

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL ABONADO CON COMPOST EN ALGUNAS  
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA  
EN EL CULTIVO DEL SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench)  
EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

HUGO SALVADOR BRIONES LEAL

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1989

T

S663

B7

c.1



1080060932

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL ABONADO CON COMPOST EN ALGUNAS  
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA  
EN EL CULTIVO DEL SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench)  
EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

HUGO SALVADOR BRIONES LEAL

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1989

10050

T  
56635  
B7  
e



040.631

FA 5

1989

C. 5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Evaluación del abonado con compost en algunas características químicas del suelo y su influencia en el cultivo del Sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench) en Marín, N.L.

Tesis presentada por HUGO SALVADOR BRIONES LEAL como requisito parcial para obtener el título de INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA, aceptada y aprobada por el comité supervisor.

---

Ph.D. Rigoberto E. Vázquez A.

---

Ph.D. Emilio Olivarez Sáenz

---

M.C. Armando González A.

Marín, Nuevo León.

Octubre de 1989

## CONTENIDO

	pag.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE ABREVIATURAS	7
RESUMEN	8
SUMMARY	10

## CONTENIDO

I.-	INTRODUCCION	12
II.-	REVISION DE LITERATURA	16
	2.1. Generalidades del cultivo del sorgo	16
	2.1.1. Importancia	16
	2.1.2. Origen	16
	2.1.3. Historia en México	17
	2.1.4. Usos	17
	2.2. Propiedades físicas y químicas de los suelos	19
	2.2.1. Propiedades físicas	19
	2.2.1.1. Textura	19
	2.2.1.2. Estructura	20
	2.2.1.3. Densidad aparente	21
	2.2.1.4. Porosidad	23
	2.2.2. Propiedades químicas	25
	2.2.2.1. Intercambio catiónico	25
	2.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico	25
	2.2.2.3. Reacción del suelo	25a
	2.2.2.4. Materia orgánica	26
	2.3. Materia Orgánica	28
	2.3.1. Generalidades	28
	2.3.2. Constituyentes	30

2.3.3. Descomposición	31
2.3.4. Funciones	34
2.3.5. Humus	37
2.5. Compost	39
2.5.1. Generalidades	39
2.5.2. Elaboración	42
2.5.3. Factores que afectan el composteo	44
2.5.3.1. Relación C/N	45
2.5.3.2. pH	45
2.5.3.3. Humedad	46
2.5.3.4. Aire	46
2.5.3.5. Temperatura	47
2.5.4. Disponibilidad	47
2.5.5. Composición química	48
2.5.6. Efecto de la aplicación de compost en las propiedades físicas y químicas del suelo	49
2.5.6.1. Efecto residual	50
2.5.6.2. Efecto en la estructura del suelo	50
2.5.6.3. Efecto sobre la infiltración	52
2.5.6.4. Efecto sobre el contenido de nutrientes	53
2.5.6.5. Efecto sobre la capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.)	54
2.5.7. Otros Beneficios	55
2.5.8. Enriquecimiento de compost con fertilizantes químicos	57
2.5.9. Aspectos ecológicos	59



	pag.
III.- MATERIALES Y METODOS	61
3.1. Localización del experimento	61
3.2. Clima y suelo	61
3.3. Descripción del experimento	62
3.4. Diseño experimental	66
3.5. Recolección de datos	70
3.5.1. Variables con respecto al suelo	70
3.5.2. Variables con respecto a la planta	73
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	75
4.1. Descripción de tendencias generales	75
4.2. Análisis de varianza	77
4.3. Análisis de correlación y regresión	80
V.- CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	88
VI.- BIBLIOGRAFIA	91

A MIS PADRES:

SR. BENJAMIN BRIONES MEZA

SRA. MA. DEL REFUGIO LEAL DE BRIONES

Por haberme brindado la oportunidad de terminar esta carrera, por sus consejos, apoyo y comprensión; mi -- mayor agradecimiento, admiración y cariño.

A MIS HERMANOS

BENJAMIN

DAVID

ARTURO

CARLOS

ROSIO

Porque han sido en mí un -- gran motivo de superación.

AL DR. RIGOBERTO VAZQUEZ A.

Por sus enseñanzas y amistad durante el desarrollo  
de mi carrera.

Agradezco sinceramente a:

-MC. ARMANDO GONZALEZ A.

-Ph.D. EMILIO OLIVARES SAENZ

-ING. GERARDO DE LIRA REYES

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A TODOS MIS COMPAÑEROS Y  
AMIGOS.

## Lista de tablas

	pag.
1.- Labores realizadas durante el experimento.	65
2.- Dosis de Compost y Nitrógeno correspondientes a cada tratamiento.	69
3.- Resumen de los parámetros estadísticos de las variables estudiadas.	78
4.- Resumen de los análisis de varianza de las variables estudiadas.	79
5.- Coeficientes de correlación entre las variables de estudio.	86
6.- Modelos cuadráticos obtenidos de las correlaciones que resultaron con una $R^2$ significativa.	87

## Lista de figuras

	pag.
1.- Croquis del experimento.	64
2.- Distribución de los tratamientos según el diseño San Cristóbal.	67
3.- Curva de absorvancia para Cu.	71
4.- Curva de aborvancia para Fe.	71
5.- Curva de absorvancia para Zn.	72
6.- Curva de absorvancia para Mn.	72
7.- Gráfica de la regresión entre rendimiento de grano y número de panojas por hectárea.	83
8.- Gráfica de la regresión entre rendimiento de grano y materia seca.	83
9.- Gráfica de la regresión entre rendimiento de grano y altura de planta a los 111 días.	84

- 10.- Gráfica de la regresión entre la materia seca y la altura de planta a los 111 días. 85
- 11.- Gráfica de la regresión entre la longitud de la panoja y la altura de la planta a los 60 días. 85

## Lista de abreviaturas

C	=	COMPOST
N	=	NITROGENO
Np	=	NUMERO DE PANOJAS/ha
AP	=	ALTURA DE PLANTA
RG	=	RENDIMIENTO DE GRANO DE SORGO EN Kg/ha
MS	=	TONELADAS DE MATERIA SECA/ha
LP	=	LARGO DE PANOJA POR EXCERCION
MO1	=	MATERIA ORGANICA DEL SUELO
MO2	=	MATERIA ORGANICA DEL SUBSUELO
pH1	=	pH DEL SUELO
pH2	=	pH DEL SUBSUELO
Cu1	=	COBRE DEL SUELO
Cu2	=	COBRE DEL SUBSUELO
Fe1	=	FIERRO DEL SUELO
Fe2	=	FIERRO DEL SUBSUELO
Zn1	=	ZINC DEL SUELO
Zn2	=	ZINC DEL SUBSUELO
Mn1	=	MANGANESO DEL SUELO
Mn2	=	MANGANESO DEL SUBSUELO

## RESUMEN

Tesista: Hugo Salvador Briones Leal  
Carrera: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista  
Título : Evaluación del abonado con compost en algunas características químicas del suelo y su influencia en el cultivo del Sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench) en Marín, N.L.

Este experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. en el municipio de Marín, N.L. en Marzo de 1987. El clima dominante es árido o seco, el tipo de suelo es calcáreo-arcilloso con baja cantidad de materia orgánica y un pH alcalino.

Las variables estudiadas de la planta fueron: rendimiento de grano, número de panojas, materia seca, altura de planta a los 42, 60 y 111 días y longitud de la panoja. Y las variables estudiadas del suelo fueron: MO, pH Cu, Fe, Zn y Mn cada una, a dos niveles: 0-15 y 15-30cm.

Los objetivos son:

- 1.- Determinar si existe efecto significativo del compost aplicado en bandas.
- 2.- Medir el efecto sobre las propiedades químicas del suelo por la aplicación del compost.



Se utilizó un diseño experimental bloques al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones, con un arreglo San Cristóbal, donde los niveles de compost fueron de 0, 1.5, 3, 4.5, ton/ha y los niveles de nitrógeno fueron 0, 16, 32, 48 Kg/ha . Las variables estudiadas no resultaron -- significativas en los análisis de varianza por lo que se realizó un análisis de regresión. Se encontró que las siguientes parejas de variables están altamente correlacionadas: el rendimiento del grano contra el número de panojas con un valor de  $r=0.51$  y una  $R^2=37$ , el rendimiento de grano contra la materia seca con una  $r=0.54$  y  $R^2=36.2\%$ , rendimiento contra altura de planta a los 111 días con una  $r=0.60$  y  $R^2=60\%$ , la materia seca contra la altura de la planta a 111 días con una  $r=0.43$  y  $R^2=26.2\%$  y longitud de panoja contra altura de planta a 60 días con una  $r=0.48$  y  $R^2=45.5\%$  .

## SUMMARY

Thesis of : Hugo Salvador Briones Leal  
Carrer : Agronomy Phytotechnist Engineer  
Thesis title : Evaluation on the effects of compost  
on some chemical properties of soil  
and its influence on Sorghum (*Sorghum  
bicolor* (L.) Moench), Marín, N.L.

The present experiment was carried out in the experimental Station on Agronomy Faculty of the U.A.N.L. in Marín, N.L. on March 1987. The weather is arid or dry -- the type of soil is calcareous clay soil with low quantity of organic matter and with an alkaline pH.

The variables related to the plant were: grain yield number of panicles per hectare, dry matter, the plant height at 42, 60 and 111 days and panicle length plus excersión. And the soil variables were M.O., pH, Cu, Fe, -- Zn and Mn each in two levels 0-15 and 15-30 cm of deepness.

The objectives are:

- 1.- To determine the existence of significative effects -- after the addition of compost in bands.
- 2.- To measure the efect over the chemical properties of the soil due the compost assition.

The experimental design utilized was a randomized -- blocks with 7 treatments and three repetitions with a - San Cristóbal arrangements. The levels of compost were 0 1.5, 3.0 and 4.5 ton/ha, and the levels of nitrogen were 0, 16, 32, 48 k/ha .

Since the variance analysis did not show significa-- tive difference in the value of the studied variables - then it was decided to run a regression analysis in tho-- se variables.

It was found in the regression analysis that the fo-- llowing pair of variables had a big correlation grain -- yild v.s. number of panicles with a value of  $r=51.4\%$  -- and  $R^2=37.5$  , grain yild v.s. dry matter with a value of  $r=54.9\%$  and  $R^2=36.2\%$  grain yild v.s. plant height at 111 days with a  $r=60.9\%$  and  $R^2=60.7\%$ , the dry matter v.s. -- plant height at 111 days with  $r=43.1\%$  and  $R^2=26.2\%$  and - panicle lenght v.s. plant height at 60 days with  $r=48.4\%$  and  $R^2=45.5\%$  .

El mejoramiento y conservación de las características del suelo debe ser uno de los puntos de más importancia e interés en el estudio agrícola. El aprovechamiento de los desperdicios sólidos urbanos procesados, reviste un carácter ecológico fundamental. Reciclar la energía ha sido en los últimos años, una tendencia en la investigación en muchos aspectos como el aprovechamiento del agua de lluvia, desechos industriales, agrícolas, estiércoles, abonos verdes, basuras urbanas, etc., en muchos lugares del mundo.

Si podemos entender que esta devolución de energía a sus orígenes, avanzaremos en el sentido de darles un verdadero valor a todos estos materiales menospreciados y que han sido marginados por el avance de la industria de fertilizantes químicos, que si proporcionan soluciones nutricionales en los cultivos agrícolas, lo son a corto plazo.

Si bien el uso de el compost, en este caso representante de todos los materiales reciclables es de una respuesta no tan espectacular como los fertilizantes químicos, pero sí por mas tiempo, porque tiene un efecto a largo plazo; es decir, es más prolongado.

El uso exagerado e indiscriminado de los abonos químicos trae como consecuencia efectos negativos en terrenos en los que son aplicados (el suelo pierde su estructura y se vuelve más salina) tiene mayor costo y es de efecto limitado en tiempo.

Es indudable que la aplicación adecuada de abonos orgánicos a los suelos aporta mayores beneficios que los fertilizantes químicos, ya que además de proporcionar -- elementos mayores, reintegra al suelo elementos menores pero que de él han sido extraídos por las plantas y mejora otras características del suelo como son: la estructura, aireación, retención de agua, capacidad amortiguadora del pH del suelo, etc.

Al utilizar la basura en forma de compost, se puede disminuir directamente el problema ambiental de los desechos urbanos, uno de los más graves problemas en la actualidad, principalmente en las ciudades. Si se combina este beneficio con el de mantener las características -- del suelo se logrará un equilibrio entre lo que se obtiene del suelo y lo que a él regresamos.

Se ha podido comprobar que el fertilizante químico combinado con abono orgánico puede tener un beneficio mayor que si se emplea cada uno por separado porque mientras uno se incorpora dinámicamente en el suelo, el otro

proporciona nutrientes a los microorganismos que de otro modo consumirían los que pudieran ser utilizados por la planta.

Por su importante y espectacular evolución en nuestro país, es de gran interés el estudio de este tipo de fertilización en el cultivo del sorgo que ya ocupa un lugar importante en la agricultura nacional.

Por último, se debe dar la suficiente importancia a los fertilizantes orgánicos, dejar de verlos como opciones rústicas y anticuadas, más que como una carga, como un recurso inagotable de energía dispuesto para el aprovechamiento y sus seguros beneficios para el hombre.

Los objetivos del presente experimento:

- 1.- Determinar si existe efecto significativo del compost aplicado en bandas.
- 2.- Medir el efecto sobre las propiedades químicas del suelo por la aplicación del compost.

Las hipótesis en las que se basan estos objetivos, son los resultados y observaciones realizadas en anteriores experimentos, los cuales nos demuestran que la aplicación de materiales orgánicos, deja un efecto residual benéfico en los cultivos y el hecho de aplicarlo en bandas, lo concentra para entrar en contacto más directo --

con la zona radicular del cultivo y con el fertilizante químico complementario.

También se ha observado con anterioridad que los materiales orgánicos proporcionan cambios en las características químicas de los suelos. La cantidad de materia orgánica, el pH, los microelementos entre otros, pueden contribuir a un mejor desarrollo de la planta lo cual se manifiesta en mejores rendimientos son afectar tan drásticamente los niveles nutricionales del suelo.

