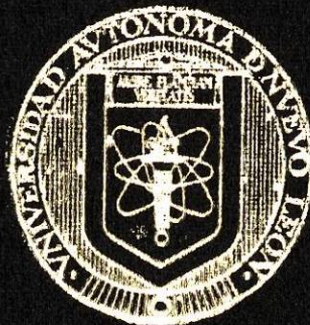


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"EFECTO DE LA APLICACION COMPOST-NITROGENO EN BANDAS
EN LA PRODUCCION DE ELOTE, FORRAJE Y GRANO EN EL CULTIVO
DE MAIZ (Zea mays L.) BAJO RIEGO, Y SU INFLUENCIA
EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS
DEL SUELO, EN MARIN, N. L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

OSCAR ALCALA PARDO

MARIN, N. L.

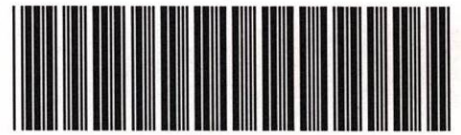
AGOSTO DE 1989

T

S663

A4

C.1

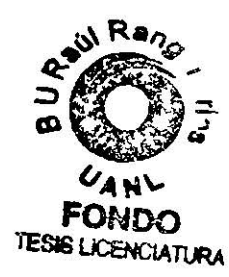


1080060695

Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada, su retención más allá de la fecha de vencimiento, lo hace acreedor a las multas que fija el reglamento.

08 NOV 1995

T
SB191
• u 2
A4



090.631
FA2
1989
C.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"EFECTO DE LA APLICACION COMPOST-NITROGENO EN BANDAS
EN LA PRODUCCION DE ELOTE, FORRAJE Y GRANO EN EL CULTIVO
DE MAIZ (*Zea mays* L.) BAJO RIEGO, Y SU INFLUENCIA
EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS
DEL SUELO, EN MARIN, N. L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

OSCAR ALCALA PARDO

MARIN, N. L.

AGOSTO DE 1989

09810^m

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

"Efecto de la aplicación Compost-Nitrógeno en bandas en la producción de elote, forraje y grano en el cultivo de maíz (Zea mays L.) bajo riego, y su influencia en algunas propiedades físicas y químicas del suelo, en Marín, N.L."

Tesis que presenta:

OSCAR ALCALA PARDO

Aceptada y aprobada como requisito parcial

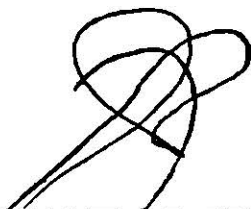
para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE LA TESIS



PH.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO
Ase sor Principal



ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ EQUIVEL
Ase sor Auxiliar

ING. M.C. ARMANDO GONZALEZ ALMAGOER
Ase sor Auxiliar

DEDICATORIA

A MI PADRE CELESTIAL:

Por haberme dado lo más
preciado para todo ser-
humano: La Vida.

A MIS PADRES:

SR. IGNACIO ALCALA GARCIA (q.e.p.d.)
SRA. LORENZA PARDO LOZANO

Por el infinito amor, cariño
y comprensión que me han pro-
fesado siempre.

MADRE: Sin tí, no sería nadie en la
vida. Gracias por tu apoyo -
incondicional para la culmi-
nación de mis estudios uni-
versitarios. Te adoro con to-
do mi corazón.

A MIS HERMANOS:

SANJUANA-JOSE MARIA

JOSE LUIS

Por su invalorable apoyo duran-
te el transcurso de mis estu-
dios universitarios.

ESPECIALMENTE A:

R.P. AGUSTIN CHURRUCA P., S.J.

Por su invaluable apoyo durante el transcurso de mis estudios -- universitarios. Y por depositar su confianza en mí durante este lapso de tiempo.

A LA SEÑORA:

MA. ALICIA RAMOS DE SOLIS

Por haberme inculcado a seguir el camino de Dios.

Por brindarme su apoyo, amistad y confianza en forma desinteresada durante mi formación como persona y como profesionista.

A MIS DEMAS FAMILIARES:

Gracias por su apoyo y confianza en mi persona.

AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES:

Ph.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO

Por la acertada coordinación del presente trabajo de investigación y por las sugerencias, recomendaciones y correcciones al mismo. Por la gran amistad que hemos cosechado.

ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL

ING. M.C. ARMANDO GONZALEZ ALMAGUER

Por la gran ayuda brindada en la revisión del presente trabajo y por las acertadas correcciones y sugerencias hechas.

AL PERSONAL DEL PROYECTO DE FERTILIZACION ESTATAL DE LA FAUANL

Por su gran ayuda durante el desarrollo del trabajo de campo del presente trabajo de investigación.

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS, Y AL CENTRO DE-INFORMATICA DE LA FAUANL.

Por el asesoramiento que me brindaron durante el trabajo de laboratorio y durante el trabajo estadístico de la presente investigación.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE GENERACION, ESPECIALMENTE A:

Ruperto Monsivais L., Marcelo Corona L., Sergio A. Pérez D., Francisco Vázquez D., Jesús Vázquez Z., Francisco Martínez L., Luis A. Moreno E., Francisco Resendez L., Sandra E. Mejía L., Myrthala Monsivais D. y Rosa Ma. Márquez J.

A todos gracias por haber influido en mi superación como persona y estudiante durante mi estancia en la Facultad. Por los momentos gratos y difíciles que áfrontamos con valentía y decisión de la mejor manera posible: siempre unidos.

A MIS MAESTROS, A LA FACULTAD Y A LA UNIVERSIDAD.

Por darme las herramientas necesarias para afrontar la vida: los conocimientos de la ciencia agronómica.

INDICE

		Pág.
	DEDICATORIA.....	i
	LISTA DE TABLAS.....	vii
	LISTA DE FIGURAS.....	x
	LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiii
	RESUMEN - SUMMARY.....	xiv
I.	INTRODUCCION.....	1
II.	REVISION DE LITERATURA.....	4
	2.1. Abonos Orgánicos.....	4
	2.2. Compost.....	8
	2.2.1. Definición.....	8
	2.2.2. Importancia económica.....	8
	2.2.3. Aspectos generales.....	10
	2.2.4. Proceso de elaboración.....	13
	2.2.4.1. Factores que influyen en la - fermentación de compost.....	20
	2.2.5. Composición química.....	22
	2.2.6. Contenido de nutrientes.....	25
	2.2.7. Toxicidad.....	26
	2.2.8. Formas de aplicación.....	27
	2.2.9. Trabajos de investigación.....	28
	2.3. Materia Orgánica.....	31
	2.3.1. Generalidades.....	31
	2.3.2. Funciones de la materia orgánica.....	33
	2.3.3. Composición de la materia orgánica....	34
	2.3.4. Descomposición de la materia orgánica.	35

	Pág.
2.3.5. Relación C:N en la materia orgánica- del suelo.....	38
2.3.6. Humus.....	40
2.3.6.1. Tipos de humificación.....	41
2.3.6.1.1. Humificación en- condiciones <u>semi</u> áridas.....	41
2.3.7. Incremento de la materia orgánica en el suelo.....	42
2.4. El Cultivo del Maíz (<u>Zea mays</u> L.).....	43
2.4.1. Introducción.....	43
2.4.2. Necesidades climáticas.....	44
2.4.3. Necesidades edáficas.....	44
2.4.4. El elote.....	45
2.4.5. Importancia económica y social.....	46
III. MATERIALES Y METODOS.....	48
3,1. Descripción del Area Experimental.....	48
3.1.1. Localización del experimento.....	48
3.1.2. Características climáticas.....	48
3.1.3. Características del suelo.....	49
3.2. Materiales y Metodología.....	49
3.3. Método Utilizado.....	52
3.3.1. Descripción del experimento.....	52
3.3.1.1. Preparación del terreno ex- perimental.....	52
3.3.1.2. Aplicación del material fer- tilizante.....	53

	Pág.
3.3.1.3. Siembra del cultivo.....	54
3.3.1.4. Manejo del cultivo.....	55
3.3.1.5. Trabajo de laboratorio.....	56
3.3.1.6. Análisis estadístico.....	56
3.4. Diseño Experimental.....	56
3.4.1. Dimensiones del área experimental....	60
3.5. Registro de Datos.....	61
3.5.1. Variables de la planta.....	61
3.5.2. Variables del suelo.....	63
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	66
4.1. Análisis de Muestreo Combinado.....	66
4.2. Primer Altura del Cultivo.....	66
4.3. Determinación de Zinc en el suelo (Zn).....	74
4.4. Relación entre Variables de Carácter Agronómico.....	79
4.5. Rendimiento de Elote, Grano y Forraje.....	84
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
VI. BIBLIOGRAFIA.....	92
VII. APENDICE.....	101

LISTA DE TABLAS

TABLA	Pág.
<u>Tablas del texto:</u>	
I	Labores realizadas durante el desarrollo del trabajo de campo (Mar-Ago, 1988)..... 55
II	Niveles de aplicación de Compost-Nitrógeno en Maíz, en el ciclo temprano en 1988..... 57
III	Cantidades aplicadas por unidad experimental de Compost-Urea al momento de la siembra..... 57
IV	Lista de tratamientos en estudio..... 59
V	Análisis normal de suelo en un muestreo combinado, tomado a una profundidad de 0-15 cm y 15-30-cm respectivamente..... 68
VI	Resultados de los análisis de varianza (ANVA) de todas las variables bajo estudio..... 69
VII	Comparación de medias de los tratamientos para la variable Primer Altura (A-1)..... 70
VIII	Comparación de medias de los tratamientos para la variable Determinación de Zinc en el suelo (Zn)..... 71

	Pág.
XI Modelo de regresión completa para la variable -- Primer Altura del cultivo (A-1).....	73
X Modelo de regresión ajustado a la variable Pri-- mer Altura del cultivo (A-1).....	73
XI Análisis de varianza para determinar la Falta de Ajuste y Error Puro del modelo de regresión múltiple para la variable Determinación de Zn en el suelo.....	76
XII Modelo de regresión múltiple completo para la va riable Determinación de zinc en el suelo (Zn)...	80
XIII Modelo de regresión ajustado de la variable De-- terminación de zinc en el suelo (Zn).....	80
XIV Concentración de resultados de los modelos proba dos dentro de las variables con correlaciones -- significativas.....	82
<u>Tablas del apéndice</u>	
XV Concentración de datos del contenido de micronu trientes presentes en el muestreo del suelo (0-15 cm de profundidad) del experimento.....	102
XVI Concentración de datos de algunas propiedades <u>fi</u> sicas y químicas del suelo del sitio experimental	102

XVII	Rendimiento promedio de elote, grano y forraje por tratamiento.....	103
------	--	-----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Pág.

