan bien a los datos y por lo tanto merecen confiabilidad. Además, el hecho de que éstos coeficientes resultaran mayores que los obtenidos en el suelo " A ", indica que aquí existió un mayor ajuste de la ecuación de regresión a los datos del rendimiento obtenidos en el campo.

Para obtener los valores de los puntos máximos de la curva de regresión, se utilizó la ecuación No. 6 de la página No. 53; siendo el procedimiento el siguiente:

Teniendo la ecuación:

$$Y = 2.2609 + 0.1074(MO) + 1.4534(NF) - 0.0048(MO)^2 - 0.7408(NF)^2 - 0.0045(MO)(NF)$$

Obteniendo la primera derivada y luego igualando a cero:

$$\frac{dY}{dMO} = 0.1074 - 2(0.0048)(MO) + 0.0045(NF) = 0 \dots\dots(7)$$

$$\frac{dY}{dNF} = 1.4534 - 2(0.7408)(NF) + 0.0045(MO) = 0 \dots\dots(8)$$

Posteriormente resolviendo estas ecuaciones simultáneas de primer grado con dos incógnitas, se obtuvo que:

$$MO_{\max.} = 16 \text{ Ton/Ha.}$$

$$NF_{\max.} = 1.0$$

En el primer caso, se encontró que para obtener el rendimiento máximo es necesario aplicar 16 Ton/Ha. de estiércol.

En este suelo se encontró un valor menor al encontrado en el suelo anterior, lo que demuestra nuevamente que en suelo " B " es necesario aplicar una menor cantidad de materia orgánica debido a que es más fértil.

En el segundo caso, se encontró que el nivel de fertilización necesario para obtener el rendimiento máximo es de NF-1.0 lo cual puede observarse en las curvas de la Gráfica No.8, en donde se nota que el punto máximo de la curva está sobre este nivel.

Sin embargo, para un nivel de fertilización química de --NF-0 y utilizando la ecuación No. 7 de la página anterior, se determinó que:

$$MO_{(NF-0)} = 11.2 \text{ Ton/Ha.}$$

Esto quiere decir que, si no se fertiliza entonces el rendimiento máximo de este suelo se obtiene cuando se incorporan 11.2 Ton/Ha de estiércol.

Este valor resultó menor al correspondiente del suelo anterior, debido posiblemente a que este suelo es más fértil y se necesita menor cantidad de estiércol ha aplicar para obtener el rendimiento máximo con cero de fertilización química.

Por otro lado, para un nivel de fertilización orgánica de MO-0 y utilizando la ecuación No. 8 de la página anterior, se determinó que:

$$NF_{(MO-0)} = 0.98$$

Este valor resultó muy similar al nivel $NF_{max.} = 1.0$ debido tal vez al tipo de influencia de la interacción en este suelo, ya que la misma era pequeña y positiva y por ello no existió mucha variación en el resultado cuando no se tomó en cuenta a la materia orgánica en el análisis.-

5. CONCLUSIONES.

- 1.) La incorporación de estiércol seco en estado no descompuesto en las vetas arenosas, 6 meses antes de la siembra, da un efecto negativo en el rendimiento, es decir, que éste tiende a disminuir.

Esto viene a contradecir en parte el hecho de que la materia orgánica proveniente de estiércol de ganado vacuno, ayuda a aumentar la productividad de un suelo pobre; sin embargo, posiblemente cuando se incorpora el estiércol ya sea con mucha mayor anticipación, ó completamente descompuesto, puede ser que se obtengan los mejores resultados.

- 2.) La incorporación de estiércol seco no descompuesto en el suelo bueno, 6 meses antes de la siembra, se produce un efecto positivo en el rendimiento. Esto quiere decir que, al aplicar estiércol al suelo bueno, se incrementa el rendimiento de grano por unidad de superficie.

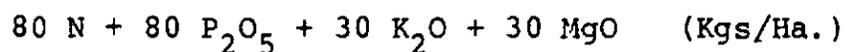
Sin embargo, puede especularse sobre el hecho que al realizar estudios posteriores similares al presente trabajo, se obtenga un efecto positivo y significativo en el rendimiento de los dos suelos, debido a una mejor edafización de la materia orgánica.

- 3.) En las vetas arenosas se encontró respuesta positiva y -- significativa en el rendimiento a las aplicaciones de fertilizantes. Es por ello que, se determinó el punto máximo del rendimiento el cual resultó ser de NF-1.84 , el -- cual equivale a aplicar:

147.2 N + 276 P₂O₅ + 184 K₂O + 184 MgO (Kgs/Ha)

- 4.) En el suelo bueno también se encontró respuesta positiva y significativa en el rendimiento a las aplicaciones de -- fertilizantes. Al determinar el punto máximo de rendimiento para este suelo se encontró un valor de NF-0.98 .