## 2.1. Generalidades del cultivo del sorgo.

### 2.1.1. Importancia.

El sorgo granífero se encuentra entre los -- cinco cereales más importantes del mundo, en México es relevante su importancia, ya que ocupa el tercer lugar en superficie sembrada y la segunda posición en producción global, únicamente después del maíz actualmente. Tal relevancia se explica en la gran demanda de este grano en la industria pecuaria como componente básico de alimen--tos balanceados. (29).

El cultivo del sorgo en el mundo es la base de la alimentación de aproximadamente 700 millones de personas que habitan las regiones semi-áridas del trópico. La amplia gama de variedades que le permiten adaptarse a condiciones de cultivo muy diversas y su utilización en aliumentos para consumo humano, para consumo animal y para -preparación de bebidas, así como la amplia difusión de -sus características le han permitido extender la superfiucie de cultivo en el mundo. (7).

### 2.1.2. Origen

El sorgo se considera originario de la re--gión de Etiopía, en el Noreste de Africa. Su distribución a otras partes del mundo se le atribuye a la mano del --



hombre. Se asume que tiene alrededor de 5000 años como especie cultivada; además se sabe que aproximadamente -- 700 años a.c. el sorgo crecía en los bancos del río Tigris, alrededor del Ninive, Asiria, en lo que hoy es Mosul, Turilia. (19).

### 2.1.3. Historia en México.

A fines de los años cuarentas, se establecieron en México los primeros ensayos experimentales con semillas de variedades de sorgo importadas de los Estados Unidos. La regionalización del cultivo del sorgo empieza a manifestarse a partir de los años sesentas al concentrarse la producción comercial en Sinaloa, Michoacán, Jalisco y el Norte de Tamaulipas. Es a partir de 1958 -- cuando la superficie y la producción alcanzan cifras que ameritan ser ya consideradas en las estadísticas nacionales. (28).

### 2.1.4. Usos.

Principalmente se usa en la elaboración de alimentos balanceados en la producción pecuaria, como es el ganado de engorda, ganado lechero o para la nutrición de aves de corral o cerdos. También se usa como rastrojo seco sin remover el grano. Iguala casi al rastrojo de maíz en valor alimenticio y puede ser dado con menos desperdicio debido a que es mas apetitoso. En forma de Ensilaje, en forma de Heno. El sorgo a veces se cultiva para

pastarlo, pero su empleo para este objeto es limitado debido al peligro de intoxicación con ácido prúsico.

El grano de sorgo es usado para la alimentación humana y como alimento para animales; el tallo y el follaje son usados como alimento verde, heno, ensilaje y pastura. En algunos lugares los tallos son usados como material de construcción y los restos de cosecha pueden ser usados como combustible. Un rústico pan preparado a base de harina de grano es uno de los más comunes; hecho de sorgo. Algunas veces la masa se fermenta antes de que el pan sea preparado. Generalmente el grano duro blanco aperlado es dedicado para este propósito. El sorgo también es cocido como potaje o atole. La cerveza es hecha comunmente del grano del sorgo en muchas partes de Africa. (20).

## 2.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS.

### 2.2.1. Propiedades Físicas.

Las propiedades físicas del suelo están ligadas a dos nociones fundamentales: La textura o composición elemental, cuando todos los agregados han sido destruidos y la estructura o forma de agruparse estos elementos en agregados. De estos dos factores depende el comportamiento del aire, y del agua en el suelo, cuyas consecuencias prácticas son particularmente importantes. (De estos dos factores depende el comportamiento del agua y el aire en el suelo).

#### 2.2.1.1. La textura.

La textura (o composición granulométrica) se define de acuerdo con la proporción de elementos del suelo, clasificados por categorías en función a su tamaño, una vez destruidos los agregados. La combinación de diversos grupos ha permitido considerar varias clases texturales. (arenosa, Limosa, Arcillosa) Las texturas muy finas, se caracterizan por una elevada riqueza en arcilla, corresponden a los suelos plásticos, llamados pesados, difíciles de trabajar y con fuerte poder adhesivo, mientras que las texturas más gruesas, es decir arenosas, caracterizan los suelos ligeros, faltos de cohesión, fáciles de trabajar y, con frecuencia, con tendencia a la aridez. Se ha podido comprobar que la textura tiene un efecto sobre el porcentaje de humus y nitró

geno. A medida que las partículas aumentan de tamaño, el contenido orgánico es menor. Esto se comprueba comparando suelos arenosos con arcillosos. Se puede ver que un suelo presentará una estructura un tanto más estable - cuanto más rica sea su textura en elementos coloidales.- (6).

Los suelos que presentan problemas de encostramiento, presentan textura arcillosa. Las fuerzas de cohesión entre las partículas de arcilla son fuertes, provocándose la formación de costras bajo condiciones de bajo porcentaje de materia orgánica, así como el clima seco existente. (1).

#### 2.2.1.2. La Estructura.

La estructura completa la noción de -textura; está ligada al estado de los coloides del suelo que pueden estar floculados formando parte de agregados elementales, mas o menos estables. La importancia de la estructura es considerable: influye en la aereación del suelo, en la resistencia a la penetración de las raíces juega un papel en la resistencia a la erosión y finalmente en el lavado de los suelos en su permeabilidad. (9).

La capacidad estructural se define como la capacidad del suelo para formar terrones espontáneamente y de que estos terrones se dividan en pedazos pequeños, granos o

agregados sin la intervención del hombre. El agregado o elemento estructural es sólido, definido por formas geométricas mas o menos regulares y resultante de la aglomeración de los elementos de la tierra fina que pueden incluir eventualmente, gravas y guijarros. A su vez, no solo indica cierto grado de mullimiento del suelo, cierta porosidad, una aptitud grande al drenaje a la aereación y al laboreo del suelo, o a la penetración del sistema radicular sino que además indica igualmente cierto grado de fertilidad general del suelo. (6).

#### 2.2.1.3. La densidad aparente.

Es el peso por unidad de volúmen de un suelo secado en estufa, que comunmente se expresa como gr. por  $\text{cm}^3$ .

La densidad aparente varía según el estado de agregación del suelo y la proporción del volúmen aparente -- ocupado por los espacios intersticiales que existen incluso en los suelos mas compactos. (22).

A modo general se puede definir la densidad aparente de acuerdo con la textura:

Suelos arcillosos	0.90	-	1.2 $\text{g/cm}^2$
Suelos arenosos	1.2	-	1.6 $\text{g/cm}^2$

Existen factores que afectan la densidad aparente -

del suelo como la textura; los suelos de partículas más finas poseen densidades más bajas que aquellas de partículas mayores a causa de la mayor estructuración de los primeros. En los suelos arenosos, las partículas se encuentran unidas en estrecho contacto unas con otras y unidas con el poco contenido de M.O. que ellos poseen, producen altos valores de densidad aparente en relación con los suelos arcillosos. Otro factor que también afecta es la estructura; a medida que exista mayor granulación en el suelo, tiende a aumentar el espacio poroso en el suelo y por tanto disminuye la densidad aparente. Cuando las condiciones estructurales son malas en el suelo, se facilitan las condiciones de compactación. A medida que un suelo se compacta, disminuye la porosidad y aumenta la densidad.

Por último otro de los factores que influyen en la densidad y para mi punto de vista el de mayor importancia en este trabajo, es el de materia orgánica. Influye al facilitar y elevar la granulación y estructuración de las partículas del suelo, lo cual aumenta la porosidad y disminuye la densidad. La aplicación de determinados materiales orgánicos, mejoran la estructura del suelo y por lo tanto provoca la disminución de la densidad aparente. (6).

#### 2.2.1.4. La porosidad.

Tamhane, (32). La define como el porcentaje del volúmen del suelo que está ocupado por los espacios intersticiales o espacios porosos. Los intersticios o huecos que las partículas simples o compuestas dejan libres al aglomerarse para formar los agregados, se denominan porros o espacios porosos y están ocupados por el aire en proporciones que varían de modo continuo.(6).

La porosidad es también una resultante de la textura, de la estructura y de la actividad biológica del suelo. La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad, es decir, son los suelos ricos en elementos coloidales los que tienen mayor porosidad.(6).

El peso del suelo está relacionado con la cantidad de espacios porosos. Tanto el peso como el espacio poroso varían de horizonte a horizonte, al igual que lo hacen otras propiedades del suelo y ambos son afectados -- por la textura del mismo. (14).

La porosidad varía con la textura del suelo, la forma de las partículas individuales, la estructura del suelo, la cantidad de M.O. y la solidez. En los suelos arenosos aunque los porros son muy grandes, el espacio poroso total es pequeño. En los suelos de textura fina, existe la posibilidad de más granulación y el espacio poroso

total es elevado debido a los espacios entre las partículas individuales y en los gránulos. La porosidad del suelo indica el espacio poroso total y no el tamaño y la forma de los poros individuales. Cualquier operación que reduzca la agregación y disminuye la cantidad de M.O en el suelo, reduce el espacio poroso. (32).



## 2.2.2. Propiedades químicas.

### 2.2.2.1. Intercambio catiónico.

El intercambio catiónico es una de las propiedades más importantes del suelo y tiene influencia sobre una gran cantidad de sus características. Los cationes cambiables influyen en la estructura, la actividad biológica, el régimen hídrico y gaseoso, la reacción los procesos genéticos del suelo y en su formación. Se entiende por intercambio catiónico, los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase acuosa, desabsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre ambas fases. Estos fenómenos se deben a las propiedades específicas del complejo coloidal del suelo que tiene cargas electrostáticas y una gran superficie. Los procesos de intercambio catiónico y aniónico, que resultan de las interacciones de la fase sólida y líquida del suelo, dependen de la composición y de las características del complejo coloidal (partículas de materia orgánica, arcillas, etc.) y de la composición de la solución del suelo. (11).

### 2.2.2.2. La capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.)

Se define como la suma total de cationes intercambiables absorbidos, expresados en miliequivalentes por 100 gr. de suelo, en una expresión de

el número de sitios de absorción de cationes por unidad de peso del suelo. (1).

La única propiedad de intercambio que parece tener importancia para ser usada como criterio de definición en la categorización de suelos es la (C.I.C.) del suelo completo. (13).

En general, mientras mas arcilla hay en el suelo, - tanto mas elevada es la capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.) (32).

La C.I.C. es medida en unidades químicas, miliequivalentes por 100 gramos de suelo (me/100gr). El término miliequivalentes se utiliza porque el número de lugares negativos no cambia, pero los pesos de los cationes que pueden ser absorbidos a aquellos sitios en cualquier momento, cambian por tener tamaños diferentes. (8).

#### 2.2.2.3. La reacción del suelo.

La reacción del suelo (pH) es un indicador de la acidéz o alcalinidad del suelo y es medida en unidades de pH. El pH del suelo es definido como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrogeno ( $H^+$ ) cuando el agua (HOH) se ioniza a  $H^+$  y el  $OH^-$  - están en concentraciones de  $10^{-7}$  moles por litro. (8).

El pH del suelo puede influir en el crecimiento de la planta por su efecto en la actividad de los microorganismos benéficos.

La reacción del suelo es la característica química más importante que determina muchas propiedades físicas y químicas del suelo. La adecuación del suelo como medio para el desarrollo de las plantas y de microorganismos - deseables depende de que el suelo sea ácido, neutro o alcalino.

#### 2.2.2.4. La materia orgánica.

Según la recomendación de la Soil Science Society of America la M.O. del suelo se define - en los términos siguientes: "La fracción orgánica del -- suelo que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de - organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del suelo. En general, la fracción - orgánica del suelo tiene un papel importante: regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las ca racterísticas físicas. Es el centro de casi todas las ac tividades biológicas en el mismo, incluyendo microflora y fauna y hasta el sistema de raíces de plantas superiores".(4) .

Por su importancia como elemento componente básico del suelo, se designa su estudio en un apartado.

## 2.3. Materia orgánica

### 2.3.1. "Generalidades de la materia orgánica"

La materia orgánica desempeña muchas - funciones importantes en los suelos. Puesto que la materia orgánica se origina de los residuos vegetales, la materia orgánica del suelo originalmente contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. La materia orgánica es de por sí influyente en la estructura de los suelos y tiende a promover una condición física deseable. (25).

La planta elabora, mediante transformación de los - materiales que toma del suelo y del aire, sustancias nuevas de estructura molecular muy complicada. El nombre de materias orgánicas dado a estos productos de trabajos celulares, recuerda que han sido creadas en los órganos. Todas estas materias contienen carbono e hidrógeno, de donde su propiedad de ser combustibles. (34).

La materia orgánica, mejora la condición estructural tanto de los suelos arenosos como de los arcillosos. El bajo grado de cohesión y plasticidad de la MO, aflora a los suelos de textura fina al compensar la alta cohesión y plasticidad de la arcilla.

La MO del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivientes o muertos del suelo. La proporción en que se descompone la MO es la clave de su

acumulación en el suelo.

La MO se ha denominado la sangre vital del suelo. - Tiene un impacto tremendo sobre las propiedades químicas físicas y biológicas del suelo. (26).

Una de las diferencias esenciales entre un suelo fértil y una simple masa de fragmentos de roca la constituyen el contenido de MO del primero.

Prácticamente todo el azufre y el nitrógeno contenidos en el suelo se encuentran en combinación orgánica; de modo que si comienza a faltar la MO, estos elementos - - esenciales para el desarrollo de los vegetales se hacen críticos.

La MO tiene también mucha importancia con respecto a los caracteres físicos del suelo, especialmente los arcillosos. provoca la granulación del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y hace más fácil y más rápida la creación de un medio apropiado para el crecimiento de las plantas. (23).

### 2.3.2. Constituyentes de la materia orgánica en el suelo.

Se puede considerar que la MO del suelo está constituida por tres tipos principales de constituyentes: 1) tejido original, 2) materiales descompuestos y 3) humus.

El tejido original comprende los materiales no descompuestos o poco atacados que se incorporan constantemente al suelo. En general son de origen vegetal; raíces y parte de las plantas superiores y también residuos de microorganismos aunque también aporta algún tejido animal de roedores, lombrices, protozoarios, etc. (23).

La MO está constituida de microorganismos y animales pequeños, vivos o muertos, de materiales frescos de plantas de materiales en descomposición y humus. (17).