Figuras del texto:

- 1 Esquema de la aplicación de Compost-Urea al suelo. 54

- 2 Croquis de la distribución aleatoria de los tratamientos en las parcelas experimentales en el terreno de estudio..... 58

- 3 Selección de tratamientos en 2 factores en estudio con 4 niveles de la Matriz Experimental Plan-Puebla I..... 59

- 4 Respuesta del contenido de zinc en el suelo según las dosis de Compost-Nitrógeno aplicadas en el experimento..... 81

Figuras del apéndice

- 5 Relación logarítmica de las variables Distancia de inserción del elote al suelo y la dosis de compost aplicado..... 104

- 6 Relación cuadrática de las variables Rendimiento de elote y Número de plantas cortadas para forraje..... 104

- 7 Relación lineal entre las variables Rendimiento de elote y Rendimiento de forraje..... 105

	Pág.
8 Relación lineal entre las variables Rendimiento de grano y número de plantas cosechadas.....	105
9 Relación cuadrática entre las variables Rendimiento de elote y Número de plantas cosechadas.....	106
10 Relación lineal de las variables Rendimiento de forraje y Número de plantas cosechadas para elote...	106
11 Relación lineal de las variables Número de plantas cosechadas para elote y Número de plantas cosechadas para forraje.....	107
12 Relación cuadrática de las variables Determinación de zinc en el suelo y la Dosis de Compost aplicado	107
13 Relación lineal entre las variables 2 ^a altura de la planta y Conductividad eléctrica del suelo.....	108
14 Comportamiento de la altura del cultivo según los tratamientos 1 y 2.....	108
15 Comportamiento de la altura del cultivo según los tratamientos 3 y 4.....	109
16 Comportamiento de la altura del cultivo según los	

	Pág.
tratamientos 5 y 6.....	109
17 Comportamiento de la altura del cultivo según los- tratamientos 7 y 8	110
18 Comportamiento de la altura del cultivo según el - tratamiento 9.....	110

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN EL TEXTO:

A-1:	Primer Altura de la Planta
A-2:	Segunda Altura de la Planta
A-3:	Tercera Altura de la Planta
A-4:	Cuarta Altura de la Planta
A-5:	Quinta Altura de la Planta
RG:	Rendimiento de Grano
RE:	Rendimiento de Elote
RF:	Rendimiento de Forraje
DIES:	Distancia de la Inserción del Elote al Suelo
NPG:	Número de Plantas/Ha para Grano
NPE:	Número de Plantas/Ha para Elote
NPF:	Número de Plantas/Ha para Forraje
Fe:	Determinación de Fe en el suelo
Zn:	Determinación de Zn en el suelo
Mn:	Determinación de Mn en el suelo
CE:	Conductividad Eléctrica del Suelo
MR:	Módulo de Ruptura del Suelo
FA:	Falta de Ajuste
EP:	Error Puro
DOF:	Dosis Optima Fisiológica
DOE:	Dosis Optima Económica
Ton/Ha:	Toneladas/Hectárea
NS:	No Significativo
*:	Significativo
**:	Altamente Significativo
pH:	Potencial Hidrógeno
ppm:	partes por millón
N:	Nitrógeno
CN:	Compost -Nitrógeno
C:	Compost
C ² :	Compost cuadrático
N ² :	Nitrógeno cuadrático
R ² :	Grado de Confiabilidad

RESUMEN

Titulo de la Tesis: "Efecto de la aplicación Compost-Nitrógeno en banda en la producción de elote, forraje y grano en el cultivo de maíz (Zea mays L.) bajo reigo, y su influencia en algunas propiedades físicas y químicas del suelo, en Marín, N.L. "

Este trabajo de investigación se realizó en terrenos del Campo Experimental de la FAUANL, ubicados en el municipio de Marín, N.L.

El suelo es de tipo arcilloso, calcáreo, sedimentario, -- alcalino y pobre en materia orgánica.

El trabajo dio inicio en Marzo 1988 y culminó en Mayo de 1989.

Los objetivos planteados en esta investigación son:

- 1.- Evaluar la modalidad de aplicación en bandas del Compost en el suelo (manejo del fertilizante).
- 2.- Determinar si la aplicación conjunta de Compost-Nitrógeno tienen influencia en la producción de elote, forraje y grano en el cultivo de maíz.
- 3.- Analizar y evaluar los beneficios que produce la aplica---ción en bandas del Compost en la mejora de algunas propiedades físicas y químicas del suelo.
- 4.- Determinar la DOF y DOE de fertilización a base de Compost-Nitrógeno en el cultivo de maíz.

El diseño experimental usado fué Bloques al azar, con 9 -
tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron obtenidos
de la Matriz Experimental Plan Puebla I.

Para cuantificar los efectos de los factores involucrados
(Compost-Nitrógeno) se analizaron variables del suelo y la ---
planta.

Una vez hecho el análisis estadístico, se encontró un ---
efecto altamente significativo entre los tratamientos para las
variables Primer altura y Determinación de zinc en el suelo. -
Para las variables que tuvieron significancia se realizó la --
prueba de comparación de medias por el método de Tukey para dete
rminar cual de los tratamientos es el mejor en cada variable
bajo estudio. Para la Primer altura del cultivo, entre los mejo
res tratamientos se encontró el 0,8 y 5, los cuales reporta-
ron alturas de 19.0, 18.0 y 17.75 cm respectivamente. Para la
Determinación de zinc en el suelo, entre los tratamientos más-
sobresalientes se encontró el 8, 5 y 7, los cuales reportaron-
cantidades de 4.13, 3.71 y 3.39 ppm de zinc en el suelo respecti
vamente.

La Primer altura obtuvo un promedio de 17.31 cm, y el mo-
delo de regresión planteado no explica el comportamiento de esta
variable, siendo ésta explicada por el efecto lineal del Nitr
ógeno. La Determinación de zinc en el suelo obtuvo un promedi
o de 3.09 ppm, y el modelo de regresión planteado sí explica
el comportamiento de esta variable.

En este trabajo se lograron resultados satisfactorios con

la aplicación conjunta de Compost-Nitrógeno en bandas. Y, aunque no se alcanzó a determinar efectos significativos para la mayoría de las variables estudiadas, sí fue posible observar la tendencia de éstas hacia un mejoramiento gradual y constante, por lo que se debe continuar haciendo trabajos similares - ya sea con otras dosis de aplicación, o bien, haciendo dichas aplicaciones en fechas anteriores a la siembra.

SUMMARY

Thesis: "Effect of bands application of compost-nitrogen on the ear of green corn, foraje and grain production in the corn crop (Zea mays L.) under watering and its influence in some physical and chemical properties of the soil, in Marín, N.L."

The present research work was conducted in the experimental station of the Faculty of Agronomy of the Autonomus University of Nuevo León, located in the Marín, municipality Nuevo León.

The work began in March of 1988 and finished in May of 1989.

The objectives in this investigation were:

- 1.- To evaluate the bands application of the compost for the crop.
- 2.- To determine if the combined application of compost-nitrogen have any influence on the ear of green corn, foraje and grain production.
- 3.- To analyze and evaluate the improvement produced by the bands application of compost in the physical and chemical properties of the soil.
- 4.- To determine the physiological and economical optimum dose of compost-nitrogen in the corn crop.

The experimental design used was a random blocks with 9 treatments and 4 repetitions. The treatments were obtained of the experimental Matrix Plan Puebla I. To estimate the effects

I. INTRODUCCION

En la actualidad hay grandes problemas para obtener alimentos en el mundo como consecuencia de la poca producción que se obtiene, así como de la gran cantidad de seres humanos que conforman la población mundial.

La investigación que se ha llevado a cabo relacionada con el sector agropecuario recientemente, tiene un carácter prioritario en la producción de cultivos básicos.

Entre los factores que limitan la producción de los cultivos en todo el mundo se puede afirmar que uno de los más importantes es la baja fertilidad de los suelos, el cual se torna cada día más alarmante debido al constante avance del proceso de empobrecimiento de los suelos, originando una reducción de la productividad de los distintos suelos.

Por otra parte, la continua siembra de maíz desde antaño, ha originado que nuestros suelos actualmente estén casi agotados, ya que en muchos lugares no se restituyen los nutrientes y la materia orgánica que el cultivo extrae de él; lo cual provoca que en muchas áreas de producción sea incosteable la explotación de éste cultivo.

De acuerdo a estudios hechos relacionados con la fertilidad de los suelos, una de las soluciones factibles a la carencia de suelos fértiles es la incorporación de materia orgánica al suelo, la cual, aparte de contribuir con elementos nutritivos al suelo, modifica las propiedades físicas y químicas de éste.

La materia orgánica es de gran importancia para que exista vida bacteriana en el suelo, sin la cual, dicho suelo por rico que sea, se convierte en tierra estéril.

Entre las fuentes de materia orgánica se encuentran los abonos verdes, la incorporación de residuos de cosechas, el uso de aguas negras, el empleo de estiércoles y de compost.

Los abonos orgánicos son la base de la fertilización del suelo, ya que sin éstos, los fertilizantes químicos no dan muy buenos resultados. Por lo tanto, la creación de condiciones ideales para la planta es, solamente posible, mediante la interacción de los abonos orgánicos y los fertilizantes químicos, ya que los primeros favorecen las propiedades edáficas y los últimos aportan los nutrientes para la planta, los cuales se encuentran en cantidades insuficientes en los abonos orgánicos.

Dado que los microorganismos del suelo requieren una determinada cantidad de nitrógeno para que se lleve a cabo la descomposición de la materia orgánica edáfica, es necesario que ésta contenga dicho elemento, ya que en caso contrario, será extraído del suelo. El empleo de materias orgánicas pobres en nitrógeno deberá ir siempre acompañada de una fertilización mineral nitrogenada, a fin de evitar que sea utilizado el nitrógeno del suelo y que posteriormente se presenten deficiencias en las plantas.

El problema de la infertilidad de los suelos puede ser solucionado ya sea total o parcialmente con la aplicación del Compost como aportador de materia orgánica al suelo, el cual -

entre sus características principales se tienen las siguientes: aporta al suelo elementos químicos tanto macronutrientes como micronutrientes; además tiene efectos benéficos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, entre los cuales se tiene la mejora en la estructura, aumenta el porcentaje de materia orgánica, lo cual trae como consecuencia una mayor cantidad de agua retenida en el suelo por más tiempo, mejora la aireación del suelo, el pH, etc.

Los objetivos que se trazaron en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

- 1) Evaluar la modalidad de aplicación en bandas del Compost en el suelo (manejo del fertilizante).
- 2) Determinar si la aplicación conjunta de Compost-Nitrógeno tiene influencia en la producción de elote, forraje y grano en el cultivo del maíz.
- 3) Analizar y evaluar los beneficios que produce la aplicación en bandas del Compost en la mejora de algunas propiedades físicas y químicas del suelo.
- 4) Determinar la D.O.F. y la D.O.E. de fertilización a base de Compost y Nitrógeno en el cultivo del maíz.

Las hipótesis planteadas en este experimento son:

H_0 : La aplicación conjunta del Compost-Nitrógeno no produce efectos significativos en las características del cultivo, ni del suelo.