Este valor indica que para obtener el rendimiento máximo, cuando no se incorpora estiércol en el suelo bueno, es necesario aplicar un nivel de fertilización de 0.98, el cual es equivalente a aplicar:



Estos valores resultaron menores a los correspondientes de las vetas arenosas, debido a que éste suelo es más fértil.-

6. RECOMENDACIONES.

- 1.) En el caso de las vetas arenosas, no es recomendable in -
corporar estiércol seco en estado no descompuesto poco an -
tes de la siembra, porque se obtiene un efecto negativo -
en el rendimiento. Es recomendable dejarse un tiempo ma-
yor entre la incorporación del estiércol y la siembra, ó
simplemente incorporar el estiércol previamente descom --
puesto en forma de compost.
- 2.) En el suelo bueno es recomendable incorporar estiércol se -
co en estado no descompuesto porque no se produce un efecto -
negativo en el rendimiento.
- 3.) Bajo el aspecto técnico-práctico para el área de estudio,
es recomendable aplicar el estiércol en forma de compost
cubriendo así tanto las vetas arenosas como las franjas -
con buen suelo.-

8. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ALDRICH, S.R. y LENG, E.R. Producción Moderna del Maíz. Buenos Aires. Editorial Hemisferio Sur. 1974. pp. 100-110.
- 2.- BONNET, JUAN A. La ciencia del suelo. San Juan, Puerto Rico. Colegio de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores de Puerto Rico. 1968. 233 p.
- 3.- BUCKMAN, H.O. y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. España. UTEHA. 1965. pp. 162-164 y 529-539.
- 4.- F.A.O. El Maíz en la Alimentación; Estudio sobre el valor nutritivo. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1974. 100 p.
- 5.- FASSBENDER, HANS W. Química de Suelos. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1975. pp. 221-266, 268-271, 319-328 y 355-357.
- 6.- HOLDRIDGE, L.R. Mapa de zonificación ecológica de Guatemala según sus formaciones vegetales. Guatemala. Ministerio de Agricultura. SCIDA. 1958. 19 p.
- 7.- JACOB, A. y UEXKULL, H.V. Fertilización, Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Hannover. Verlagsgesellschaft fur Acjerbau mbH. 1966. pp. 125-130.
- 8.- LONG, O.H. Nitrogen and Spacing Experiments with corn. Tennessee, U.S.A. 1953. 34 p.

- 9.- LUGO, CAJA J. Determinación de la eficiencia de utilización del nitrógeno mediante el empleo del isótopo estable No. 15 en el cultivo de Maíz. Mexico, D.F. Asociación Latinoamericana de Agricultores. Vol. VI. 1969.
- 10.- MILLAR, C.E. et al. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Tercera edición. Mexico, D.F. Compañía Editorial Continental S.A. 1962. pp. 313, 329, 330 y 388.
- 11.- MILLER, E.V. Fisiología Vegetal. Traducción por Francisco Latorre. Mexico, D.F. UTEHA. 1967. 344 p.
- 12.- MONTES, SUAREZ G. Estudio de las fracciones y volatilización del nitrógeno en dos suelos de Turrialba, Costa Rica. (tesis Mg. Sc.) Turrialba, Costa Rica. IICA. 1972. 62 p.
- 13.- MOSS, P.H. y COULTER, J.K. The Potassium status of -- West Indian volcanic soils. U.S.A. Journal of Soil Science. 1964. pp. 284-298.
- 14.- PERDOMO, R. y HAMPTON, H. Ciencia y tecnología del Suelo. Guatemala. Universidad de San Carlos . 1960. 345 p.
- 15.- RATHER, H.C. y HARRISON, C.N. Field crops. New York, U.S.A. McGraw-Hill Book Co. Inc. 1951. 251 p.
- 16.- SIMMONS, C.S. et al. Clasificación del reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala. -- Instituto Agropecuario Nacional. 1959. pp. 280-281.
- 17.- SOUBIES, L. y GARDET, R. L'Exportation des éléments fertilisants par le Maiz. Francia. 1953. pp. 176-178
- 18.- TAYLOR, R.E. et al. Revista Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires. No. 117, año XI. 1965. pp. 4-13.
- 19.- THOMAS, W. , MACK, W.B. y SMITH, C.B. Leaf Concentrations of five elements in reation to optimun Nutricion of a number Horticultural crops. U.S.A. 1953. 564 p.

- 20.- TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona. Editorial Montaner y Simon, S.A. 1970. pp. 78-99.
- 21.- TRIGOSO, H.R. Algunos factores que afectan la fijación simbiótica del nitrógeno. (tesis Mg. Sc.) Turrialba, Costa Rica. 1970.

Margarita de Jesús
Margarita Guerra de Jéjtz
Licda. en Edición Científica
Col. No. 470

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Referencia
Asunto
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"

REPOSICION LEGAL
 DEPOSITO LEGAL
 MINISTERIO CENTRAL-USAC



[Handwritten Signature]
 DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
 D E C A N O