La fuente originaria de la materia orgánica del suelo es el tejido vegetal. Bajo condiciones naturales las partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos, hierbas y otras plantas naturales proveen anualmente de grandes cantidades de residuos orgánicos. Una buena porción de plantas son extraídas comunmente de los suelos cultivados pero parte de sus tallos y hojas y todas las raíces son abandonados en el suelo. Como estos materiales son descompuestos, digeridos por los organismos del suelo de muchas clases, llegan a constituir una parte de los horizontes subyacentes, por infiltración o por incor

poración física.

Los animales son considerados corrientemente como fuentes secundarias de materia orgánica. Al atacar los tejidos vegetales originarios, contribuyen al gasto de productos y dejan a sus propios cuerpos cuando sus ciclos vitales han sido consumados. Algunas formas de vida animal, especialmente las lombrices, cienpies y hormigas, juegan también un importante papel en la mudanza de los residuos vegetales. (5).

La reposición del contenido de M.O: después de un agotamiento, es un proceso lento. Por lo tanto se debe de tomar medidas correctivas a travez de la producción e incorporación de materiales y residuos orgánicos y de la constante restitución de los residuos vegetales de las cosechas. (17) .

### 2.3.3. Descomposición de la M.O.

La descomposición, tanto de residuos vegetales como de la M.O. del suelo, no es más que un proceso de digestión encimática. Es exactamente una verdadera digestión, como si los materiales vegetales entrasen en el estomago de un animal. Los productos de estas actividades enzimáticas, a pesar de ser numerosa y enormemente variados pueden ser clasificados, por conveniencia de su estudio, en tres categorías: (1) energía apropiado micro



organismos o liberada como calor, (2) simples productos-finales y (3) el humus. (5).

La descomposición de la M.O. es en primer lugar un proceso biológico que implica a los organismos del suelo. Algunas actividades químicas tales como la hidrólisis y solución y cambios físicos, también ocurren. Las clases de organismos del suelo activos en el proceso de descomposición son gobernada por la naturaleza química de los residuos orgánicos y condiciones del suelo. (26).

La descomposición de las materias orgánicas del suelo se efectúan por dos clases de procesos, ambos microbianos en su mayor parte.

La humificación, que comporta la producción de nuevos compuestos orgánicos englobados bajo la designación general de humus.

La mineralización, que consiste en una liberación en forma de moléculas inorgánicas o de iones ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ) de los elementos incorporados primitivamente a la materia orgánica de origen. (16).

La constitución química del tejido vegetal es muy complicada de modo que su adición al suelo debe propor--

cionar relaciones muy complejas. Además una proporción - considerable de esos tejidos se encuentra al estado coloidal, lo cual hace aun más difícil su estudio, especialmente en lo que se refiere a las transformaciones sucesivas a que están sometidos los suelos. (23).

Un material con relación C/N de 80:1 como la paja - de trigo, se descompone lentamente debido a que la paja contiene insuficiente nitrógeno para satisfacer los requerimientos del desarrollo de los organismos que intervienen en la descomposición. Materiales con amplia relación C/N forman cantidades relativamente pequeñas de - - humus y nitratos. La alfalfa y el trébol tienen una estrecha relación C/N de alrededor de 20:1. Estos materiales se descomponen rápidamente y proporcionan una cantidad relativamente grande de humus y nitratos. Varias condiciones del suelo afectan la descomposición microbiana del material orgánico, el rango óptimo de temperatura es entre 21° y 38°C. Las temperaturas fuera de éste rango retardan la actividad de los organismos del suelo. Los organismos del suelo también son afectados por los niveles de humedad. Si una cantidad excesiva de agua está presente en el suelo, los números y clases de organismos beneficiosos en la descomposición decrecen, debido a la - - aereación deficiente. Sin embargo los organismos del suelo prosperan a más bajos niveles de humedad que las plantas superiores. (26).

#### 2.3.4. Funciones de la M.O.

La M.O. en el suelo tiene diferentes funciones las que se resumen como sigue:

1.- Los residuos orgánicos en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta de el agua. La escorrentía y la erosión se reducen habiendo mayor cantidad de agua aprovechable para el mejor desarrollo de las plantas.

2.- La descomposición de la M.O. produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable de el suelo.

3.- Las raíces de las plantas al descomponerse dejan conductos atravez de los cuales penetra el agua y hay difusión de los gases del suelo que favorecen el desarrollo más vigoroso de las raíces de los cultivos siguientes:

4.- La materia orgánica fresca suministra alimento para los organismos del suelo. Algunos animales excavan en el suelo permitiendo así a las raíces abtener oxigeno y liberar el  $CO_2$  al irse desarrollando las plantas.

5.- Los residuos orgánicos sobre la superficie de el suelo reducen las pérdidas del suelo debidas a la erosión eólica.

6.-Las cubiertas de residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan al suelo más caliente en el invierno.

7.-Las pérdidas de agua por evaporación son menores cuando se dispone de residuos orgánicos en el suelo.

8.-La descomposición de la materia orgánica produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Estos nutrientes son liberados y satisfacen las necesidades de las plantas. Cuando las condiciones son favorables para una rápida liberación de nutrientes de la materia orgánica.

9.-Un suelo de alto contenido de materia orgánica tiene mayor capacidad de agua aprovechable que el mismo tipo de suelo con menos materia orgánica.

10.-La materia orgánica ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos atenuando los cambios químicos rápidos cuando se agregan los fertilizantes y/o la caliza.

12.-El humus (m.o. descompuesta) constituyen un almacen para los cationes intercambiables y aprovechables: K, Ca, Mg. Temporalmente, el humus también retiene el amonio en forma intercambiable y aprovechable.

13.-La M.O. tiene una función especial en hacer al fosforo más facilmente aprovechable en suelos acidos. - Al descomponerse la M. O. libera citratos, oxalatos, tartratos lactatos los cuales se combinan más facilmente con el Fe y el Al que con el P. El resultado es la formación de menos Fe soluble y fosfato de Al y la disponibilidad de más fosforo. (26).

### 2.3.5. El Humus.

La porción orgánica del suelo, con frecuencia denominada humus, es un producto de las actividades de síntesis y descomposición de la microflora. Es reserva alimenticia predominante debido a que contiene el carbono orgánico que se requiere para el desarrollo microbiano. (2).

Es la fracción activa de la M.O. del suelo. Para los suelos agrícolas se define como la porción bien descompuesta y estabilizada de la M.O. del suelo.

La relación C/N del humus agrícola es relativamente constante con valores de 10:1 a 12:1. El humus consiste en 3 principales grupos de compuestos orgánicos: la lignina modificada, la cual es muy resistente a la descomposición microbiana, las proteínas que están protegidas por la lignina y arcilla y los poliuronidos que son sintetizadas por los organismos del suelo. De este modo, el humus es un producto que resulta de la descomposición y síntesis de compuestos orgánicos. (26).

El humus existe en un estado dinámico, continuamente es degradado y reconstruido por los habitantes subterráneos a partir de los residuos de la vegetación del terreno. En terrenos que no han sido perturbados, el

contenido de M. O. permanece relativamente constante la modificación del habitat mediante el cultivo a las alteraciones en su aireación, cambian el contenido de humus hasta que el contenido original entre la taza de adiciones de carbono y la taza de su volatilización se restablezca. El humus debe considerarse como una porción del suelo compuesta por un grupo heterogeneo de sustancias - la mayoría de las cuales tienen origen y estructura química desconocida. (2).

## 2.5 Compost.

### 2.5.1. Generalidades.

Las basuras de los centros urbanos, constituidas por residuos de toda especie, pero sobre todo orgánicas y de origen vegetal, son a veces utilizadas como abonos ordinariamente, después de ser sometidos a un leve cernida para eliminar trozos de cerámica, de cristal, de metal, huesos, plásticos, etc. (3).

Zucconi, F y Bertoldi M. (37), lo definen como el producto estabilizado y saneado del composteo el cual es benéfico para el crecimiento de las plantas, ha ido desde un estado inicial y rápido de descomposición y estando en proceso de humificación.

A su vez ellos mismos definen al Composteo: como un proceso biooxidativo controlado que 1) envuelve a un sustrato orgánico heterogeneo en el estado sólido 2) evoluciona pasando a través de una fase termofílica y de una liberación temporal de fitotoxinas 3) dá lugar a la producción de bióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada (compost). Tiene el aspecto de una mantilla de color pardo negrusco, grato al tacto y de olor a tierra húmeda. Su contacto no ensucia ni es repelente, pudiéndose emplear sin necesidad de tomar precauciones de higiene, ya que durante su proceso de fabrica-



ción han sido totalmente eliminados los agentes patógenos nocivos. (24) .

Se trata de un proceso conocido desde la antigüedad y que era aplicado empíricamente en muchos lugares hasta que el Profesor Beccar estudió los fundamentos del método alrededor de 1930. En 1935 el Sr. Jean G Verdier proyectó las primeras plantas en Avignon y Cannes (Francia) plantas que en la actualidad siguen trabajando eficientemente bajo el nombre de "Celdas simotermicas Beccari Verdier". Más tarde, durante 1950 se inició una experimentación en la Universidad de California tratando de agotar el tema y evaluar en su totalidad las posibilidades del proceso (35) .

En las ciudades se consume la mayor parte de la producción agropecuaria y los residuos contienen una cantidad enorme de nutrientes. Pero el abono que se puede -- producir de éstos residuos tendría un contenido de nutrientes muy bajo, por ejemplo 1.2% de nitrógeno, y otro -- tanto de fosfato. El transporte y hasta la distribución de éste abono serian muy oneroso. Las ciudades deberían soportar casi todos los gastos para fabricar éste abono y venderlo a los agricultores a precios muy bajos, solamente así los agricultores vecinos, podrían interesarse en comprarlo. (27) .

A su vez André Gros 1976 dice que el objetivo no consiste en conseguir el máximo enriquecimiento de el humus estabilizado, sino aportar al suelo un volumen importante de materia orgánica "fresca" cuya descomposición rápida proporcionará una vida microbiana activa y permitirá obtener elevados rendimientos. La composta desempeña un papel muy importante en aquellas regiones donde no se cuenta con animales domésticos. (21).

Los horticultores en general prefieren el compost al estiércol de corral, también porque tiene un beneficio asegurado, la simplicidad de su uso y porque de ningún modo podría obtener suficiente estiércol de corral (33). La inmediata y total integración del compost proporciona al suelo la continuidad de su riqueza fertilizante, asegura su estructura y el equilibrio ideal en la composición de sus tres aspectos fundamentales: Físico, Químico y Biológico.

López Garrido, J. (24), recomienda aportaciones anuales de 10 a 20 toneladas por ha, pero cuando se trate de una primera aplicación en preparación de tierras, desmontes, nivelaciones, etc, o a determinados cultivos de huerta u otros muy exigentes en abonado orgánico, esta aportación puede ser bastante más elevada la que viene compensada por un mayor rendimiento y precosidad en la cosecha.

## 2.5.2 Elaboración del Compost.

El compost puede obtenerse de los desechos -- urbanos o a nivel de granja de los desechos agrícolas. Para la elaboración del compost la basura atraviesa por una serie de pasos en la Planta Industrializadora de desechos sólidos urbanos en la ciudad de Monterrey, N.L. - de la siguiente manera:

- 1.- Recepción. La basura se coloca en una banda móvil donde son separados manualmente los productos que no son fermentables (sustancias inflamables, piezas metálicas, piedras, vidrio, etc..) y aquellos que en alguna forma u otra son todavía aprovechables.
- 2.- Se muelen los productos restantes. La M.O. es triturada por medio de la acción de martillos - contra la parrilla.
- 3.- Se pasa a un cribado con el fin de obtener un material más puro.
- 4.- Se deja al aire libre, agregándole agua para -- que se desarrolle el proceso de fermentación. - Cada quince días se mueve el producto con el --

fin de que exista aereación, durante dos meses para su fermentación completa.

5.- Se para a un cribado final.

6.- Se lleva a cabo el envasado. La composta obtenida de la molienda final, se deposita en una tolva para su envasado.

El producto final es el compost que se vende actualmente en la Planta Industrializadora de Basura (en Monterrey, N.L.)

A nivel de granja el compost se puede preparar de la siguiente manera:

Se colocan los materiales en capas con la finalidad de regular hasta donde sea posible la proporción entre carbohidratos y proteínas. Los residuos vegetales que son mayormente carbohidratos; se colocan en capas de 15 cm de espesor. Arriba de esta se coloca una capa de estiércol de 10 cm (material proteico), sobre el estiércol se coloca una capa de suelo laborable de 4.5 cm. De esta manera se va constituyendo hasta alcanzar un montón de 1.5 a 1.8 m de altura. Cuando se añade un poco o ningún

estiércol a la pila de compost, se debe agregar fertilizante para estimular la rápida multiplicación de los microorganismos necesarios para el proceso de descomposición, debe esparcirse sobre cada capa de suelo, no aplicándose juntos el estiércol y el fertilizante. Se recomienda aplicar el superfosfato, ya que además de proporcionar fósforo, retiene una parte del amoníaco formado, cada capa se coloca en el rimerero de compost debe rociarse con agua, ésta ayuda al proceso químico de la hidrólisis. El aire también debe tener libre acceso a la masa para que se realicen los procesos aeróbicos y no los anaeróbicos que provocarían pérdida de nitrógeno.

Cuando los materiales orgánicos se descomponen, se reducen a un cuarto de su volúmen, esto hace que el compost, kilo por kilo, sea mucho más rico en elementos nutritivos que el estiércol de corral. (33).

### 2.5.3. Factores Que Afectan el COMPOSTEO.

Dado que el composteo es un proceso principalmente biológico, en el que la actividad microbiana juega un papel fundamental, las condiciones ambientales que afectan el desempeño de los microorganismos afectarán la velocidad y dirección de la descomposición de los materiales orgánicos.

### 2.5.3.1. Relación C/N

Desde el punto de vista práctico el factor de mayor importancia en la descomposición de la materia orgánica, es la cantidad de carbono en relación con la de nitrógeno. (25).

El contenido de carbono y nitrógeno se usa para calcular la relación C/N, que sirve como indicador del balance de nutrientes para los microorganismos. Wilson (1981) citado por Rubio, O. (30), reporta que valores arriba de 40 generalmente resultan en un mayor tiempo de composteo y valores menores de 15 generalmente traen como consecuencia que durante el composteo ocurran pérdidas de N por volatilización de amoníaco. (30).