H_1 : La aplicación conjunta del Compost-Nitrógeno sí produce efectos significativos en las características del cultivo y/o del suelo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Abonos Orgánicos

Los abonos orgánicos son constituidos en forma principal- por desechos y residuos de plantas y animales. Contienen en - mayor proporción carbono y porcentajes menores de nutrientes - de origen vegetal, que por lo general proceden de las plantas- que fijaron el carbono (Cooke, 1984).

Los abonos orgánicos más utilizados en la agricultura --- son: el estiércol en todas sus formas, los abonos verdes y el Compost. La razón de aplicarlos estriba principalmente en la- suposición de que remuneran al suelo todos los nutrientes que- el cultivo ha extraído de él (Teuscher, 1965).

La acción del fertilizante orgánico por lo regular es más prolongada que el fertilizante químico, pues no son absorbidos por las plantas en el mismo estado en que se aplican en el sue- lo, sino que deben sufrir cambios significativos; mineralizan- dose lentamente y solubulizandose los elementos que contienen, para luego poder ser utilizados por la planta (Díaz, 1964).

La mayoría de los abonos orgánicos contienen varios ele- mentos nutritivos, principalmente N y P, así como pequeñas can- tidades de K y elementos menores, cuya concentración es más ba ja que la de los fertilizantes químicos (Jacob, 1973).

Al abono orgánico puede llamarsele mejorador del suelo -- por la gran cantidad de materia orgánica que contiene éste, -- aparte de los elementos químicos que posee (Díaz, 1964).

Los fertilizantes orgánicos no deben valorarse solamente por su contenido de nutrientes, sino también por su beneficio en el suelo. La materia orgánica de éste activa los procesos microbiales, fomentándose simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad. Así mismo representa una fuente de lento y uniforme suministro de nitrógeno, --- ejerciendo con ello una favorable influencia sobre el contenido protéico de las plantas (Jacob, 1973).

Los cambios estructurales que se llevan a cabo con la --- aplicación de los abonos orgánicos, traen como resultado favorable un aumento en la cantidad de agua útil para las siembras que pueden retener las tierras. Además, mejoran la aireación, el drenaje y estimulan el buen desarrollo de las raíces al proporcionar suficientes poros de tamaño adecuado e impiden que el suelo se vuelva demasiado rígido cuando está seco, o bien, completamente encharcado y desprovisto de aire cuando está mojado (Cooke, 1984).

Algunos científicos, están en favor de un mayor uso de nitrógeno natural. Esto podría consistir de más leguminosas en la rotación de cultivos, más Compost y mayor uso de estiércol en el campo. Habrá que reevaluar adecuadamente estas fuentes de nitrógeno natural y hacer comparaciones con los fertilizantes químicos de mayor costo.

Empero, los investigadores del CIMMYT piensan que los abonos orgánicos naturales pueden desempeñar sólo un papel limitado en la agricultura a nivel mundial. El nitrógeno natural no constituye una opción efectiva al compararse con los fertili---

zantes químicos (Hanson, 1974).

Algunos de los méritos que se dan a los fertilizantes orgánicos son los siguientes:

1) El nitrógeno y el fósforo presentes no son solubles en el agua. A medida que se descompone el fertilizante en el suelo, esos nutrientes pueden liberarse lentamente en una tasa -- equiparable a la absorción por la planta. El proceso también -- impide la lixiviación de los nutrientes.

2) Los fertilizantes orgánicos contienen poco o nada de -- sales solubles (a no ser que se les haya añadido fertilizantes químicos) y se pueden aplicar en cantidades grandes sin los -- riesgos de dañar las raíces de los cultivos que pueden presentarse si se utilizan fertilizantes inorgánicos para proporcionar cantidades equivalentes de nutrientes (Cooke, 1984).

La dificultad del uso de estos abonos orgánicos estriba -- no solamente en las grandes cantidades que se necesitarían, si no también en la composición de dichos materiales, lo cual va -- ría notablemente de acuerdo al origen de su procedencia.

El Compost y el estiércol natural lo único que poseen en -- común es que ambos aportan humus al suelo, lo cual les confie -- re gran valor en la agricultura. No se debe olvidar que lo importante en cualquier cultivo es que tenga una adecuada nutri -- ción, la cual debe estar balanceada adecuadamente, y que no es posible llegar a ella si se hacen aplicaciones al azar de cual -- quier abono que se tenga a nuestro alcance, sin tener el cono -- cimiento adecuado acerca de él (Teuscher, 1965).

Cuando se aplica un abono, ésta operación debe tener como primera meta la de mejorar la calidad biológica, que tiene --- prioridad sobre el rendimiento del cultivo (Voisin, 1966).

Debido a la cantidad de problemas que le causan al suelo los fertilizantes químicos, tales como el desequilibrio entre la cantidad de microorganismos del suelo, se ha propuesto como alternativa el utilizar más los abonos orgánicos, como los estiércoles, pulpa de café o Compost urbano bien descompuesto y dejar de jugar al azar con fertilizantes cuyos efectos no son plenamente conocidos (León, 1984).

Los abonos orgánicos tienen importancia sobre todo por su contenido de nitrógeno. En la mayor parte de los casos se trata de nitrógeno de acción lenta, por lo cual, siendo éste suministrado a las plantas en buena parte por la sustancia orgánica presente en el terreno, sería preferible usar fertilizantes minerales con nitrógeno inmediatamente disponible. Además, debe tenerse en cuenta que el precio por unidad de nitrógeno de los abonos orgánicos es más elevado que el de los fertilizantes químicos.

Los abonos orgánicos pueden ser obtenidos a partir de dos fuentes:

a) De origen animal: Estos residuos, ricos de elementos nutritivos, útiles para la vida de las plantas y de microorganismos, constituyen la mayor fuente de los fertilizantes orgánicos. Algunos ejemplos de éste tipo de abonos son los excrementos sólidos (principalmente de animales domésticos) tales como

el estiércol en sus distintas formas, gallinaza, guano, etc.

b) De origen vegetal: Los restos vegetales, suministrados al terreno en estado verde o fermentados, constituyen excelentes abonos orgánicos. Muchos de ellos están en el terreno naturalmente (hojas, raíces, etc.), cooperando a crear o a mantener eficiente la natural riqueza orgánica. Algunos de los abonos de éste tipo son los abonos verdes, la turba, residuos de cosechas, malezas, etc. (Través, 1962).

2.2. Compost

2.2.1. Definición

i) Es un producto de origen orgánico obtenido a través de una degradación o descomposición aeróbica y termófila de materiales susceptibles de putrefacción contenidos en las basuras o productos de desecho, por medio de la acción de los microorganismos (Mayorca, 1979; Saucedo, 1986; Tabora, 1987).

ii) Es la mezcla de diversos materiales orgánicos de desecho, con el objeto de que al descomponerse se transformen en humus.

iii) Es el producto terminado y listo para ser utilizado una vez que se ha descompuesto la materia orgánica, aún cuando sigue siendo una mezcla (Teuscher, 1965).

2.2.2. Importancia económica

Cuando el Compost es preparado correctamente, tiene más riqueza en elementos nutritivos fácilmente aprovechables para-

las plantas que el estiércol común y corriente. Por otra parte, el estiércol cada día presenta más escasez y prácticamente es imposible obtenerlo en los alrededores de las grandes zonas urbanas como consecuencia de la intensa agricultura que se practica para lograr satisfacer las grandes demandas de los mercados de dichas zonas. Además, para que un cultivo tenga buen rendimiento, el suelo debe tener suficiente cantidad de humus, el cual es rápidamente utilizado, por lo que se debe reponer con cierta frecuencia, para lo cual, la opción más fácil en la actualidad es por medio de la adición del Compost al suelo.

El Compost como todo abono orgánico es susceptible de sufrir pérdidas de nitrógeno, lo cual causa un incremento en el costo, debido a las elevadas cantidades requeridas; además, todavía es más encarecido debido a las manipulaciones que necesita, lo cual constituye mano de obra adicional que debe pagarse.

En la agricultura intensiva o avanzada, estos gastos son subsanados grandemente con las ventajas que obtiene el productor, ya que de ésta forma se permite la continua explotación de las tierras sin la necesidad de rotación de cultivos; además de los beneficios obtenidos en el suelo, la simplicidad de su uso y porque de ningún modo podría obtener suficiente cantidad de otro material orgánico.

En la agricultura extensiva es necesario pensar en el Compost solamente como una ayuda que servirá para mantener un contenido satisfactorio de humus en el suelo y como mejorador de éste en cuanto a sus propiedades físicas y químicas. Por lo -

tanto, para emplear Compost en nuestros suelos, es factible el utilizar una menor cantidad de éste y suplementarlo con fertilizantes inorgánicos (Teuscher, 1965).

2.2.3. Aspectos generales

Como consecuencia de la gran cantidad de habitantes que actualmente conforman la población de la tierra, se originan grandes cantidades de basura a causa principalmente de la variedad de productos que una vez que han servido para satisfacer las distintas necesidades del hombre pasan a ser productos de desecho o basura, tanto en las zonas urbanas como en las rurales. Esto es considerado como un gran problema que posee un grado muy severo de contaminación.

En las zonas urbanas la basura se colecta diariamente y es necesario disponer de ella en una forma sanitaria, pues si se acumulara al azar se convertiría en una amenaza para la salud pública. Para reducir éste problema, y tomando en cuenta que casi el 50% de la basura son desperdicios de origen orgánico que pueden convertirse en materia orgánica, equiparable a humus potencial de gran valor para la agricultura si se dedica ra para ese fin, se ha enfocado la atención en la opción de -- aplicar estos productos biodegradables al suelo para lograr un provecho en la fertilidad de éste y por ende en las operacio--nes agrícolas (Teuscher, 1965).

A principios de la década de 1930 tomó auge la Compostificación moderna como resultado del ímpetu de algunos países por obtener la aceleración del proceso por medio de la descomposi-

ción aeróbica y el empleo de maquinaria para darle un manejo - mecanizado (Mendoza, 1986; Salas, 1986).

Dentro de los abonos orgánicos, el estiércol y el Compost son los más utilizados en las regiones donde se abona al suelo en forma orgánica. El Compost tiene un papel esencial en aquellos lugares donde no se cuenta con animales domésticos. De ahí, que todos los residuos orgánicos que provienen de las basuras tanto de áreas urbanas como rurales deberán utilizarse - (Jacob, 1973).

Se han llevado a cabo proyectos con la finalidad de establecer plantas procesadoras tanto de basuras como de aguas negras urbanas, con el objeto de manipular los materiales de buena calidad para la obtención de Compost útil para el uso agrícola (Teuscher, 1965).

Este material orgánico ya elaborado contiene materia orgánica principalmente, y proporciones de nutrientes obtenidos a partir de los restos de plantas y animales (Cooke, 1984).

El uso de las basuras fermentadas es aconsejable para las plantaciones leñosas y para los prados y, particularmente las partes más finas, es decir, mayormente fermentadas, para la horticultura y floricultura (Través, 1962).

En las zonas urbanas, a la basura se le extrae el vidrio, papel, plástico, cartones y otros objetos no biodegradables; posteriormente pasa a las instalaciones adecuadas donde se somete a fermentación por un período de 2 a 3 meses según la temperatura y humedad ambiental. Luego se muele y se criba, ob-

teniendo un producto de textura fina y relativamente alto en materia orgánica y minerales, el cual es llamado Compost (Gámez, 1986).

El Compost es un material productor de humus por excelencia. En efecto, favorece el desarrollo y conservación de la fertilidad del suelo. Es el medio más activo para solucionar daños originados en el suelo por el empleo exagerado de insecticidas, herbicidas, etc. (Kabisch, 1972).

Las características, cantidad y composición de los residuos orgánicos para la elaboración del Compost dependen del lugar de donde procedan. En zonas urbanas, la cantidad y calidad del Compost dependen del área de donde provengan las basuras, los productos industriales desechados, la cantidad de productos biodegradables, la separación de productos inorgánicos antes del proceso y de la fermentación del material orgánico. Mientras que en las zonas rurales la cantidad y calidad del Compost están influenciadas por el clima del área, el tipo de agricultura, la alimentación, la facilidad para recolectar las basuras y, de las condiciones económicas de la región.

Fromm menciona que Gottas et al (1950), llevaron a cabo investigaciones relacionadas con los aspectos elementales de la elaboración del Compost a partir de desechos urbanos, obteniendo información básica sobre los efectos de la temperatura, humedad ambiental, aireación, relación C:N, empleo de inoculantes especiales, trituración del material tratado. También obtuvieron datos acerca de los tipos de organismos presentes, técnicas

para analizar la condición del Compost durante y después del proceso y, consideraciones generales acerca del diseño de plantas elaboradoras (Mendoza, 1986; Salas, 1986).

La constitución y calidad del Compost está en función del origen de la fuente y control del proceso. La estimación del valor de este abono para su empleo agrícola estriba en el contenido de N, P y K que influyen en el rendimiento y calidad de los cultivos, así como los resultados obtenidos en las propiedades físicas, químicas y biológicas una vez que ha sido adicionado al suelo (Espinosa, 1988).

2.2.4. Proceso de elaboración

La obtención del Compost, básicamente consiste en la degradación de compuestos orgánicos complejos a compuestos más sencillos parcialmente inorgánicos, los cuales sean inmediatamente asimilables por las plantas, o bien, que se vayan haciendo asimilables gradualmente en cuanto penetran al suelo. El manejo adecuado de los distintos materiales orgánicos, así como un adecuado tratamiento, permiten obtener Compost de primera clase.

Los compuestos más importantes que son transformados son los carbohidratos y las proteínas por medio de la actividad vital de los microorganismos (bacterias y hongos) en condiciones de aerobiosis. Es de gran importancia que exista una adecuada proporción de estos dos componentes para obtener Compost de buena calidad (Teuscher, 1965).

Wackman (1936) afirma que el éxito de la preparación del Compost a partir de residuos vegetales depende de muchos factores, entre los cuales los principales son, la rapidez y el grado de descomposición del material original, su composición química, especialmente la proporción de compuestos nitrogenados y carbohidratos, la temperatura de descomposición, y la población microbiana de la pila. Teniendo un control adecuado de estos factores, se obtiene compost de buena calidad (Cota y Lavín, - 1975).

Saurín (1970) menciona que la elaboración del Compost consiste en una técnica utilizada para procesamiento de residuos-sólidos como basuras, la cual consiste de 2 fases:

- 1) Etapa fermentativa, que se inicia con una fase aerobia activa que después pasa a ser muy lenta.
- 2) Etapa que se lleva a cabo bajo la acción del aire o bien en silos y aire forzado, con un mejor control del fenómeno --- (Bastidas, 1975; Salas, 1986).

El Compost se obtiene esencialmente de dos maneras:

- 1) En plantas industrializadoras de basura de las grandes ciudades.
- 2) A nivel de granja en zonas rurales.

Las modernas plantas industrializadoras de basura usan el proceso aeróbico para la obtención del Compost (Espinosa, 1988).

En Monterrey, N.L., se tiene una planta industrializadora de basuras con capacidad para recibir unas 350 toneladas de basura, con lo cual se puede obtener un promedio de 175 a 200 to

neladas de Compost diariamente; através del siguiente procedimiento:

1) Recepción.- La basura es colocada en una banda móvil, en la cual son separados en forma manual los productos que no son biodegradables, tales como vidrio, plástico, piedras, hule, etc.; además de otros productos que de una u otra forma -- son aprovechables todavía, tales como el cartón, papel, botellas y fierro (Treviño, 1980; Mendoza, 1986).

Al efectuar la selección del contenido de la basura, se tiene de un 10 a 15% de plásticos, de un 10 a 15% de vidrio, de un 10 a 15% de otros materiales y los desperdicios orgánicos conforman del 40 al 50% del total de la basura recolectada (Tabora, 1987).

2) Molienda.- Se muele el resto de los productos. La materia orgánica es triturada por medio de la acción de martillos contra la parrilla.

3) Cribado.- El material ya triturado se pasa a un cribado con la finalidad de obtener un material más purificado o -- limpio.

4) Proceso de fermentación.- Se deja a la intemperie el montón de material, agregándole agua para que se lleve a cabo el proceso de fermentación. En forma general, éste proceso es de tipo autofermentativo, acompañado de reacciones químicas y biológicas. Mediante el fenómeno de la respiración, se absorbe oxígeno y se desprende gas carbónico, favoreciendo el metabolismo de ciertos elementos, con la liberación de calor que

se traduce en un incremento de la temperatura, la cual en el proceso de fermentación se eleva de 65 a 70°C a las 48 horas de iniciada la fermentación en la masa; esta temperatura se mantiene por algunas horas por medio de la remoción del volumen o bien, por la inyección de aire y, controlando la humedad y el pH al monitorear las partes internas de la masa (Primo y Carrasco, 1980).

Es de vital importancia mantener las mejores condiciones para poder lograr la destrucción total de los gérmenes patógenos y la transformación de los compuestos inorgánicos y orgánicos remanentes, tratando de evitar al máximo pérdidas grandes del producto (Treviño, 1980; Mendoza, 1986).

La fermentación completa dura unos 2 meses si existe suficiente aireación en la masa, para lo cual se recomienda mover el producto cada 15 días. Cuando las condiciones de aireación son buenas, se produce un aumento bastante rápido de la temperatura (60-70°C) que causa el desarrollo de las bacterias termófilas y acaba pasteurizando el medio (Gaucher, 1971; Alexander, 1965).

5) Se pasa a un cribado final, de esta forma se obtiene un material de textura más fina y con cantidades mínimas de impurezas.

6) Envasado.- Una vez que se ha dado el último cribado, el compost obtenido se deposita en una tolva para llevar a cabo su envasado.

Una vez que ha finalizado los pasos anteriores, se obtie-

ne el producto ya elaborado y listo para efectuar su comercialización (Treviño, 1980; Mendoza, 1986).

En la fábrica se lleva a cabo la elaboración de dos tipos de Compost:

- 1) Tipo agrícola
- 2) Tipo jardinería

La diferencia entre éstos dos tipos estriba en que en el primero no se efectúa el último cribado y como consecuencia -- trae consigo algo de productos no deseables en la presentación del Compost (Treviño, 1980).

El proceso de elaboración del Compost aeróbico presenta - las siguientes ventajas:

- 1) Se evitan malos olores al llevarse a cabo las putrefacciones.
- 2) Se eliminan larvas de insectos, huevos de acaros, semillas de malezas y, microorganismos patógenos.
- 3) Se auyentan los roedores.
- 4) Se minimiza el contacto de obreros con basuras brutas.
- 5) Se obtiene humus oxidado (Primo y Carrasco, 1980).

El Compost también puede prepararse de una manera más rudimentaria, y ésta forma de preparación se lleva a cabo a nivel rural bajo el siguiente procedimiento:

Para tener una proporción más o menos adecuada entre las cantidades de carbohidratos y proteínas, se recomienda colocar los distintos materiales en capas; lo cual se consigue de la siguiente manera:

1) La primer capa debe tener unos 15 cm de espesor, y consta de materiales vegetales, los cuales en mayor proporción son carbohidratos.

2) Una segunda capa se pone arriba de la anterior y debe tener de 10 a 13 cm de espesor de estiércol, ya que la mayoría de los estiércoles, incluyendo la orina contenida en las camas, en su mayor parte es material protéico.

3) Una tercera capa, la cual se coloca arriba del estiércol, debe tener un espesor de 4 a 5 cm de tierra laborable de la mejor calidad posible.

De la manera anterior se va construyendo un montón hasta alcanzar una altura de 1.5 a 1.8 m (Teuscher, 1965; Lyon y Buckman, 1956; Tamhane et al., 1978).

Es necesario voltear la capa de Compost al menos cada 15 días para acelerar la descomposición; lo cual consiste en colocar la parte exterior en la región central, obteniendose así -- una operación bastante uniforme. De ésta forma se obtiene Compost de muy buena calidad en 3 ó 4 meses (Teuscher, 1965).

El procedimiento anterior, es la forma ideal para obtener Compost de calidad sobresaliente, pero en las zonas rurales por lo general no se cuenta con suficiente estiércol disponible para este proceso; en este caso, se debe hacer la mezcla de materiales cuidando que exista un equilibrio en la proporción de -- componentes tanto protéicos como carbohidratados; no siendo crítico el espesor de las capas.

La aplicación de la capa de suelo es de gran importancia, -

ya que aporta el tipo de microorganismos necesarios para los procesos de descomposición. Las bacterias que posee el estiércol fresco no pueden realizar el trabajo de los microorganismos del suelo y mueren rápidamente. Por ende, es recomendable aplicar una capa de 3-5 cm de espesor cada que se coloque una capa de 20-25 cm de residuos (Teuscher, 1965; Lyon y Buckman, 1956).

Cuando se aplica poco o nada de estiércol en el proceso de elaboración del Compost, es necesario agregar fertilizante, pues de ésta manera se estimula la rápida multiplicación de los microorganismos, lo cual es más efectivo si el fertilizante se distribuye sobre cada capa de suelo; evitando aplicarlo junto con el estiércol, ya que el fertilizante, aún cuando no se ha usado estiércol, es necesario solamente al principio. En cuanto los microorganismos entran en actividad, todo lo necesario lo encuentran en la materia orgánica en descomposición; por ende, se usan cantidades pequeñas de fertilizante, recomendándose la aplicación de superfosfato, el cual, además de aportar fósforo (usado por los microorganismos) retiene una parte del amoníaco formado.

Otra opción para la elaboración de Compost cuando no se dispone de estiércol, es la utilización de gallinaza, que es superior al estiércol, ya que una capa de 3 cm de espesor sustituye con ventaja a una capa de 10-13 cm de estiércol de vaca ó caballo. Al usar gallinaza en la pila de Compost no se necesita el uso de fertilizante químico.