### 2.5.3.2. pH

Otro factor que también afecta a los procesos biológicos es el pH. Estudios de laboratorio indican que el pH óptimo para composteo es de 6.5 a 9; algunos otros estudios extienden los límites de 5 a 11 (Wilson, 1981). Independientemente del pH inicial, el pH de una composta bien estabilizada generalmente es cercano a 7.0 (30).

Zucconi F. y Bertoldi M. (37), reportan que los va-

lores más comunes están en el rango de 6.5 a 8. La compatibilidad con el crecimiento de la planta está en el rango de 5.5. a 8.0 .

#### 2.5.3.3. Humedad.

El agua es esencial para los procesos metabólicos - de los microorganismos; contenidos de humedad menores de 35-40% pueden inhibirlos. La limitante superior depende del proceso de composteo (Wilson, 1981), citado por Rubio (30). La humedad es el segundo factor en importancia ya que un exceso de humedad, trae consigo problemas en la molienda, y la posibilidad de que la materia orgánica obstruya los conductos naturales de ventilación. Cuando el grado de humedad es bajo es necesario agregar agua, - pues de otra forma, al alcanzar el período termofílico, - la evaporación llega a ser tal que el contenido de agua no es suficiente para mantener el proceso.

#### 2.5.3.4. Aire.

Una porosidad uniforme así como un buen sistema de aereación sobre todo con volteos constantes, son factores necesarios para una efectiva oxidación de la composta. Wilson (1981) hace notar que la aireación provee de oxígeno a los microorganismos y remueve el calor a través

de la evaporación del agua y otros productos de la respiración como es el CO<sub>2</sub> (30).

#### 2.5.3.5. Temperatura.

El calor que se desprende como consecuencia de la respiración de los microorganismos aumenta la temperatura del material en composteo (Willson 1981). Conforme la temperatura aumenta, la actividad microbiana también aumenta hasta alcanzar un óptimo a los 55-60°C. Temperaturas mayores disminuyen la diversidad de especies de microorganismos y la descomposición se hace más lenta. A una temperatura determinada la producción y pérdida de calor pueden estar balanceadas, dependiendo del tamaño y forma de la pila de composta, aereación y disponibilidad de nutrientes para los microorganismos. Después de que los nutrientes más fácilmente digeribles son consumidos, la velocidad de descomposición baja, produciendo una disminución en la temperatura, lo cual también ocurre conforme la composta se estabiliza (30).

#### 2.5.4. Disponibilidad del Compost.

Actualmente la planta industrializadora de desechos sólidos urbanos de Monterrey ésta a punto de cerrarse pues entrara en funcionamiento el relleno sani-



tario en el municipio de Salinaş Victoria, N.L. a cargo de (SIMEPRODE) Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos. Por considerar que las instalaciones de la planta se encuentran en malas condiciones, no se lleva a cabo un adecuado control de calidad de compost y que no tiene mercado.

De cualquier manera, la planta almacena 15,000 ton. de compost y se vende a 6,500 pesos la tonelada.

#### 2.5.5. Composición Química.

La composición del compost varía según la -- procedencia de los materiales empleados, las costumbres, nivel de vida, etc.

Composición química del compost producido en la - -  
Planta Industrializadora de desechos solidos de Monte--  
rrey, Nuevo León.

#### ANALISIS QUIMICO

MATERIA ORGANICA	37.965
CARBONO	22.021
NITROGENO	1.895
FOSFORO	0.895
POTASIO	0.300
CALCIO	6.300
HIERRO	5.935
MANGANESO	0.078
pH	6.850

2.5.6. Efectos de la aplicación de compost en el me-  
joramiento de las propiedades físicas y quími-  
cas del suelo.

#### 2.5.6.1. Efecto Residual.

El efecto residual de la M.O., se debe a -- que las plantas solo aprovechan una parte de los nutrientes el primer año.

El efecto residual de la M. O., se debe en gran parte a la lenta descomposición y aprovechabilidad de éste sustrato, por parte de la flora microbiana, además menciona que una aplicación sistemática de M. O., establece el humus, el N. P. K. y elementos en el suelo. - (25). En climas calidos existe mayor actividad biológica y la descomposición es tan grande que los residuos orgánicos se mineralizan muy rápidamente, por lo tanto su -- contenido de humus es muy bajo. Varios autores, señalan que la M. O. además de aportar directamente nutrientes - al suelo, los mantiene en forma aprovechable y su efecto benéfico del abonado orgánico sobre el rendimiento de -- las cosechas puede prolongarse por varios años después - de su aplicación al suelo. (31).

#### 2.5.6.2 Efecto en la Estructura del Suelo.

La aplicación de grandes cantidades de M.O. produce un notable incremento en la agregación del suelo inmediatamente después de ser incorporada. Sin embargo - la efectividad de ésta agregación depende de la cantidad

de material incorporado, pues material fácilmente degradable agrega rápidamente, pero su efecto es poco durable y material de lenta descomposición, aunque requiere de más tiempo para actuar su acción más durable (10) Elizondo S., D. Rubio.

En suelos abonados se incrementa la cantidad de suelo separado por la lluvia simulada, decrece la dureza de la costra formada por las gotas de lluvia. Sin embargo, las grandes partículas separadas en los suelos abonados son muy estables en agua y no se arrastran con facilidad. La pobre formación de costra y el aumento de agregados estables en agua, conduce a mantener el suelo en la superficie abierta en la entrada de agua. La correcta estructura-derivada de un adecuado complejo arcilloso-húmico, se obtiene mediante la adición de materia orgánica.- Un suelo fértil debe contener un mínimo del 3 al 4 % de ésta. Aporta a los suelos de cultivo el humus básico -- propio de todo terreno esponjoso, de buen laboreo, que retenga adecuadamente la humedad, tanto en tierras muy pesadas-arcillosas-(a las que hace más sueltas) como en tierras excesivamente ligeras-arenosas-(en las que elimina su excesiva porosidad).

### 2.5.6.3. Efecto Sobre la Infiltración.

La captación de humedad, se relaciona con la estabilidad estructural, el aumento en la cantidad de -- agregados estables al agua conducen a mantener la superficie del suelo abierta a la entrada de agua. La aplicación de M.O. no sólo aumenta la infiltración sino que -- también disminuyen la evaporación del agua del suelo. La M.O. funciona como retardador de la evaporación, especialmente cuando se aplica a la superficie, por lo que -- su uso puede permitir un mejor y más eficiente aprovechamiento del agua captada por el suelo .

#### 2.5.6.4. Efecto Sobre el Contenido de Nutrientes.

La materia orgánica proveniente del compost - al descomponerse en el suelo, trae como consecuencia la liberación de los siguientes elementos: nitrógeno, fósforo, azufre, carbono, magnesio, fierro, cobre, zinc, molibdeno y boro, así como la formación de ácidos orgánicos indispensables para otras reacciones del suelo y fijación de algunos elementos. (35). La incorporación de M.O. al suelo, aumenta la efectividad de la fertilización química, sobre todo en suelos calcáreos y donde existe una notable pobreza de nutrientes asimilables. La materia orgánica sirve como aportador de nutrientes y mejorador de la condición nutritiva del suelo. Por lo que tiene una importancia indiscutible para resolver las deficiencias de elementos en aquellos suelos que por sus condiciones de clima y origen, la fertilización química no es efectiva.

#### 2.5.6.5. Efecto Sobre la Capacidad de Intercambio de Cationes.

La materia orgánica es responsable, quizá más que cualquier otro factor de la estabilidad de los agregados en el suelo. Generalmente se considera que por lo menos un 50% de la capacidad total del intercambio, depende de la materia orgánica, así como del 80% del intercambio de gases. (5).

Afirma Millard (25) que la capacidad de intercambio de cationes del humus es una de las propiedades más valiosas, ya que por ella retienen los iones que sirven para la nutrición y hacen posible su absorción para la planta.

### 2.5.7. Otros Beneficios del Uso del Compost.

Aumenta el rendimiento de los abonos químicos al obtenerse una adecuada estructura del suelo, se consigue - una mayor capacidad de uso de los fertilizantes minera--les. Los suelos arcillosos-compactos superan los fenóme--nos de bloqueo de nutrientes, adquiriendo éstos la nece--saria movilidad para la alimentación vegetal. Los terre--nos arenosos-porosos se hacen mas agregados, elevando su capacidad de retención de agua, y evitándose los peligrosos lavados y pérdidas por arrastre de los principios --nutritivos. En tierras excesivamente calizas, la materia orgánica se agrega a la cal, dando progresiva movilidad, en especial a los micronutrientes bloqueados, venciéndose paulatinamente los problemas producidos por clorosis y carencias de oligo elementos. (24).

Favorece la Proliferación de la Flora Microbiana.

López, G.J. (24), menciona que un suelo carente de flora microbiana es un suelo inerte y por lo tanto no es tierra de cultivo. La base de la fertilidad la constituye una activa flora, compuesta por microorganismos beneficiosos para los procesos del suelo (bacterias, hongos, actinomicetos, etc.).

La mineralización de un suelo y la consiguiente -



destrucción de su flora microbiana se produce:

- Por el uso exclusivo y excesivo de abonos minerales, -  
en cultivos en los que no se incorporan los restos de -  
cosecha, ó estos son insuficientes.
- Por la desaparición de la materia orgánica, base de --  
proliferación y alimento de microorganismos componentes  
de la flora microbiana.

Aporta el sustrato adecuado para la intensa y pro-  
longada vida microbiana. Mediante el empleo equilibrado-  
del compost y de los necesarios abonos químicos, se ob--  
tienen las mejores cosechas sin que los suelos acusen la  
fatiga característica de una fertilización desequilibra-  
da y poco racional. (24) .

#### 2.5.8. Combinación del Compost con Fertilizantes Químicos.

El bajo contenido de nitrógeno los materiales que entran en la formación de compost puede retardar grandemente la velocidad con que se efectúe la descomposición y por ésta razón, muchos de los que preparan compost, --añaden cierta cantidad de fertilizante nitrogenado. (25) Este proceso de destrucción puede ser acelerado añadiendo nitrógeno (fertilizante) para suplir las necesidades de la planta y microbios. Las bacterias (u hongos) usarán cualquier otro nitrógeno disponible en el suelo. Las --plantas que crecen en el suelo con estas condiciones serán deficientes en nitrógeno por causa de los microorganismos que por ser mas y estar en mas contacto usan el --nitrógeno disponible antes que lo puedan hacer las raíces de la planta. (8).

La incorporación del nitrógeno a compuestos orgánicos también puede ocurrir en medios ambientes naturales. En el caso de formación de sustancias húmicas el N juega un papel de gran importancia la cual es resumida de la --siguiente manera:

- a) Acelera la formación de sustancias húmicas, como lo demuestran los trabajos de Novak (1972), Wojcik (1972), Ozbek (1977), Flaig (1982) y Stevenson (1982).

b) Aumenta la cantidad de sustancias húmicas formadas, participando además en su estructura, según Ozbek (1977).

c) Aumenta la resistencia de las sustancias húmicas a la bio degradación, como la señala Frey - tag e Igel (1972) y Novak (1972). (30).

La relación C:N tiene mucha importancia en la agregación de fertilizante químicos al compost, pues determina la cantidad de N que debe agregarse a éste. El factor nitrógeno es un término conveniente para expresar el grado en el cual un material se encuentra deficiente en nitrógeno para su descomposición. Los materiales con relaciones muy bajas son relativamente ricos en nitrógeno - mientras aquellos con relaciones más amplias son bajos en nitrógeno. Los residuos orgánicos con una relación baja, menor de 15 a 20, por lo general tienen suficiente nitrógeno, para satisfacer los requerimientos de la microflora en descomposición. Cuando éstos materiales se incorporan un poco antes de la siembra de un cultivo, se puede presentar una competencia por el nitrógeno entre los cultivos y la microflora. (25) .

### 2.5.9. Aspectos Ecológicos del Compost.

La producción y utilización del compost tiene una importancia ecológica especial, pues al aprovechar los desechos domiciliarios (basura) industriales, agrícolas etc. se cumple con la tendencia de Reciclar la energía. Desde cualquier punto de vista el devolver a la tierra en forma de abono lo que nos dió en forma de alimento es muy lógico usar la basura y los desechos en vez de incinerarlos, enterrarlos o simplemente depositarlos en un lugar.

Salvo excepciones la mayoría de los países no cuenta con programas de aprovechamiento de basuras ni de aguas negras. La disponibilidad de éstos desechos son importantes como para pensar en su aprovechamiento. La contaminación ambiental derivada de la falta de tratamiento de éstos desechos llega a ser muy elevada en algunas ciudades. En todos los países existen grandes cantidades de subproductos orgánicos de diversas fuentes susceptibles a transformarse y a utilizarse como abonos orgánicos; sin embargo su utilización es mínima, debido entre otras cosas a la carencia de técnicas eficientes para la elaboración, recolección y uso de estos materiales. El gran desarrollo de la industria de abonos químicos a marginado poco a poco la utilización de materias orgánicas como fertilizantes. Los fertilizantes químicos

20 a 100 veces mas concentrados en los elementos NPK que los abonos orgánicos.

Con la marginación y el desplazamiento de los abonos químicos, entró el problema de manejo de los desechos y residuos poco a poco éstos se convirtieron más bien en un peligro ambiental que en un recurso. Más que una carga, los residuos orgánicos deben de verse como un recurso inagotable. En el mundo de hoy, tanto en los países ricos como en los pobres, no hay otra alternativa que la utilización de todos los residuos orgánicos disponibles. La quema de los desechos y residuos es una doble pérdida: se quema un recurso utilizable con un recurso en vías de agotamiento (petróleo) y la consiguiente contaminación del aire con el humo.

Existen en varias ciudades de México (México, Guadaluajara, Monterrey y Toluca) sistemas de compostaje de basura urbana. Estas compostas, aunque de buena calidad, no son utilizados en su totalidad debido al alto costo del producto que lo limita al uso horticola en cultivos muy remunerativos. Además solamente se procesa el 10% de la basura total producida. El resto, previa selección manual de materiales de reciclaje (latas, vidrio, papel) es quemado, acumulado en depresiones o enterrado en rellenos sanitarios. (12).