Durante la colocación de las capas para la elaboración -- del Compost, debe rociarse con agua cada una para ayudar al proceso químico de la hidrólisis. Además, el aire debe tener libre acceso a la masa para que se lleven a cabo los procesos -- aeróbicos y evitar los anaeróbicos que causarían pérdidas de -- nitrógeno.

Una vez terminado el Compost, representa no más de la --- cuarta parte de la cantidad original de los materiales utilizados, lo cual hace que sea más rico en nutrientes que el estiércol y que los elementos que le dieron origen (Teuscher, 1965).

2.2.4.1. Factores que influyen en la fermentación del Compost

1) Aireación.- Es el factor básico del proceso. Se debe tener adecuada ventilación del producto para permitir una producción continua de gas carbónico. Al remover el Compost, se aceleran los procesos de descomposición. El oxígeno penetra - y el calor surge a la superficie. El volteo evita además toda clase de daños como la desecación o empapamiento excesivo. Los montones de Compost que van a emplearse hasta después de cierto tiempo, pueden secarse por contacto con el aire, extendiendolo. Entonces, según el Dr. Pfeiffer, la putrefacción cesa - y la calidad del abono se mantiene (Kabisch, 1972; Teuscher, - 1965).

2) Humedad.- Segundo factor en importancia, ya que un exceso de humedad trae consigo problemas en la molienda y la posibilidad de que la plasticidad de la materia orgánica obstruya los

conductos naturales de ventilación. Se debe tener especial -- cuidado para mantener una humedad suficiente en el Compost. Es recomendable el uso de instrumentos de medida térmica. Tomando las debidas precauciones se evitan daños por exceso o deficiencia de agua (Kabisch, 1972; Teuscher, 1965).

3) Relación C/N.- El carbón es la fuente principal de --> energía para los microorganismos termofílicos, pues se estima que 2/3 son quemados y convertidos en gas carbónico, y 1/3 entra a formar parte del protoplasma de los nuevos organismos. -- Esto es importante para la formación de proteínas en combina-- ción con el nitrógeno absorbido. La relación C/N ideal es entre 25 y 35; en ningún tipo de basura hay relaciones menores -- de 25, pero sí superiores a 40, por lo tanto es necesario ex-- traer el papel y cartón para reducirla.

En el transcurso de la fermentación se presentan pérdidas hasta de un 30% del material sólido a causa de la transforma-- ción del carbono en gas volátil y por la evaporación durante -- la fermentación debido a las altas temperaturas que se alcan-- zan y que es visible claramente cuando se voltean las pilas -- (Mesta, 1988; Salas, 1988).

En la planta industrializadora de basura antes mencionada se tiene una capacidad para recolectar 20,000 toneladas de des-- perdicios mensualmente, de las cuales se obtiene:

Basura convertida en Compost --	65%
Subproductos-----	8%
Desperdicios-----	27%

Este 65% de Compost consiste en 160,000 toneladas anuales, disponibles para la actividad agropecuaria.

En el uso del Compost es aconsejable hacer adiciones de fertilizante inorgánico, pero en cantidades inferiores a las recomendadas normalmente (Salas, 1988; Mesta, 1988).

2.2.5. Composición química

El producto obtenido de la basura de las áreas urbanas de nominado Compost, varía mucho en el contenido de nutrientes; esta variación se debe a los diferentes componentes que aportan los nutrimentos. Además de la variedad de componentes de la basura, influyen otros factores como el clima, las costumbres y el nivel de vida del área en que fué recolectada la basura (Cooke, 1984).

Análisis químicos recientes (1986-1988) sobre la composición química del Compost producido en la Planta Industrializadora de Desperdicios Sólidos Urbanos de Monterrey, N.L. muestran los siguientes resultados:

Análisis químico	%
Materia orgánica	37.965
Carbono	22.021
Nitrógeno	1.895
Fósforo	0.895
Potasio	0.300
Calcio	6.300
Hierro	5.935
Manganeso	0.078

Cobre	0.060
Magnesio	0.960
Zinc	0.570

pH = 6.850

Fuente de Información (PIDSU; 1986-1988).

Elizondo Solana, A. et al (1974) llevaron a cabo análisis químicos sobre las características del Compost producido en la Planta Industrializadora de Basura de Monterrey, N.L., encontrando los siguientes resultados:

Componentes:

Nitrógeno total	0.656 %
Fósforo	77.140 kg/ha
Potasio	177.000 kg/ha
Materia orgánica	11.790 %
Carbono	6.840 %
Relación C:N	10.4:1.0
Proteína	5.000 kg/ha
Manganeso	112.500 kg/ha
Boro (cualitativo)	No
Cobre	1.650 ppm
Zinc	0.130 %
Ca(CO ₃) ₂	66.500 %
pH (1:1)	7.5
Arena	63.120
Limo	16.400
Arcilla	20.480
Textura	Migajón-arcillo-arenoso

Fuente de información (Mendoza, 1986; Salas, 1986; Mesta, 1988).

Además, se han llevado a cabo otros estudios que tienen la finalidad de conocer los diferentes componentes químicos que -- dan origen al Compost. Un ejemplo de dichos estudios es el llevado a cabo en Compost de basuras obtenido en plantas industrializadoras de basuras en España, los cuales nos porporcionan los siguientes resultados:

Componentes	%
Humedad	25-35
Materia orgánica total	30-50
Materia orgánica oxidable	9-20
Nitrógeno	0.55-1.1
Fósforo	0.30-0.7
Potasio	0.24-0.5
Hierro	5.50-2.8

Fuente de información (Primo y Carrasco, 1980).

Al hacer una evaluación de los 3 ejemplos de análisis químicos que se han efectuado en distintos materiales de Compost, así como en distinto tiempo y en diferentes lugares, podemos observar que las cantidades o bien, porcentajes de cada uno de -- los elementos que constituyen en general el Compost tienen un - comportamiento distinto en cada uno de los análisis químicos antes citados.

Por lo tanto, se observa una variación en el contenido de ciertos elementos en las determinaciones químicas enunciadas anteriormente; esta variación observada es debido a que la basura

procesada tiene distinto origen.

2.2.6. Contenido de nutrientes

Los abonos que se obtienen de la basura de las ciudades y de las zonas rurales tienen un contenido de nutrientes que varía mucho en función de la calidad y tipo de material que aportan dichas sustancias nutritivas al fertilizante orgánico formado. La diferencia más notable entre el Compost y el estiércol consiste en que el primero aporta cantidades menores de potasio (Cooke, 1984).

Tester et al, indican que en el Compost, un 10% del nitrógeno total es tan disponible como el nitrógeno de un fertilizante mineral; además encontraron que las tasas de mineralización del nitrógeno van de 3.8 a 4.7% en Compost nuevo, y de 7.0 a 9.3% para Compost digerido.

Tomando en cuenta las investigaciones realizadas, se calcula que una tonelada de Compost contiene aproximadamente 0.9-kg de N disponible. El cálculo fué realizado en base a peso húmedo.

Al hacer un análisis respecto al P para las plantas, en el Compost se observa una disminución a medida que se incrementa el contenido de otros elementos como el Fe y Al. Este trabajo de investigación se llevó a cabo por Pastene y Corey (1980).

El Compost generalmente contiene 1.5% de P, lo cual equivale a 3.5% de P_2O_5 en base a peso seco, lo cual representa --

aproximadamente 0.8 kg de P total por tonelada de Compost (Espinoza, 1988).

El Compost, al igual que el resto de los abonos orgánicos contienen varios nutrientes útiles para las plantas, aunque en menor cantidad que los fertilizantes químicos; por lo que no logran satisfacer adecuadamente los requerimientos totales de las plantas (Jacob, 1973).

En base al problema anterior, una solución factible a este problema es la adición de fertilizante inorgánico en forma conjunta con el abono orgánico usado, ya que de éste modo, actúa como complemento del abonado del suelo, y así aporta los elementos que el material orgánico posee en cantidades insuficientes (Díaz, 1964).

2.2.7. Toxicidad

Cuando el Compost es elaborado adecuadamente no hay riesgo de que se presenten elementos en cantidades que lleguen a catalogarse como tóxicas. Lo más recomendable al hacer Compost es llevar a cabo análisis químicos del producto tal como lo ha hecho el personal de las fábricas industrializadoras de basura y de esta forma despejar dudas acerca de la toxicidad del Compost.

Tradicionalmente, uno de los grandes problemas de la basura de las ciudades y de los desperdicios industriales, es la posibilidad de que contengan algunos elementos en concentraciones tóxicas para las plantas. Estos elementos pueden encontrarse en forma natural en los suelos, pero la concentración

mayor de este tipo procede de las chimeneas de fábricas, de algunas cales de desecho, de lodos de drenaje de ciudades industrializadas y de algunas basuras de las ciudades. En los lugares donde se utilizan frecuentemente desechos contaminados, -- los metales tóxicos se acumulan, y pueden dañar los cultivos. Como consecuencia de que éstos metales no se mueven con facilidad en el suelo, resulta casi imposible su eliminación. Los cultivos establecidos en esas áreas contienen más elementos tóxicos de lo normal, aunque se desconoce sus posibles efectos -- al utilizarlos en la alimentación humana o de los animales. Debido a que la disponibilidad de esos metales para las plantas -- varía de un abono a otro y también depende de la acidez del terreno en que se utilicen, no es posible fijar límites de seguridad en las cales de desperdicio, lodos de drenaje o basuras de las ciudades.

Al estudiar cuidadosamente los posibles efectos tóxicos -- del compost, es recomendable utilizarlo bajo las siguientes -- restricciones: concentraciones de contaminantes limitadas a 25 mg/kg de cadmio, 1000 mg/kg para plomo y 10 mg/kg para diferentes policlorados (Espinosa, 1988).

2.2.8. Formas de aplicación

Los abonos orgánicos pueden aplicarse a los suelos en dos formas:

- 1) Al voleo
- 2) En bandas

Tradicionalmente, se ha tenido la costumbre de aplicar los

distintos fertilizantes orgánicos al voleo, el cual consiste en la distribución uniforme del material en la superficie del terreno, y luego se incorpora inmediatamente con un barbecho.

En la actualidad, se está difundiendo la metodología de aplicar el compost en bandas, lo cual consiste en el surcado del terreno, luego se deposita el material en el fondo del surco, y posteriormente se lleva a cabo un contrabordeo para realizar la incorporación (Espinosa, 1988).

Cuando se aplica el compost en bandas, se utilizan cantidades relativamente más pequeñas en comparación con la aplicación al voleo. Esta reducción en la cantidad de material trae como ventaja una disminución en el gasto para la adquisición del material. La desventaja es que no se mejoran las características físicas y químicas del suelo en forma uniforme en toda la superficie del terreno.

2.2.9. Trabajos de investigación

El compost es un producto de uso reciente en nuestro país a nivel de investigación, por lo tanto hay poca información acerca de él.

Estudios efectuados en el cultivo de maíz concluyen que los rendimientos más elevados en este cultivo se obtienen cuando se hacen aplicaciones de abonos orgánicos en complemento con fertilizante químico, y que las diferentes dosis aplicadas tienen un efecto residual muy similar hasta dos años después (Nuñez y Castro, 1977).

Al hacer un experimento en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) para evaluar el efecto residual del compost en algunas propiedades físicas y químicas del suelo, utilizando varias dosis del abono y sulfato de amonio, manteniendo una aplicación constante de 50 kg/ha de superfosfato de calcio simple; se encontró resultados positivos al encontrar efectos en la dureza de la costra y en la densidad aparente del suelo (Mendoza, 1986).

En otro trabajo de investigación se determinó que al término del cuarto ciclo de cultivo (usando frijol y trigo alternadamente) aún existe residualidad del compost. La aplicación de 75 ton/ha de compost y 85 kg/ha de nitrógeno disminuyó los valores de ruptura del subsuelo. Además, se detectó un incremento de materia orgánica en un 23% con respecto al contenido antes de la siembra del primer ciclo de cultivo, aunque su efecto no fué lo suficientemente grande para obtener resultados significativos (Salas, 1986).

Las investigaciones han demostrado que no es necesaria la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica al suelo, ya que se ha determinado que la aplicación de pequeñas cantidades de compost en bandas directamente arriba de los surcos, favorece las grietas, las cuales facilitan la emergencia de las plántulas (Nieto, 1986).

En un trabajo hecho en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) muestra evidencia de que aún existe efecto residual del abonado con compost después del quinto ciclo de estudio, aunque éste efecto es ya mínimo. Y, manifiesta que los máximos

beneficios del abonado con compost se manifiestan en el tercero y cuarto ciclo de cultivo (467 y 637 días respectivamente) - una vez ya aplicado (Robledo, 1988).

En un experimento sobre métodos de aplicación, fechas de incorporación y dosis de compost en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) se concluyó que el mejor modo de aplicarlo es en bandas, las dosis con mejores efectos son de 18 a 27 ton/ha, incorporándolo al suelo de 40 a 60 días antes de la siembra (Espinosa, 1988).

En un estudio hecho en trigo (Triticum aestivum L.) sobre el efecto residual del compost después del sexto ciclo de cultivo, se concluyó que sí existe efecto residual después de 994 días de haberse aplicado al suelo, encontrando efecto significativo en el módulo de ruptura del subsuelo y en el rendimiento del grano. Aunque menciona que el efecto residual que aún -- existe, es demasiado bajo, por lo que en la práctica se debe -- considerar que ya no hay efecto del compost (Mesta, 1988).

En otro trabajo hecho en trigo (Triticum aestivum L.) se determinó que no hay efecto del compost en la producción de -- grano y paja al aplicar hasta 50 ton/ha, 12 días antes de la -- siembra (Treviño, 1980).

2.3. Materia Orgánica

2.3.1. Generalidades

Cuando se efectúa un análisis de laboratorio en una muestra de suelo fértil y en otra de fragmentos de roca, se observa que una de las diferencias principales es el contenido de materia orgánica del primero (Lyon y Buckman, 1956).

La fracción orgánica del suelo es obtenida a partir de la descomposición de restos de animales, de residuos vegetales, - así como de los microorganismos que habitan en el propio suelo (García, 1982; Alexander, 1965).

La cantidad de materia orgánica presente en el suelo varía en forma considerable; mientras que en suelos de turba la materia seca puede ser casi enteramente orgánica, en suelos -- cultivados es muy raro que represente más del 10% del peso total seco. La variación en el contenido de materia orgánica en el perfil del suelo también es muy considerable. Generalmente se presenta una disminución en la cantidad de materia orgánica en el perfil del suelo a partir de la superficie hacia la parte interior (Robinson, 1967).

En los suelos, la materia orgánica está constituida por - los restos y productos de descomposición de plantas y animales. Aún sabiendo de la riqueza de la fauna del suelo es muy raro localizar restos de la misma, debido tal vez a que son activamente descompuestos por la microflora y la microfauna (Fitz Patrick, 1984; Palmer, 1979; Park y Eddowes, 1975).

La materia orgánica representa una etapa determinada en un movimiento interminable de los elementos: C, H, O, N, P y S entre los organismos vivos y el reino mineral. A medida que se forma materia orgánica nueva, una parte de la antigua pasa a mineralizarse. Muchas de las propiedades deseables de la materia orgánica se deben a su carácter dinámico (Tamhane et al, 1978; Alexander, 1965).

La materia orgánica aparte de contener el N, P y S del -- suelo en combinación orgánica, también tiene mucha influencia en la modificación de las características físicas y químicas de los suelos, especialmente en los arcillosos. Además, la materia orgánica es la principal fuente de energía para los mi-croorganismos del suelo; sin ella cesaría prácticamente toda la actividad bioquímica (Lyon y Buckman, 1956; Firman, 1953).

La materia orgánica esta formada por 3 tipos principales de constituyentes: tejido original, materiales parcialmente -- descompuestos y, humus.

El tejido original comprende los materiales no descompues-
tos o poco atacados, que se incorporan al suelo constantemente

Cuando las condiciones son favorables, los organismos del suelo atacan a la materia orgánica agregada, utilizandola como fuente de energía y como material para formar tejidos; así, -- los materiales originales y los productos intermedios resultantes se transforman rápidamente en humus (Lyon y Buckman, 1956; S.E.P., 1982; Buckman y Brady, 1970).

2.3.2. Funciones de la materia orgánica

Este material de gran importancia para el suelo, aporta - los siguientes beneficios:

- 1) Disminuye el impacto de las gotas de lluvia y permite la infiltración lenta del agua.
- 2) Ya descompuesta, forma sustancias y aglutinantes microbia--nos que intervienen en la estabilización de la estructura - del suelo.
- 3) Al descomponerse las raíces de las plantas; se producen conductos por los cuales entra el agua y se da difusión de los gases del suelo.
- 4) La materia orgánica fresca aporta alimento para los organisismos.
- 5) Se reducen las pérdidas del suelo causadas por la erosión - eólica.
- 6) Baja la temperatura del suelo durante el verano y conserva--más caliente el suelo en invierno.
- 7) Las pérdidas de agua por evaporación disminuyen significativivamente.
- 8) Produce distintos nutrientes necesarios para las plantas.

La materia orgánica del suelo libera nitrógeno en función del porcentaje de materia orgánica existente, la textura del - suelo y de la temperatura y condiciones de humedad existente.

- 9) El suelo posee mayor capacidad de agua aprovechable para -- las plantas que el mismo tipo de suelo con cantidad menor - de materia orgánica.

- 10) Influye en la capacidad amortiguadora de los suelos disminuyendo los cambios químicos rápidos cuando se agregan los fertilizantes.
- 11) Durante su descomposición se forman ácidos orgánicos que ayudan a disolver minerales y hacerlos más accesibles para las plantas.
- 12) El humus es un almacén de cationes intercambiables y aprovechables. Temporalmente también retiene al amonio en forma intercambiable y aprovechable.
- 13) Tiene la función especial de hacer al fósforo más fácilmente aprovechable en suelos ácidos (Ortiz, 1980; Tamhane et al, 1978).

2.3.3. Composición de la materia orgánica

La materia orgánica del suelo es una sustancia muy compleja. Contiene varios materiales cuyos porcentajes varían de acuerdo con la clase de residuos de plantas o animales y de su estado de descomposición. Entre los componentes de la fracción orgánica se tiene: carbohidratos (que incluyen azúcares, almidones y celulosa); lignina; taninos; grasas; aceites y ceras; resinas; proteínas; pigmentos; y, minerales (como Ca, P, S, Fe, Mn y K).

En gran parte, el porcentaje mayor de materia orgánica del suelo es de lignina y proteínas, aunque el humus puede contener un 30% de poliuronios

El material vegetal reciente varía en porcentaje de lignina y proteína de una a otra especie. Sin embargo, comúnmente-

en todas las plantas que se acercan a la madurez, el porcentaje de lignina aumenta y disminuye el de proteína (Tamhane et al, 1978; Thompson, 1966).

2.3.4. Descomposición de la materia orgánica

La materia orgánica es productora de energía y nutrientes para todas las formas de vida en el suelo.

En primer lugar, la descomposición de la materia orgánica en un proceso biológico que implica a los organismos del suelo. También se llevan a cabo algunas actividades químicas. La naturaleza química de los residuos orgánicos y las condiciones del suelo gobiernan las clases de organismos del suelo activos en el proceso de descomposición.

Cuando se tiene un pH mayor de 6.0 en los suelos, los organismos de la descomposición más importantes son las bacterias y los hongos actinomicetos. Y el resto de los hongos predominan a pH menores de 6.0.

La mayoría de los microorganismos del suelo requieren nitrógeno, otros nutrientes, materia orgánica para su energía y oxígeno libre; por lo que todos éstos deben estar presentes en el suelo. Las condiciones óptimas del suelo para el desarrollo de las plantas y de la mayoría de los microorganismos son las mismas (Ortiz, 1980; Alexander, 1965).

Algunas 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 microorganismos.

Además, éstos microbios del suelo también son dañados por los niveles de humedad. Si una cantidad excesiva de agua se encuentra en el suelo, el número y clases de microorganismos benéficos para la descomposición disminuyen debido a una deficiente aireación. Aunque los microorganismos del suelo prosperan a niveles más bajos de humedad en comparación con las plantas superiores.

Los materiales con relación C:N amplia (80:1 etc.) se descomponen en forma muy lenta debido a que el producto contiene insuficiente nitrógeno para satisfacer los requerimientos del desarrollo de los microorganismos que intervienen en la descomposición. Estos materiales producen cantidades relativamente bajas de humus y nitratos.

Los materiales con estrecha relación C:N (20:1, etc.) se descomponen rápidamente y proporcionan una cantidad relativamente grande de humus y nitratos.

Las plantas absorben la mayoría de los minerales en el primer período de desarrollo. De éste modo, los materiales más jóvenes se descomponen más rápidamente que los tejidos más viejos debido al balance favorable de nutrientes (Ortiz, 1980; Thompson, 1966).

La descomposición de la materia orgánica puede llevarse a cabo por dos procesos, ambos microbianos en su mayor parte.

1) Humificación.- Esta lleva a cabo la producción de nuevos compuestos orgánicos englobados bajo el nombre de humus.

2) Mineralización.- Consiste en una liberación en forma de moléculas inorgánicas o de iones de los elementos incorporados primitivamente en la materia orgánica de origen (Gaucher, 1971; Alexander, 1965).

Investigaciones efectuadas por Rovira y Greacen, mencionados por Allison (1975), han revelado que la descomposición de la materia orgánica se ve incrementada cuando por medio de la labranza se destruyen los agregados del suelo; así como por el humedecimiento-secado del suelo, la congelación-descongelación del suelo; además de cualquier proceso que destruya los agregados tendrán efectos similares (Ortiz, 1980; León, 1984).