### III.- MATERIALES Y METODOS:

#### 3.1 Localización del Experimento.

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo -- agrícola experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León ubicada en el Km. 17- de la carretera Zuazua-Marín, en el municipio de Marín, - N. L., con una elevación de 375 m s n m y por su situa-- ción geográfica corresponde a las coordenadas 25°53' latitud Norte y 100°03' longitud Oeste.

#### 3.2 Clima y Suelo.

Según el sistema de Koppen, modificado por Enriqueta García (1973) el clima imperante es el siguiente:

$$B S_1 (h') h x' (e')$$

Donde:

$BS_1$  = Clima seco o arido, precipitación anual prome-- dio de 573 mm. distribuidos principalmente en verano, -- siendo éste el clima menos seco de los climas BS.

(h') h = Temperatura promedio anual sobre 22° C y ba-- jo 18° C la temperatura promedio del mes más frio.

X' = El régimen de lluvias se presenta como interme--

dia entre verano e invierno con un porciento de lluvia -  
invernal mayor al 18%.

(e') = Muy extremoso, oscilación anual de temperaturas  
medias mayor de 14°C. El tipo de suelo es calcáreo, -  
arcilloso, café muy claro con un pH de 7.5 (bajo en M.O)  
son suelos pobres o moderadamente pobres y ligeramente -  
alcalinos.

### 3.3. Descripción del Experimento.

Preparación del terreno: Primeramente se dió -  
un paso de rastro con el fin de incorporar al suelo los  
residuos de cosecha, y las plantas nocivas, después se -  
llevó a cabo un levantamiento topográfico, para determi-  
nar la pendiente del terreno para trazar en forma adecuada  
surcos y regaderas.

Aplicación del compost y nitrógeno: Dos semanas an-  
tes de la siembra se realizó la aplicación del compost y  
la urea en bandas en la costilla del surco, tapándose --  
con tierra.

Siembra y Cultivo: El riego para la germinación se  
realizó 3 días después de la siembra que fué el 8 de Marzo,  
la siembra se hizo a chorillo, depositando la semilla  
en el fondo del surco, calculándose una densidad de 375  
mil plantas/ha. Cuando las plantas medían 20 cm de altu

ra (40 días después de la siembra), se realizó el aclareo con el fin de dejar una densidad de población de 250 mil plantas/ha .

El lote experimental tuvo 7 tratamientos con 3 repeticiones. (ver figura 1).

Ataque de Plagas: Se presentaron poblaciones de Mosca Midge (Contarinia sorghicola); para esto se realizaron 2 aplicaciones de insecticida, utilizando una mezcla de Diazinon y Lorsban.

También se pudo controlar el ataque de pájaros con los servicios de un pajarero durante la maduración del grano.



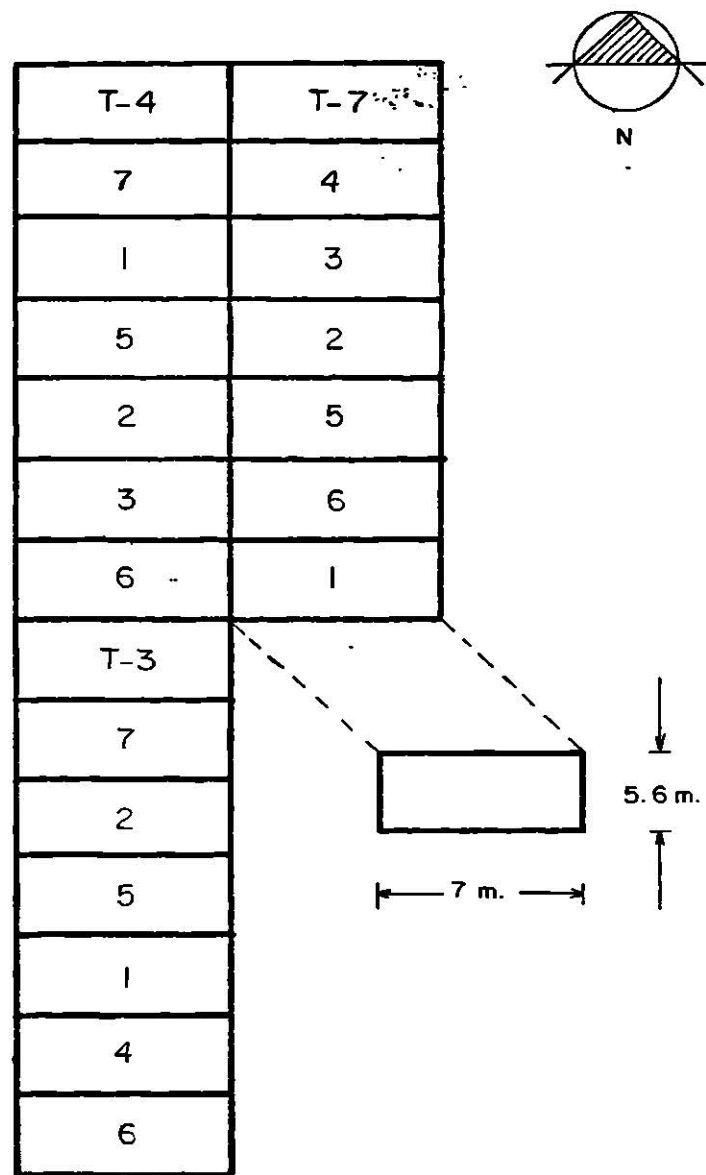


Figura 1. .- Croquis del experimento.

Tabla 1 Labores realizadas durante el experimento.

Fecha	Días Transcurridos	Labor Realizada
06 Marzo 87	-12	Aplicación de Compost y Urea
18 Marzo 87	0	Siembrá.
18 Marzo 87	0	1er. Riego
28 Marzo 87	10	Plantulas Emergidas
09 Abril 87	21	2do. Riego
25 Abril 87	37	Deshaije
30 Abril 87	42	1er. Toma de Datos.
18 Mayo 87	60	2do. Toma de Datos.
27 Mayo 87	69	1er Aplicación V.S.Mosca Midge
31 Mayo 87	73	2do. Aplicación V.S.M.Midge.
08 Mayo 87	81	3er Riego
25 Mayo 87	98	Muestreo del Suelo.
02 Junio 87	105	3er Toma de Datos.
08 Junio 87	111	Cosecha.

Las labores realizadas durante el experimento se pueden ver en la tabla #1.

Malezas: Se controló manualmente la incidencia de polocote (Heliantus annus L.), durante el desarrollo del cultivo.

Cosecha: se inició el día 8 de Junio, manualmente cortando las panojas de la parcela útil, 5 surcos de 80 cm de ancho y 6 m de largo que dan una área de 24 m<sup>2</sup>.

#### 3.4. Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, cada uno con 7 tratamientos. Con un arreglo factorial San Cristóbal de 2 factores (ver figura #2). Este diseño fue desarrollado por el Dr. Basilio Rojas como una modificación de los diseños compuestos de box, ya que estos últimos no eran enteramente satisfactorios en pruebas de fertilización en la agricultura.

Está formado por dos factores, cada una con 4 niveles, dando 16 posibles combinaciones de tal manera que se eliminan 9 y quedan 7 tratamientos. En la tabla #2 se pueden ver los dos factores compost, con sus 4 niveles y nitrógeno con sus cuatro niveles.

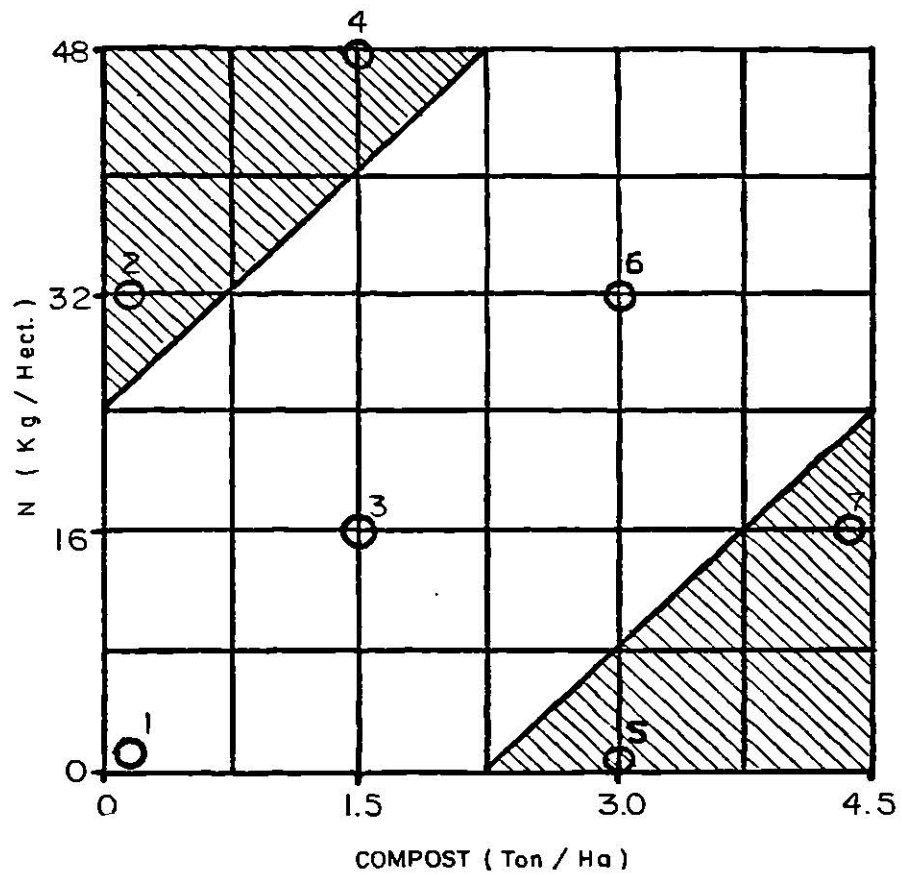


Figura 2.- Distribución de los tratamientos según el diseño San Cristobal.

Las hipótesis estadísticas planteadas son las siguientes:

Ho: No existe diferencia significativa por efecto del Compost sobre las propiedades químicas del suelo y la producción de sorgo.

Hi: Existe diferencia significativa por efecto del compost sobre las propiedades químicas del suelo y la producción de sorgo.

$$\text{Modelo Propuesto } YK = B_0 + B_1c + B_2N + B_3c^2 + B_4N^2 + B_5cN + eK.$$

Donde:

YK = Media del K-esimo tratamiento.

B<sub>0</sub> = Constante paramétrica.

B<sub>1</sub> = Efecto Lineal del compost.

B<sub>2</sub> = Efecto Lineal del Nitrógeno.

B<sub>3</sub> = Efecto cuadrático del compost.

B<sub>4</sub> = Efecto cuadrático del Nitrógeno.

B<sub>5</sub> = Efecto de la interacción compost-Nitrógeno.

c = Compost.

N = Nitrógeno.

eK = Error aleatorio de la media del K-esimo tratamiento.

Tabla # 2 Dosis de Compost y Nitrógeno correspondientes a cada tratamiento.

Tratamiento.	Compost (Ton/ha)	Nitrógeno (K/ha)
1	0	0
2	0	32
3	1.5	16
4	1.5	48
5	3.0	0
6	3.0	32
7	4.5	16

### 3.5. Recolección de Datos.

#### 3.5.1. Variables con Respecto al Suelo.

El contenido de materia orgánica (M.O.) se obtuvo - al final del ciclo de dos muestras obtenidas de la parcela útil, a dos profundidades 0-15 cm y 15-30 cm suelo y subsuelo respectivamente.

Estas muestras se obtuvieron con la barrena de caja y sirvieron para la determinación de las otras variables del suelo.

Reacción del suelo (pH): Los datos se obtuvieron de las mismas muestras, en suelo y subsuelo, la determinación fué hecha por el potenciámetro digital marca Corning Modelo 105.

Los microelementos: Estos también fueron analizados de las muestras de suelo a profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm en el espectrofotómetro de absorción atómica del laboratorio de suelos de la FAUANL, teniendo como base las curvas de absorvancia para obtener los niveles correspondientes en ppm ver figura 3 y 4 para Cu y Fe y para Zn y Mn ver figura 5 y 6.

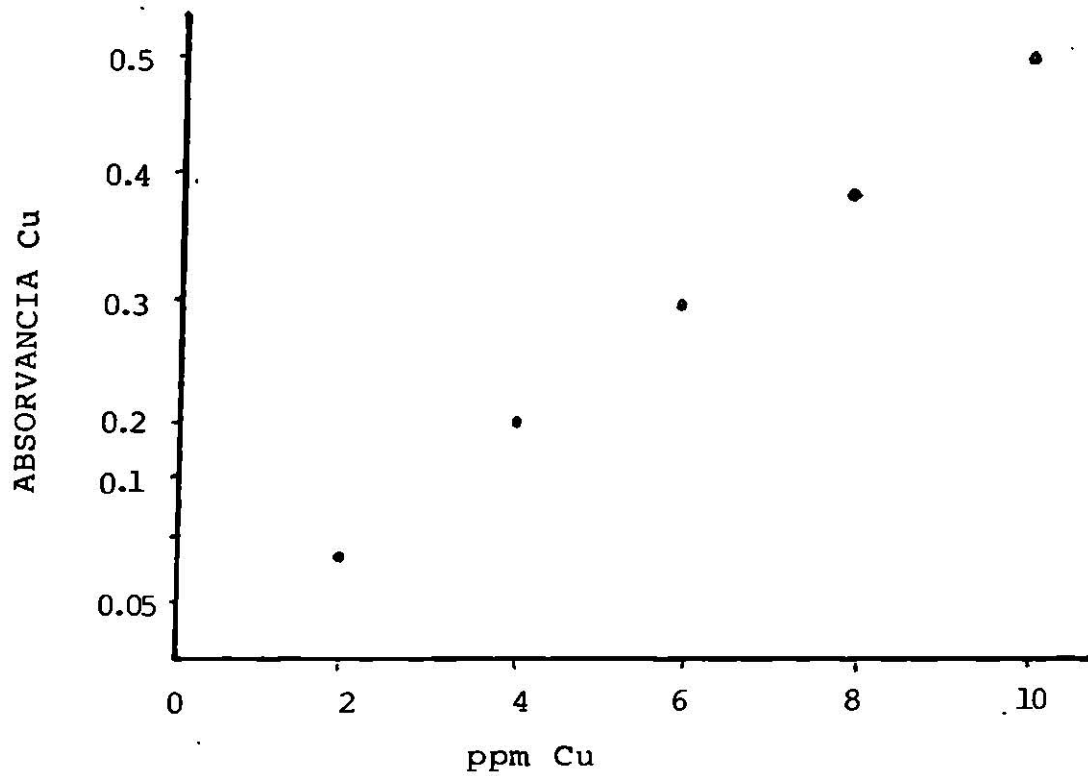


Figura 3.- Curva de absorvancia de Cu.