La asociación de la materia orgánica con la arcilla y presumiblemente adsorbida a ésta, origina la fracción más efectiva en la estabilización de los agregados. La materia orgánica influye en las propiedades de las arcillas impartiendoles mayor estabilidad que cuando actúan solas, ya que les reduce su capacidad de hinchamiento, elimina las fuerzas del aire atrapado y disminuye su poder de humedecimiento (Robinson, 1983).

H. Franz considera que toda la fauna menor del suelo toma parte en la transformación de la materia orgánica del suelo. Debido a su enorme número, son los organismos que constituyen la microflora (algas, hongos y bacterias) los que tienen principal importancia en las descomposiciones que afectan a la materia orgánica del suelo (Robinson, 1967).

Cuando se hacen incorporaciones de materia orgánica a un suelo cultivado, el punto esencial de dicha actividad es que se

mantiene la concentración de materia orgánica en un nivel muy cercano al contenido normal de dicho suelo en el transcurso del tiempo. Se considera no significativa la disminución de la fertilidad en el suelo cuando se hacen aplicaciones de materia orgánica periódicamente (Firman, 1953).

2.3.5. Relación C:N en la materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo tiene un promedio de 5% de nitrógeno, pudiendo variar de 4 a 6%; y entre 50 y 54% de carbono, siendo un promedio de 52%. Obteniendo 10.4% como relación C:N (a veces en la literatura se menciona un 58% de carbono, dando 11.6% de relación C:N). Esta relación varía entre 10 y 11 a 1. A medida que el suelo se cultiva, la relación va disminuyendo, y aunque 10.4 sea un valor apropiado para un suelo virgen, posiblemente 10 es más representativo para un suelo cultivado (Demolon, 1965; Thompson, 1966; Palmer, 1979).

El contenido de carbono del subsuelo varía entre 36 y 44%, el valor medio es de 40%. Si se supone que el contenido de nitrógeno del subsuelo sea del 5%, el valor de la relación C:N sería 8.

La relación C:N en los restos de plantas varía desde 10:1 en los tejidos de leguminosas jóvenes hasta 200:1 en restos de plantas de cereales (Demolon, 1965; Thompson, 1966).

Los residuos frescos que son ricos en carbono tienen una proporción C:N amplia (40:1, ó más). Cuando la descomposición de éstos ha continuado hasta el grado en que la relación C:N se

reduce a 20:1 más o menos, se tiende a aumentar el nitrógeno - disponible en el suelo.

Los materiales de las plantas que poseen poco nitrógeno - son más resistentes a la descomposición y se requiere más tiempo para que ésta alcance un estado en que el nitrógeno se ---- transforme en asimilable, en forma amónica o nítrica (Thompson, 1966).

Debido a lo anterior, se ha considerado siempre beneficioso mezclar el material muy carbonoso como la paja con una cantidad pequeña de fertilizante que contenga nitrógeno, ya que - así se apresura la descomposición del material orgánico fresco y, por consiguiente, la liberación de nitrógeno obtenible (amoniacal y de nitrato) se produce en un periodo de tiempo más -- corto (Tamhane, et al., 1978).

Waksman y otros han indicado que la relación C:N es más - alta en las zonas húmedas que en las áridas. En los climas -- fríos los valores de esta relación son también mayores que en los cálidos. Aparentemente hay 2 factores que actúan en sentiido contrario y que determinan la relación C:N. Uno de éstos - factores, es la incorporación de restos de plantas y el otro - es la velocidad de descomposición. En general, a mayor descomoposición le corresponde menor valor de la relación (Thompson, - 1966).

Al descomponerse la materia orgánica de los suelos, ésta - se convierte en humus con una proporción C:N aproximadamente - de 10:1.

Los investigadores de Rothamsted han demostrado que los tipos diferentes de abonos y cultivos apenas influían sobre la proporción C:N, aunque se cambiasen los contenidos de carbono y nitrógeno (Tamhane et al, 1978).

2.3.6. Humus

El humus o ácido húmico es un compuesto no definido químicamente, que proviene de la descomposición de restos vegetales por microbios del suelo. Se produce constantemente en el terreno a partir de residuos de plantas y se encuentra así mismo en el terreno y en la turba en proporciones de 10 a 27% aproximadamente de su peso seco. Da el color obscuro a los suelos, de donde es arrastrado por líquidos alcalinos de calcio y sodio (García, 1982; Firman, 1969; Alexander, 1965).

El material húmico es en realidad un producto sintetizado de la actividad microorgánica, muy complejo. Es la parte más resistente de la materia orgánica del suelo.

Con la síntesis del humus aparecen compuestos simples de mucha importancia: Dióxido de carbono en grandes cantidades continuamente, nitratos, sulfatos y otros productos bastante solubles y asimilables, en ciertas etapas del proceso.

El humus del suelo tiene propiedades catálicas y absorbentes en grado muy intenso (igual que otros tipos de materiales al estado coloidal). Por su capacidad de adquirir y retener agua, gases y sales en solución, el humus es muy superior a los coloides arcillosos, comparando sus pesos equivalentes. Proporciones pequeñas de humus aumentan enormemente las carac-

terísticas dinámicas de un suelo (Lyon y Buckman, 1965; Bayer, 1973; Alexander, 1965; Fassbender, 1975).

El humus presenta en estado coloidal partículas menores - de 0.002 mm de diámetro. Da cohesión a las tierras arenosas y aumenta el espacio poroso de los suelos compactos.

Solamente los restos de plantas (raíces, tallos y hojas) - dan lugar al humus, que es parte integrante de la materia orgánica del suelo en proporción variable del 25 al 50% (García, - 1982; Firman, 1969).

2.3.6.1. Tipos de humificación

Se conocen por lo mínimo 4 tipos diferentes de humificación:

- 1) Humificación anaeróbica
- 2) Humificación ácida
- 3) Humificación en condiciones semiácidas
- 4) Humificación en condiciones húmedas.

2.3.6.1.1. Humificación en condiciones semiácidas.- En regiones áridas como la nuestra, se presenta éste tipo de humificación, el cual consiste en:

El aumento de aireación del suelo acompañado por la disminución de lluvias al pasar de un clima húmedo a seco, se refleja en una disminución progresiva de la proporción de materia orgánica en un suelo.

La escasez de lluvias impide que imperen las condiciones-

anaeróbicas, excepto en las depresiones, mientras que, por otro lado, el alto contenido básico evita una humificación de tipo ácido.

Es factible que la aparición de sequía en los meses de verano sea el factor decisivo para que se efectúen las descomposiciones, lo cual dá como resultado una disminución del contenido de humedad del suelo por debajo del punto en el que puede actuar la acción microbiológica.

Los altos contenidos básicos de los suelos en regiones semiáridas también ejerce un efecto peculiar. Parece ser que una elevada proporción de cal, unida a temperaturas altas, origina un tipo de humus más obscuro que el producido en condiciones más húmedas. Debido al hecho de que el tipo de humus formado en estas condiciones por saturación básica es de un color más obscuro que el humus de los suelos de bases insaturados, un cálculo visual del contenido de materia orgánica en los suelos de la rendzina y grupos de tierras oscuras puede llevar frecuentemente a una idea exagerada de la cantidad realmente presente (Robinson, 1960).

2.3.7. Incremento de la materia orgánica en el suelo

Se dá un incremento de ésta por medio de residuos de pastos en el interior del suelo, incorporación de residuos de cultivos y por aplicaciones de estiércol de granja y otros estiércoles orgánicos.

Por otra parte, la materia orgánica del suelo se ve reducida

da en el suelo por medio del cultivado continuo, agregado de cal, la velocidad de ambos es superior a la descomposición bacteriana de materiales orgánicos; y por el quemado de malezas y residuos de cosechas (Park y Eddowes, 1975).

2.4. El Cultivo del Maíz (Zea mays L.)

2.4.1. Introducción

Es uno de los principales cultivos a nivel mundial, ya que ocupa la tercera posición entre los cereales explotados, tras el trigo y el arroz.

Esta planta se cultiva en todos los continentes, aunque su zona típica de cultivo sea en el continente americano.

En el área sembrada, América representa casi el 49% del área ocupada en el mundo por éste cultivo.

Según la F.A.O. (1976) a nivel mundial México ocupa el séptimo lugar en producción y cuarto en superficie cultivada (Gamboa, 1980).

El maíz conforma el alimento básico de mayor importancia en México; se calcula que aproximadamente el 51% del área total bajo cultivo pertenece a esta especie.

Este cultivo tiene una enorme expansión debido en gran parte a que posee gran área de adaptación bajo diversas condiciones ecológicas y edáficas, pudiéndose cultivar desde los 60° de latitud Norte hasta los 42° de latitud Sur (Robles, 1983; Gamboa, 1980).

2.4.2. Necesidades climáticas

Para producir buenos rendimientos, el maíz requiere temperaturas relativamente altas. En general, durante el ciclo vegetativo del maíz, la temperatura media óptima es de 25 a 30°C, pudiendo existir variaciones según las distintas regiones agrícolas. Las temperaturas inferiores a 10°C afectan la germinación. A los 40°C, se ve perjudicada la polinización en regiones con elevada humedad relativa.

En cuanto a la humedad, el cultivo requiere 500 mm de precipitación pluvial aproximadamente, distribuidos durante el ciclo vegetativo. Bajo condiciones de riego, en general se recomienda un riego de pre-siembra y tres riegos de auxilio, lo cual hace en total más o menos 50 cm de lámina; de los cuales, el primero consta de 20 cm de lámina de riego y 10 cm de lámina para cada riego de auxilio posterior.

El maíz se cultiva desde el nivel del mar, hasta alrededor de 2500 msnm, disminuyendo los rendimientos en altitudes mayores a los 3000 msnm, (Robles, 1983).

Beer et al, (1967) mencionan que la planta de maíz parece ser más resistente a la sequía en los comienzos de su desarrollo. Esta falta de resistencia es mayor en el momento de aparición de las barbas y de la subsiguiente polinización (Gamboa, 1980).

2.4.3. Necesidades edáficas

El maíz se cultiva en una amplia gama de suelos, pero los más adecuados son los profundos, con buen drenaje y buena ----

aireación, o sea, aquellos con textura más o menos franca (Gamboa, 1980; Robles, 1983).

En climas secos se prefieren suelos que tengan buena capacidad de retención de agua y que sean algo pesados para que no sean susceptibles de un calentamiento excesivo. En los climas húmedos y fríos, por el contrario, se recomiendan los terrenos ligeros, con buen drenaje, debido a que su temperatura es mayor y la elevan más rápido que los suelos pesados.

En relación al pH, este cultivo prefiere suelos débilmente ácidos o neutros. Por otra parte, Lutz (1972) menciona que el pH influye en la extracción de elementos nutritivos, aumentando cuando el pH pasa de extremadamente ácido a solo ligeramente ácido.

Hasson, et al (1970) afirma que el maíz es una planta relativamente sensible a la salinidad, ya que en un trabajo hecho en macetas, encontraron que decrecía el rendimiento con la salinidad lentamente, especialmente cuando la C.E. del suelo a 25°C era superior a los 8 mmhos/cm (Gamboa, 1980).