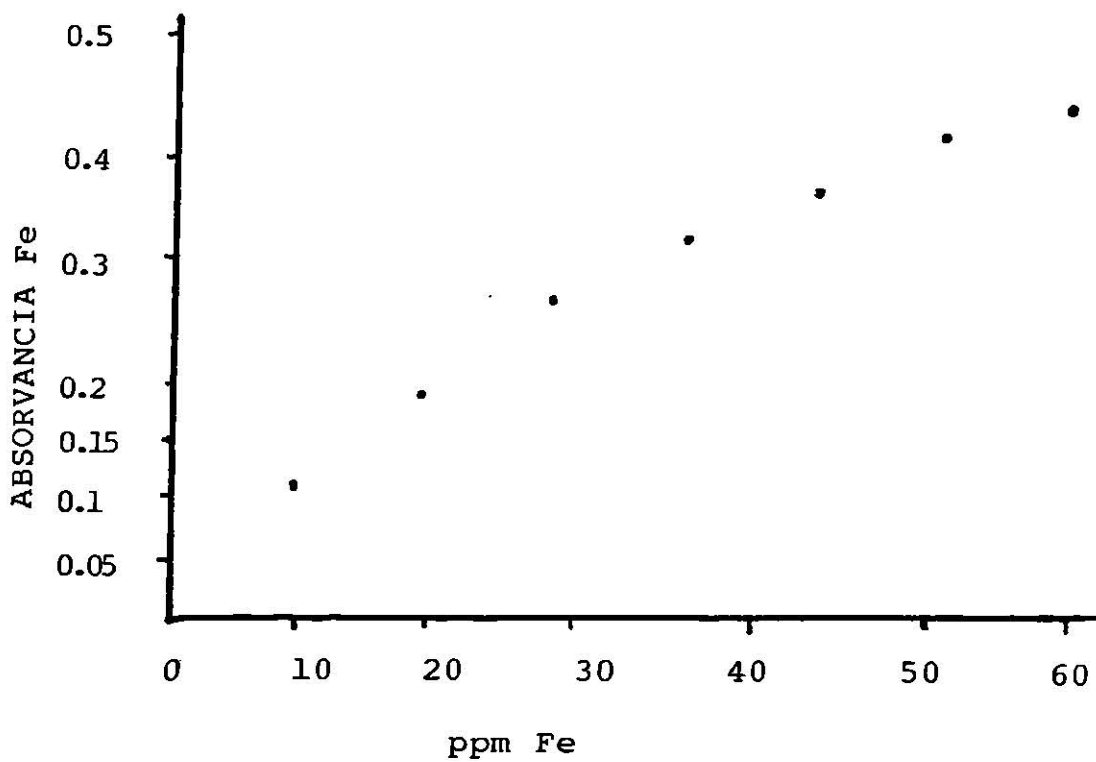


Figura 4.- Curva de absorvancia de Fe.



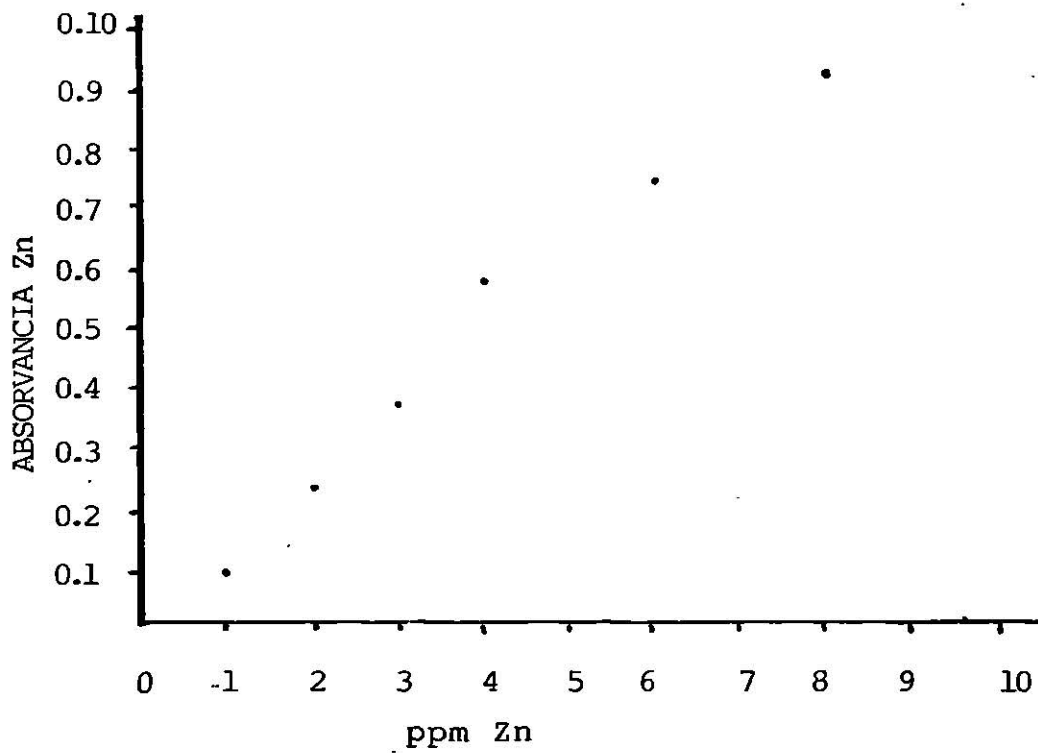


Figura 5.- Curva de absorvancia para Zn.

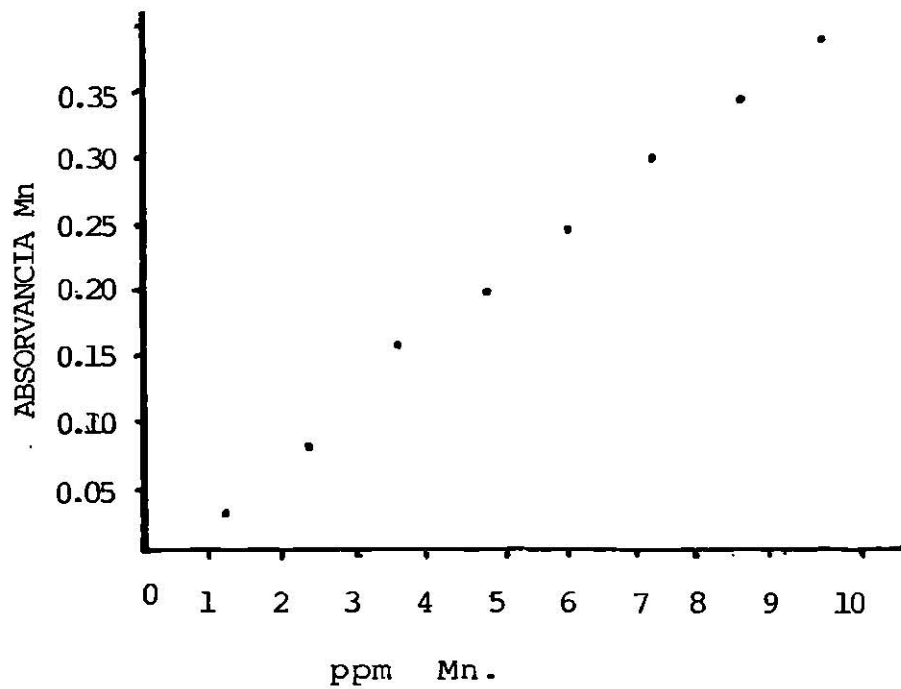


Figura 6.- Curva de absorvancia para Mn.

### 3.5.2. Variables con Respecto a la Planta.

Rendimiento de grano en Kg/ha (RG). Esta variable se obtuvo pesando el grano de todas las plantas cosechadas de la parcela útil, el resultado obtenido se transformó a ton/ha.

Número de panojas por hectárea (NP). Esta variable se obtuvo al realizar un conteo del número de panojas de todas las plantas que se tenían en un metro cuadrado determinándose en cada una de las parcelas experimentales.

Toneladas de materia seca por hectárea (MS). Se obtuvo pesando en el terreno las plantas deshidratadas al sol de un metro cuadrado y transformando el dato a hectáreas.

Altura de la planta: Se tomaron las alturas en tres ocasiones a los 42, 60 y 111 días, midiendo desde la base de la planta, hasta la parte mas alta de la curva que hace la hoja bandera, se hicieron con regla de madera, para cada unidad experimental, tomándose al azar 10 plantas con competencia completa.

Largo de la panoja mas excersión: Este dato se obtuvo midiendo con regla la longitud desde el cuello de la hoja bandera hasta la punta de la panoja, en 10 plantas

al azar con el requisito de competencia completa.

#### IV RESULTADOS Y DISCUSION.

##### 4.1. Descripción de Tendencias Generales.

En las tablas # 3 y 4, se pueden observar las variables estudiadas junto con sus valores promedio, mínimos y máximos, la desviación standard y el coeficiente de variación. Son 7 las variables de la planta y 12 las del suelo. La primera: rendimiento de grano nos indica un mínimo de 3,437 K/ha y un máximo de 5,562 Kg/ha con una media de 4,407 K/ha teniendo un coeficiente de variación de 20.8 %. El número de panojas tiene una media de 174,761 con un mínimo de 126,375 a 247,500 panojas/ha de máximo y con un coeficiente de variación muy similar al anterior 21%. La materia seca va desde un mínimo de 250 -- Kg/ha a un máximo de 4,812.5 Kg/ha con una media de 3394 Kg/ha y con un coeficiente de variación de 27%. De las alturas de planta la primera es la que muestra un C.V. alto de 21% mientras que las dos posteriores muestran valores de 6 y 8% respectivamente, ésto debido a la variabilidad de altura a los 42 es mayor que a los 60 y 111 días. La longitud de la panoja tiene una media de 48 cm, oscilando entre los 43 y 53 cm por eso muestra un C.V. bajo de 5%. La materia orgánica tiene una correspondencia lógica en las medias siendo mayor en el suelo que en el subsuelo mientras que en los mínimos nos muestra lo contrario y en

los máximos muestra solo una ligera superioridad de cantidad, ésto quizás debido a las bajas dosis de aplicación del compost que no modificarón sus valores. En el caso del pH se mantiene muy estable con respecto a los valores testigos que son de 7.5 en el suelo y 7.4 en el subsuelo teniendo un promedio general de 7.4 y 7.3 respectivamente y por lo tanto con un C.V. bajo.

El cobre tiene un promedio de 4.15 ppm en el suelo y de 3.9 en el subsuelo y en el suelo con un mínimo de 2.26 ppm y máximo de 5.16 ppm siendo muy similares en el subsuelo y teniendo 18 y 19% de C.V. respectivamente. El fierro muestra valores promedios de 17 y 18 ppm, también tiene una cantidad similar en el suelo y en el subsuelo que va de 10.4 en mínimo y 28 ppm como máximo y con valores de 29 % de C.V. en el suelo y 24% en el subsuelo. En el caso del Zn los valores promedio son de 3.4 para el suelo y 3.6 ppm para subsuelo se puede ver mayor variabilidad en el subsuelo y por lo mismo muestra un valor mayor en el C.V. En el manganeso ocurre lo mismo que con el elemento anterior por que muestra un valor mayor en el subsuelo de 7.9 ppm y de 6.5 ppm en el suelo y con un C.V. de 25% en el suelo y mucho mayor en el subsuelo 52.7 esto muestra una gran variabilidad en el rango que va de 4.6 a 24.1 ppm en el subsuelo.

#### 4.2. Análisis de Varianza.

De acuerdo a los objetivos trazados en el experimento en primera instancia se planteó la determinación del efecto del compost aplicado en bandas. En los resultados se encontró que no hubo diferencia significativa en ninguno de los análisis de varianza de las variables estudiadas, esto quizá debido a que las dosis de compost y nitrógeno no fueron lo suficientemente grandes para alcanzar una diferencia significativa, también se debe tomar en cuenta que inicialmente la determinación de éstas dosis fué para observar las respuestas a nivel de microelemento, pero siendo insuficientes las dosis incluso para éstos. En segunda instancia, se planeó determinar los cambios ocurridos en las propiedades químicas del suelo y su repercusión en la planta por la aplicación del compost. Por lo anterior se realiza un análisis de regresión que se describe en el siguiente punto.

Tabla #3 Resumen de los Principales Parametros Estadísticos de las Variables Estudiadas.

VARIABLE	X GENERAL	MINIMO	MAXIMO	DES.SID	COEF.VAR
gl					
RG	4407.362	3437.500	5562.500	919.540	20.887
NP	174,761.906	126,375.000	247,500.000	36,786.164	21.049
MS	3,394.033	250.000	4,812.500	940.877	27.721
AP1	28.657	20.100	50.700	6.019	21.003
AP2	71.138	62,500	80.100	4.538	6.379
AP3	79.090	64.400	86.600	6.524	8.248
LP	48.633	43.200	53.000	2,640	5.428
MO1	2.049	1.310	2.620	0.349	17.032
MO2	1.961	1.660	2.830	0.276	14.074
pH1	7.424	7.200	7.600	0.100	1.346
pH2	7.376	7.200	7.600	0.089	1.206
Cu1	4.150	2.260	5.160	0.761	18.337
Cu2	3.951	2.260	5.350	0.768	19.438
Fe1	17.471	10.460	28.150	5.175	29.620
Fe2	18.150	12.000	28.920	4.367	24.060
Zn1	3.444	3.277	4.570	0.839	24.361
Zn2	3.619	1.350	6.080	1.616	44.653
Mn1	6.503	4.600	11.000	1.636	25.157
Mn2	7.933	4.600	24.130	4.187	52.779

Tabla # 4 Resumen de los análisis de varianza de las --  
variables estudiadas.

Variable	SCInto.	SCError	Fcal	Sig	X Gral	C.V.
gl						
RG	2004367.250	9996471.000	0.401	N.S	4402.36	20.732
NP	7900893184.000		1.175	"	174761.91	
MS	3513404.250	11433799.000	0.615	"	3394.03	28.76
AP1	245.665	384.855	1.277	"	28.66	19.759
AP2	79.550	280.936	0.761	"	71.14	5.865
AP3	152.965	384.176	0.796	"	79.09	7.154
IP	41.620	39.72	2.096	"	48.63	3.741
MO1	0.701	1.482	0.946	"	2.05	17.10
MO2	0.246	1.202	0.406	"	1.96	16.12
pH1	0.038	0.159	0.479	"	7.42	1.535
pH2	0.051	0.106	0.973	"	7.38	1.286
Cu1	3.766	5.723	1.316	"	4.15	16.642
Cu2	2.847	5.934	0.960	"	3.95	17.789
Fe1	203.527	306.906	1.326	"	17.47	28.946
Fe2	97.056	273.653	0.709	"	18.15	26.310
Zn1	6.560	7.389	1.776	"	3.44	22.789
Zn2	4.875	46.768	0.208	"	3.62	0.545
Mn1	12.722	38.317	0.664	"	6.50	27.478
Mn2	100.017	217.838	0.918	"	7.93	58.125



#### 4.3. Análisis de Correlación y Regresión.

Análisis de Correlación: Las variables que se registraron en el suelo y planta fueron sometidas a un análisis de correlación, los resultados se presentan en la tabla #5.

Se encontró una alta correlación de  $r=0.51$  entre el rendimiento del grano y número de panojas, ésta se explica porque a un mayor número de panojas se incrementa la cantidad de grano sin determinar el tamaño de la panoja. La segunda correlación significativa, también se refiere al rendimiento de grano y nos indica que aumentará a medida que aumente la materia seca con una  $r=0.54$ . El rendimiento también está altamente correlacionado con la altura de planta a los 111 días teniendo una  $r=0.60$ . El número de panojas está altamente correlacionado con la cantidad de materia seca con un valor de correlación de  $r=0.43$ . La materia seca también está altamente correlacionada con la altura de planta a los 111 días con una  $r=0.43$ . También se indica en esta tabla que la longitud de la panoja tiene una correlación con la altura de la planta a los 60 y a los 111 días con valores de  $r=0.48$  y  $r=0.55$  respectivamente.

El Cu en el subsuelo tiene una alta correlación con la altura de planta a 42 y 60 días, con valores de  $r=0.44$  y  $r=0.41$  respectivamente, es decir, que puede depender la altura en etapas primarias del cultivo, de la canti--

dad de éste elemento en el suelo mostrando una correlación positiva. Lo mismo ocurre con otros microelementos: el Zn en el suelo, que tiene una correlación positiva -- con la altura de la planta a los 42 días.

Se muestran también cuatro parejas de variables que no tienen una lógica de correspondencia, pero que sin embargo, tienen un alto valor de correlación como son; la materia orgánica con el Mn en el suelo con un coeficiente de correlación negativo de  $r=-0.48$ , es decir, que a medida que aumenta la cantidad de MO en el suelo, disminuye la cantidad de Mn. El pH en el suelo guarda también una correlación negativa con el Cu en el suelo. El Cu -- tiene una correlación de 0.45 con el Zn ambos en el sub suelo. y el cobre con el manganeso tienen un coeficiente de correlación negativo de  $r=-0.44$  ambos en el suelo.

#### Análisis de Regresión.

De las parejas de variables con coeficiente de correlación significativa, se obtuvieron las siguientes regresiones: la primera de las regresiones (ver figura 7 y cuadro 6) es entre el rendimiento y el número de panos, con un valor de  $R^2=37\%$  . La figura 8 y tabla 6 nos muestran también como el rendimiento está relacionado -- con la materia seca con un valor de  $R^2=36\%$  . En la figura 9 se muestra la alta correlación que existe entre el rendimiento por efecto de la altura de planta a los 111 días teniendo una  $R^2=26\%$  un máximo en la curva se puede

observar en la figura 10 en que los kilogramos de materia seca al ser de 3,763 por hectárea corresponden a una altura de 82 cm a los 111 días y posterior a esa altura, bajan.

La última de las regresiones, muestra como aumenta la longitud de la panoja por efecto de la altura de la planta a los 60 días teniendo la curva un punto máximo a los 53.84 cm de longitud de panoja cuando la altura de la planta es de 74 cm. (ver figura 11).

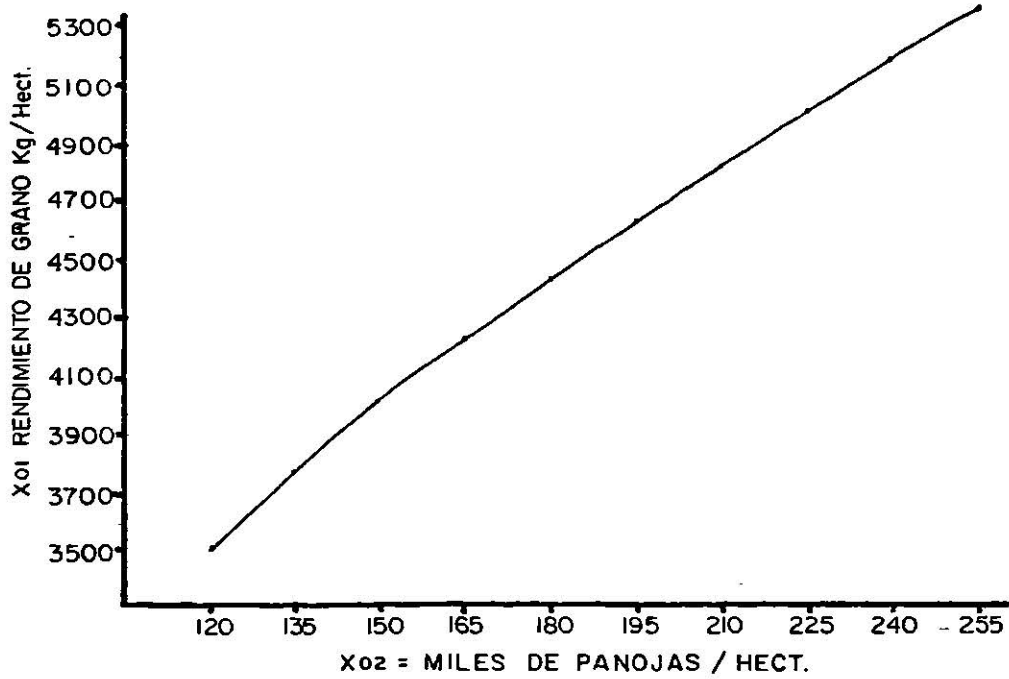


Figura 7.- Gráfica de regresión entre ...

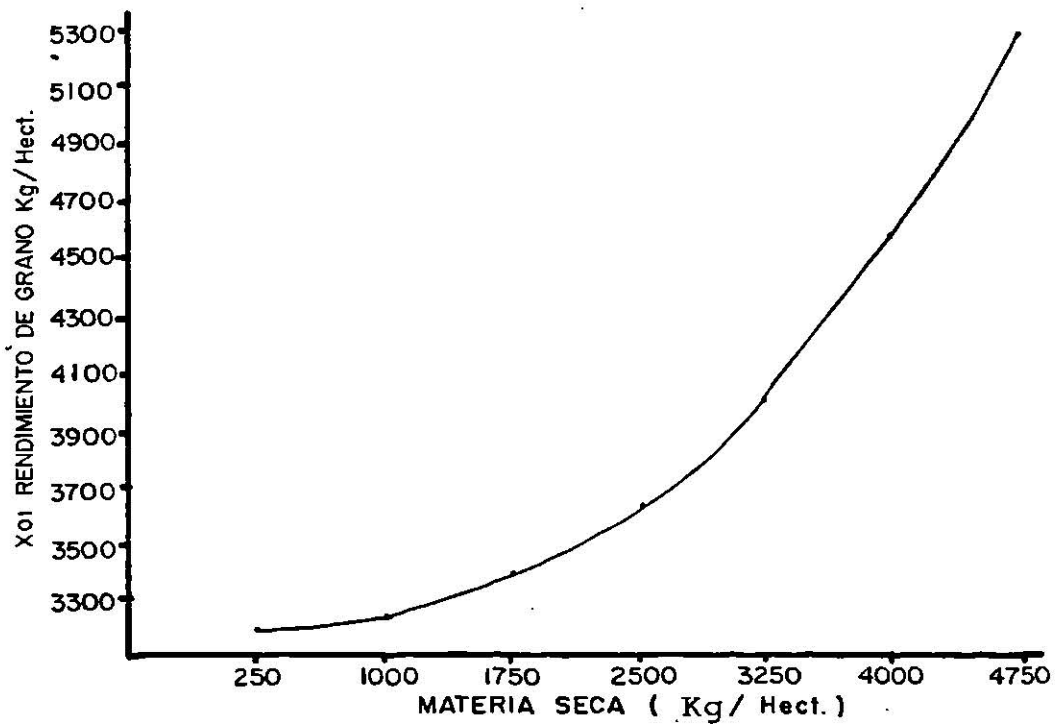


Figura 8.- Gráfica de regresión entre ...

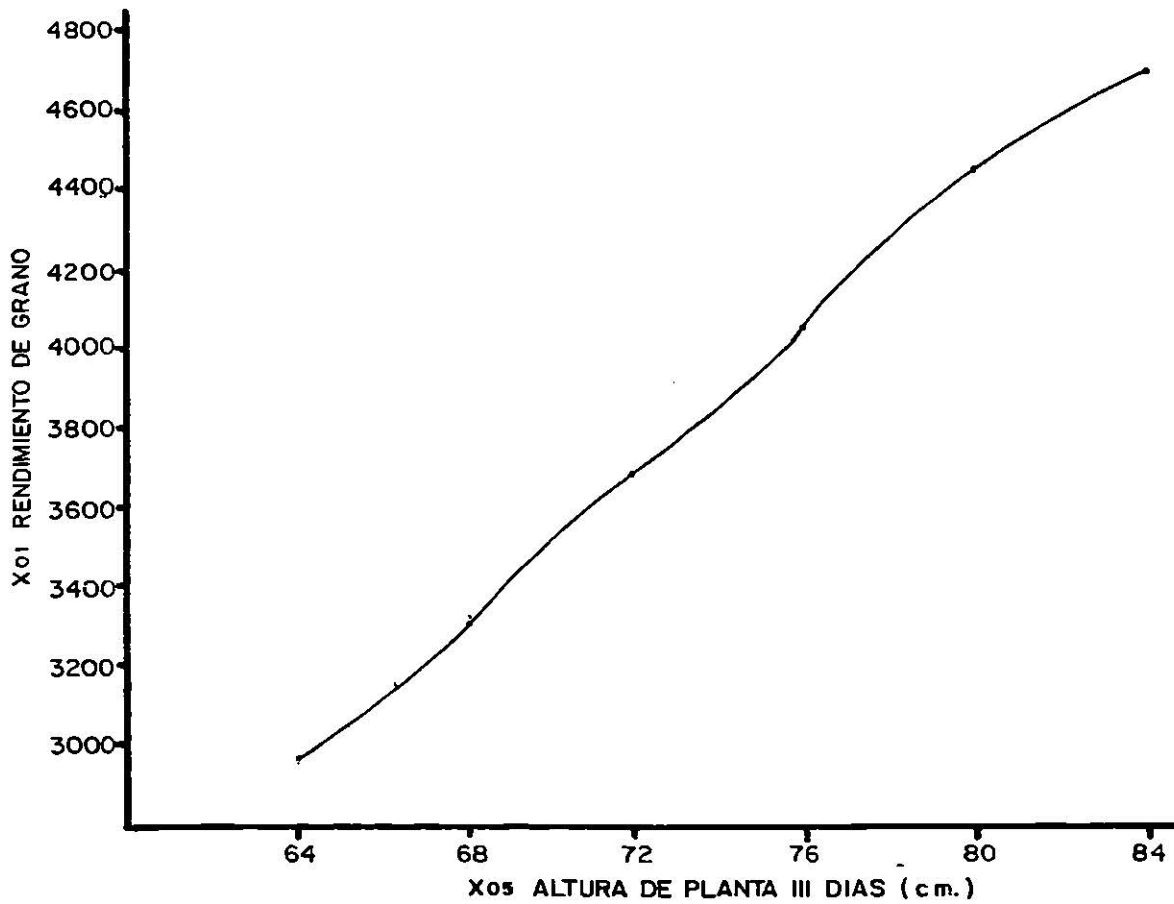


Figura 9.- Gráfica de regresión entre ...

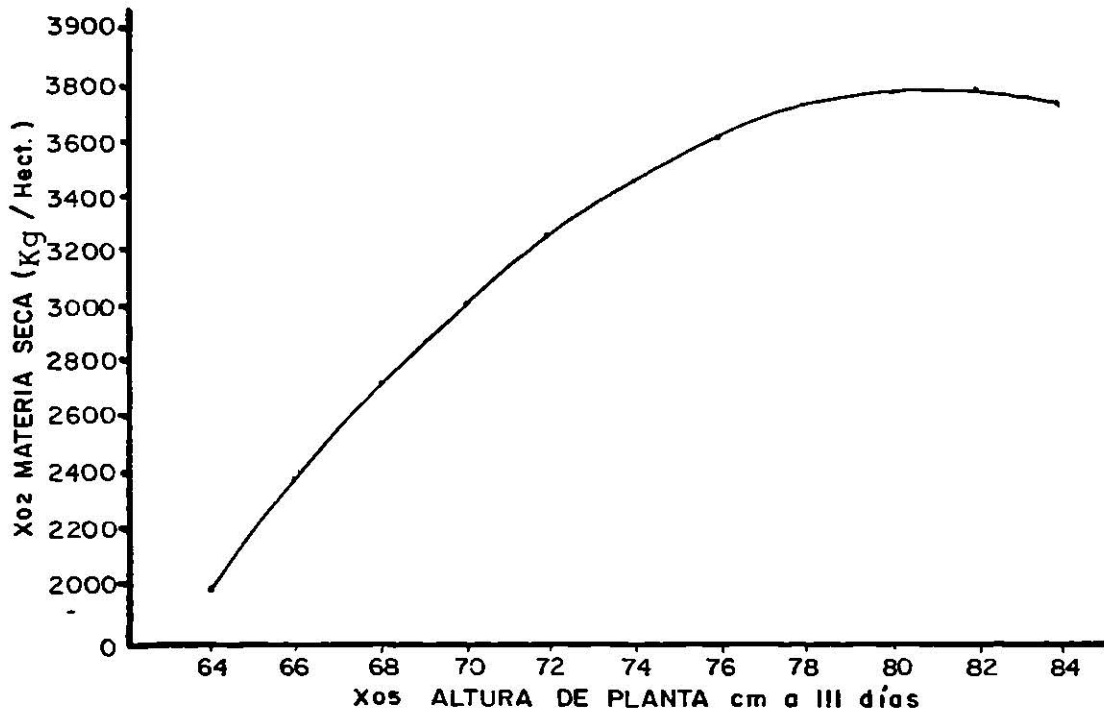


Figura 10.- Gráfica de regresión entre ...

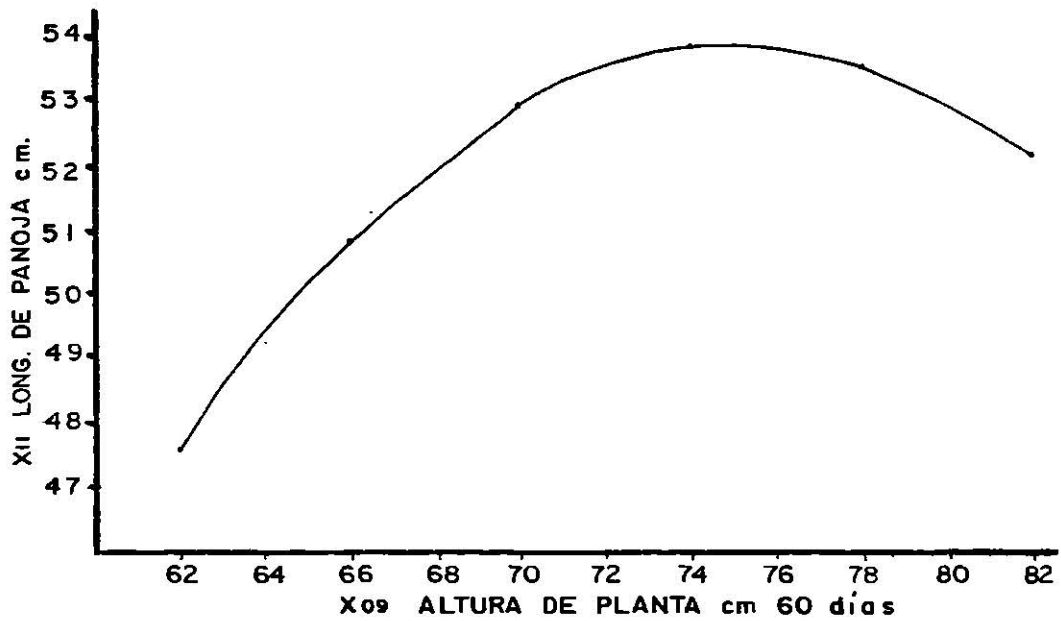


Figura 11.- Gráfica de regresión entre ...

Tabla # 5 Coeficiente de Correlación obtenidos entre las variables de estudio.

RG	NP	MS	AP1	AP2	AP3	IP	MO1	MO2	PH1	PH2	Cu1	Cu2	Fe1	Fe2	Zn1	Zn2	Mn1	Mn2
RG	***																	
NP	0.5141	*																
MS	0.5497	0.4367	*															
AP1	-0.0692	-0.2436	-0.1620															
AP2	0.1853	-0.2666	0.2105	0.2501														
AP3	0.6094	0.2793	0.4317	0.1256	0.1877	*												
IP	0.3907	-0.1757	0.2971	0.2369	0.4846	0.5506	*											
MO1	0.3678	0.0296	0.3190	-0.0968	0.2218	0.2264	0.2554											
MO2	-0.1947	-0.4126	-0.0685	0.3353	0.1872	0.1729	0.1044	0.2076										
PH1	0.0062	0.2637	0.1311	0.0786	-0.2169	0.0789	-0.1840	-0.2994	-0.0341									
PH2	0.3019	0.1090	0.0001	-0.1945	-0.0076	0.1349	0.1143	-0.0648	-0.0720	-0.3283	*							
Cu1	0.3502	0.0136	0.1265	0.0385	0.2135	0.1090	0.2964	0.5775	0.0142	-0.5936	0.2853							
Cu2	0.1725	0.0185	0.1856	0.4464	0.4106	0.0558	0.2279	0.1306	0.1394	0.1278	0.0401	0.2977						
Fe1	-0.0771	0.2463	0.1632	0.0215	-0.0845	-0.1495	0.0503	0.2146	0.0722	-0.1201	-0.1289	0.3574	0.0243					
Fe2	0.0863	0.0384	0.2877	-0.2265	-0.0243	0.1131	0.2502	0.3770	-0.1977	0.0266	-0.2279	0.1724	0.0021	0.3136				
Zn1	-0.1704	-0.2127	-0.2966	0.4329	-0.3430	-0.1161	-0.0003	-0.1622	0.0195	-0.2845	0.0455	0.3210	-0.0405	0.3023	-0.1214			
Zn2	-0.0548	0.1125	0.0286	0.1699	0.3800	0.1473	0.1059	0.0718	-0.0586	-0.1036	-0.3706	0.1224	0.4567	-0.1200	0.1688	-0.1500		
Mn1	0.1906	0.1009	0.0721	0.1748	0.2214	0.0763	-0.1411	-0.4858	-0.0958	0.2320	-0.0786	-0.4477	-0.0661	-0.3194	-0.3163	-0.1662	-0.0217	
Mn2	0.2123	0.1653	0.2609	-0.2954	0.2212	-0.0969	0.0592	0.1702	-0.0895	0.2925	0.1933	-0.0103	-0.1346	0.2023	0.0735	-0.2126	-0.3463	0.0038

Tabla # 6 Modelos Cuadraticos obtenidos de las correlaciones que resultaron con una R<sup>2</sup> significativa.

Correlación	Modelo	R <sup>2</sup>
Xo1	Xo2	
1.- Rendimiento vs No. de Panojas Kg/Hect. por Hect.	$Y = 1025.76 + 0.024 (Xo2) - 0.28 \times 10^{-7} (Xo2)^2$	0.37,520
Xo1	Xo3	
2.- Rendimiento vs Materia Seca Kg/Hect. Kg/Hect.	$Y = 3211.22 - 0.088(Xo3) + 0.00011(Xo3)^2$	0.36,221
Xo1	Xo6	
3.- Rendimiento vs Altura de Planta Kg/Hect. 111 días cm.	$Y = 293.35 + 0.65 (Xo6)^2$	0.6070
Xo3	Xo6	
4.- Materia Seca vs Altura de Planta Kg /Hect 111 días cm	$Y = -34,908,74 + 948.9(Xo6) - 5.82(Xo6)^2$	0.26215
Xo7	Xo5	
5.- Long. de Panoja 60 días cm.	$Y = -150.11 + 5.42 (Xo5) - 0.036(Xo5)^2$	0.45547



## V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.

- 1.- No se encontró diferencia significativa entre los niveles de Compost y Nitrógeno estudiados. Esto se debió probablemente a que las dosis aplicadas, no fueron lo suficientemente altas como para lograr un efecto significativo.
- 2.- En el experimento se obtuvo en los análisis de regresión que las parejas que resultaron con una  $R^2$  significativa fueron las siguientes: rendimiento de grano con número de panojas, rendimiento de grano con materia seca con altura de planta a los 111 días y longitud de la panoja con altura de planta a los 60 días.
- 3.- Se recomienda la continuación de estudios similares para entender mejor el efecto del compost como mejorador de las características físicas químicas del suelo arcilloso-calcáreo de las regiones semiáridas del estado de Nuevo León, así como aumentar el nivel de las dosis.
- 4.- Se sugiere que la incorporación del compost se haga un mes antes de la fecha de siembra, con el objeto de evitar que el proceso de mineralización vaya a afectar las semillas que se siembran. Así el material

orgánico aplicado puede aportar nutriente al nuevo -  
cultivo y de ésta forma no será necesario aportar --  
nitrógeno para acelerar la descomposición de dichos  
materiales.

## BIBIOGRAFIA

- 1.- AGUIRRE C., J.E. 1982. Manual de Prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelos F.A.U.A.N.L. - Marin, N. L. pp. 11, 23, 35, 39, 42, 46.
- 2.- ALEXANDER, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editores. México, D.F. p. 24, 101, -- 124, 128.
- 3.- BONCIARELLI, F. 1979. Agronomía, Editorial Academia-León España p. 219
- 4.- BORNEMISZ 4E, E. 1982. Introducción a la química de suelos. Organización de Estados Americanos. Washin-- ton, D.C. p. 21, 22, 23
- 5.- BUCKMAN, H.O. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simon, S. A. España p. 112, - 141, 144, 426.
- 6.- CAIRO, O. y G. Quintero. 1980. Suelos Ed. Revolucionaria la Habana, Cuba p. 173, 174, 170, 69, 171.
- 7.- CASTILLO, F. R. 1984 Reunión nacional de sorgo memorias F.A.U.A. N.L. p. 37

- 8.- DONAHUE, R.L. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Ed. Prentice/Hall Internacional Colombia p. 113, 116, 117.
- 9.- DUCHAUFOR, P. 1975. Manual de edafología Ed. toraymasson, S. A. España p. 32, 34.
- 10.- ELIZONDO, S., D. RUBIO y R. ALONSO. 1974 Evaluación de los residuos establecidos (compost), obtenidos del basurero de Monterrey, N.L. VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, México. p. 211, 212.
- 11.- FASSBENDER, H. W. 1975. Química de Suelos Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José Costa Rica. p. 149, 119, 117
- 12.- FIGUEROA, S.B. 1975. Relaciones entre el uso del suelo y la pérdida del suelo y nutrimentos en la cuenca del rio Texcoco Tesis M.C. Rama de los suelos C.P. CHapingo México. p. 12, 15
- 13.- FITZPATRICK, E.A. 1984. Suelos: Su formación, Clasificación y Distribución. CECSA. México p. 147.
- 14.- FOTH, H. D. y LM. TURK. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. C. Ecsa México p. 62.

- 15.- GOMEZ, J. H. 1977. Aplicaciones Agronomicas de la -  
metodología de la superficie de respuesta C.P. -  
Chapingo México, TESIS p. 128.
- 16.- GAUCHER, G. 1971. El suelo, sus características --  
agronicas Ed. Omega Barcelona p. 534, 535.
- 17.- GREATZ, H. A. 1982 Suelos y Fertilización Ed. Tri--  
llas México. p. 34
- 18.- GROS, A. 1976 Abonos Ed. Mundi-prensa, Madrid 1976-  
p. 140, 139.
- 19.- HUCKAY, J. P. 1970 The origen of cultivated sorghum  
Ed. Corp. Abstract p. 23, 321.
- 20.- HOUSE, L.R. 1985. A. Guide to sorghum breeding. 2ed  
Andhra Pradesh, India, ICRISAT. p. 1, 2
- 21.- JACOB, A y H. VONVEXKULL. 1973 Fertilización Nutri-  
ción y Abonado de los cultivos tropicales y subtro-  
picales. Eds. Euroamericanos. México p.
- 22.- LEON, A.R. 1984. Nueva Edafología Ed. Grupo Gaceta,  
S.A. México p. 34 , 35

- 23.- LION, T. L. y H.O. BUCKMAN 1956 Edafología, Naturaleza y propiedades de los suelos. México , CECSA p. 42, 43, 44, 67, 69.
- 24.- LOPEZ, G. J. 1980 . Eliminación de los residuos sólidos urbanos. Ed. Técnicos asociados, S. A. Barcelona p. 132, 143.
- 25.- MILLARD, CH. E. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Cia. Edit Continental. México p. 230, 240.
- 26.- ORTIZ, V. B. 1980 Edafología Escuela Nacional de -- Agricultura (U.A.CH) Chapingo, México, p.122, 108,- 104, 105.
- 27.- PAPADAKIS, J. 1981 Los Fertilizantes. Ed. Albatros. Buenos Aires Argentina p. 24, 25, 33, 34.
- 28.- RODRIGUEZ, V. J. 1984 Reunión Nacional de sorgo. -- memorias FAUANL. Marin, N.L. p. 46, 47.
- 29.- ROMERO, H.L., 1984 Reunión Nacional de sorgo. Memorias FAUANL, Marin, N.L. p. 29
- 30.- RUBIO O. 1985 Sintesis y evaluación de fertilizantes organominerales C.P. Chapingo, México p. 21, 22

- 31.- SALAS, A.S. 1986 Evaluación del efecto residual del abonado con compost, en algunas características del suelo y su influencia en el cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) Bajo riego F.A.U. A. N.L. p.26.
- 32.- TAMAHNE, R.V. D. P. MOTIRAMANI y P. BALI. 1978. -- Suelos : Su química y fertilidad en suelos tropicales. Ed. Diana México p. 182, 50.
- 33.- TEUSCHER, H. 1965. El suelo y su fertilidad Cía. -- Edit Continental, México p. 320, 326.
- 34.- TRAVES, S.G. 1962 Abonos Editorial Sintesis Barcelona p. 64, 65.
- 35.- TREVINO, O. J.A. 1980. Pueba de diferentes niveles de compost. en el cultivo del trigo (*triticum aestivum*) en la hacienda San Isidro, los Ramones, N.L. - Monterrey, N.L. p. 2, 4.
- 36.- VAZQUEZ, A.R.E. 1984. The use of response surfase - for fertilizaer experiments. F.A.U.A.N.L. Marin, N, L. Notas de la clase técnicas de Investigación en - producción agricola.
- 37.- ZUCONI, F., y BERTOLDY, M. 1986 Compost: Production

quality and use. Elsevier applied science Udine Italy  
p. 349, 357.

38.- MACEDO, V.MA. 1986 Correlación y Calibración de --  
Metodologías químicas para la evaluación de Fe, Cu,  
Mn y Zn Disponibles en algunos suelos del estado de  
N.L. FAUANL Marin, N.L. TESIS p. 77, 78, 79.