2.4.4. El elote

El embrión está morfológicamente maduro aproximadamente a los 48 días después de la aparición de los estigmas. Esta etapa se presenta cuando los granos están totalmente dentados. La acumulación de materia seca en el grano pronto cesara.

Comúnmente, de cualquier variedad se aprovecha el elote. Aunque hay una subespecie especial para el aprovechamiento del

elote (Zea mays saccharata L.), el cual es llamado maíz dulce, cuya utilización principal es como elote, para consumo humano. Tanto en México como en E.U.A., y en otros países, existen variedades diversas respecto a su adaptación ecológica (Glanze, 1977; Robles, 1983).

El sistema de mejoramiento para la producción de elote -- fué ideado y usado en la Estación de Illinois en 1896. El criterio para escoger una línea productora de elote se basa en el rendimiento y en la composición química (Sprague, 1977).

Mucha gente consume el maíz en estado blando (elote) en forma de sopas. El maíz dulce adquiere gran importancia al -- ser enlatado en los lugares donde se adapta (Wilson & Richer, 1965).

El rendimiento es elevado al tener una adecuada densidad de siembra y una adecuada fertilización con N, P, K y elementos menores (North Carolina State University, 1975).

2.4.5. Importancia económica y social

Con el decrecimiento de la producción de maíz, se ha producido una menor importancia relativa de ésta, con respecto al producto agrícola nacional y al producto bruto interno. La reducción en la producción de este cultivo se debe a los siguientes factores:

- 1.- Las condiciones adversas donde se desarrolla este cultivo, sobre todo en el sector agrícola tradicional, obliga al -- campesino a buscar otras fuentes de ingresos adicionales a los que le proporciona la agricultura.

2.- La escasez, conjugada con la condición temporalera de la producción de maíz, origina que el campesino no pueda vivir exclusivamente como productor de maíz, debido a lo pequeño de las unidades de explotación, a la ocupación productiva en el predio durante pocos meses al año, al crecimiento de la familia, al incremento de los costos de producción y al alto costo de vida. Esto obliga al campesino a buscar ocupaciones suplementarias no agrícolas, como las artesanías, los negocios o los servicios (Centro de Investigaciones Agrarias, 1980).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del Area Experimental

3.1.1. Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), localizado en el municipio de Marín, N.L.

La localización geográfica de esta área está comprendida en las siguientes coordenadas:

25°53' Latitud Norte

100°03' Longitud Oeste

Y una altitud de 367.3 msnm.

3.1.2. Características climáticas

Tomando en cuenta el sistema de clasificación de Koppen, modificado por Enriqueta García (1973), el clima dominante de la región es:

$$BS_1(h')hx'(e')$$

Donde:

BS_1 = Clima seco o árido, siendo el menos seco de los climas-BS. Precipitación media anual de 573 mm, distribuidos principalmente en verano.

$(h')h$ = Temperatura media anual mayor de 22°C y la temperatura media del mes más frío inferior a 18°C.

x' = El régimen de lluvias se presenta como intermedio entre verano e invierno, con una precipitación mayor del 18%.

(e') = Oscilación anual de las temperaturas medias anuales mayor de 14°C, siendo la más extremosa.

(García, 1973).

3.1.3. Características del suelo

Este experimento se realizó en un suelo calcáreo, sedimentareo, con pH=7.7 (ligeramente alcalino), de textura arcillosa. En cuanto al contenido de materia orgánica, dicho suelo es considerado como medianamente pobre.

3.2. Materiales y Metodología

En la elaboración de este experimento se hizo uso de los siguientes materiales:

Variedad de maíz utilizada.- Se trabajó con la variedad - Blanco Alemán, la cual es de ciclo intermedio (120 días aproximadamente), y es de utilidad en la producción de elote, forraje y grano; con un 90% de germinación.

Compost.- Es un fertilizante de origen orgánico, considerado como mejorador del suelo por los beneficios que aporta a las características físicas y químicas de éste.

Urea.- Es un fertilizante químico de carácter nitrogenado, ya que contiene un 46% de nitrógeno; de disponibilidad inmediata para la planta.

Además, otros materiales como: tractor, implementos agrícolas, herramientas manuales, bolsas de polietileno y de papel, muestras de suelo y, materiales y reactivos usados en el labora

torio de suelos y aguas de la facultad.

Los principales aparatos que se utilizaron para el presente trabajo fueron:

Medidor del módulo de ruptura.- Es un aparato formado esencialmente por una balanza granataria y una plataforma de madera a la que se le acopla un marco del mismo material.

El marco de madera tiene en el travesaño un tornillo roscado libremente el cual tiene soldada en la punta una navaja cortapluma en forma vertical, la que al igual que el tornillo pueden girar hacia ambos lados para poder ajustar la altura de seada de dicha navaja.

Se ha hecho una pequeña base de madera, con dos hojas de acero a los lados en forma vertical para sostener los bloques de suelo. Este aditamento se pone en la parte central del plato de la balanza granataria y queda justamente debajo de la navaja soldada al tornillo. Por lo tanto, al poner el ladrillo sobre las dos hojas de acero, se gira el tornillo hasta que la navaja toque ligeramente el bloque de suelo.

La finalidad que se persigue al hacer los pasos anteriores es que al agregar peso a la balanza granataria, el plato de ésta se va elevando con todo y ladrillo hasta llegar al punto en que debido a la presión en contra de la navaja se quiebra en la parte media dicho ladrillo.

Molde para hacer los bloques de suelo.- Es una cuadrícula formada por tablas, las cuales dan origen a rectángulos que miden 3.5 cm de ancho x 7.0 cm de largo x 1.0 cm de alto. Cada -

cuadrícula tiene capacidad para formar 98 ladrillos. En la parte de abajo tiene una tela mosquitera la cual sirve como piso para los bloques. Cuando se van a hacer los bloques, es recomendable poner la cuadrícula sobre una base sólida, y que ambas queden en forma inclinada para que se distribuya mejor el agua una vez que se aplique. Al llenar los moldes de tierra, el agua no se aplica en forma directa sobre éstos, sino se aplica en la base sólida que sostiene a la cuadrícula y por capilaridad son humedecidos los bloques de tierra. Luego se dejan secar a temperatura ambiente por varios días ó en forma artificial a 50°C durante 48 horas aproximadamente.

Una vez ya secos los bloques de suelo, se determina el módulo de ruptura del suelo.

Potenciómetro digital.- Sirve para determinar el pH de una solución determinada.

Antes de poner el bulbo del aparato en la solución del suelo, se estandariza a un pH de 7.0 con una solución buffer de pH constante. También se ajusta el aparato a la temperatura ambiental. Una vez estandarizado y calibrado el instrumento, se procede a meter el bulbo en la solución que se desee determinar su pH y se hace la lectura correspondiente.

Puente Wheatstone.- Es un aparato para determinar la C.E. de un extracto determinado, expresada en mmhos/cm a 25°C.

El aparato se conecta a corriente y se deja estabilizar por 5 minutos, luego se enjuaga la celda 2 ó 3 veces con agua-destilada.

Se llena la celda de conductividad con el extracto, se hace contacto y se lee en la escala; tomando como lectura cuando se tiene el ángulo máximo de sombra en el ojo mágico.

En seguida, se enjuaga la pipeta del aparato con agua destilada otra vez de 2 a 3 veces y en seguida se toma otra lectura, y así sucesivamente.

Una vez que se han hecho todas las lecturas, se enjuaga - la pipeta con agua destilada y se deja llena de agua. ;

Se utilizaron otros aparatos sofisticados del laboratorio de suelos y aguas de la facultad: colorímetro, espectofotóme--tro de absorción atómica, aparato Kjendahl , hidrómetro de Bouyoucos, termómetro, etc.

3.3. Método Utilizado

3.3.1. Descripción del experimento

El desarrollo del trabajo de campo se inició con el establecimiento de la siembra del experimento en el mes de marzo - de 1988 y finalizó con la cosecha en Agosto del mismo año.

A continuación se describen las actividades realizadas durante el transcurso del trabajo de campo:

3.3.1.1. Preparación del terreno experimental

La realización de las labores de presiembra se llevó a cabo durante los meses de febrero y parte de marzo de 1988.

La primera operación efectuada en el terreno fué la rotu-ración del suelo con el arado de discos.

Luego se realizó un paso de rastra y una cruza en el terreno con la finalidad de reducir al máximo la cantidad y tamaño de los terrones, logrando así un terreno bien mullido para una adecuada cama de siembra.

Es importante mencionar que se realizó una nivelación en el área donde se efectuó el presente trabajo y sus alrededores, moviendo gran cantidad de suelo de la parte Norte hacia el Sur, por lo que el experimento quedó ubicado en el lado donde se removió la mayor cantidad de suelo (en el extremo NE).

En seguida se llevó a cabo un levantamiento topográfico para determinar la orientación del surcado, usandose el nivel y estadal. Posteriormente se hizo el surcado del terreno (NW-SE) utilizandose el arado de rejas. Por último se estacó el terreno a las dimensiones deseadas y en seguida se marcó con cal tanto los bloques como las unidades experimentales.

3.3.1.2. Aplicación del material fertilizante

Al momento de la siembra del cultivo se hizo la incorporación del fertilizante tanto orgánico como inorgánico al suelo, consistente en la aplicación de una mezcla de Compost-Nitrógeno.

La dosis de aplicación de Compost utilizadas en este estudio fueron de 0, 1.5, 3.0 y 4.5 ton/ha, aplicado e incorporado en bandas en las distintas unidades experimentales que conforman los tratamientos distribuidos al azar en cada bloque del experimento; observar Tabla II.

La dosis de aplicación de nitrógeno utilizadas en este estudio fueron de 0, 32, 64 y 96 kg/ha, como se puede ver en la

Tabla II. La fuente de nitrógeno fué la urea (46% de N).

Durante la siembra del cultivo se aplicó un 50% del nitrógeno total, y el resto el día que se dió el tercer riego de auxilio.

Una vez determinadas las cantidades a aplicar por tratamiento tanto de compost como de urea, ver Tabla III; de acuerdo a la distribución de éstos en las unidades experimentales - que constituyen cada bloque del experimento, ver Figura 2, se procedió a realizar las pesadas del compost y luego se le agregó la cantidad de urea según el tratamiento en turno, luego se mezcló bien los materiales anteriores y se procedió a aplicarlos en bandas en el fondo del surco e incorporándose con azadón, ver Figura 1.



Figura 1. Esquema de la aplicación de compost-urea al suelo.

3.3.1.3. Siembra del cultivo

La siembra se efectuó en forma manual, depositándose la semilla en el fondo del surco. La separación entre surcos fue de 90 cm y de 20 cm entre plantas, con la finalidad de tener una densidad de población de 45000 plantas/ha aproximadamente. Para asegurar la germinación y emergencia de las plántulas se-

depositó 3 semillas por punto, a una profundidad de 5 a 7 cm, -enseguida se tapó con azadón. La semilla presentó un 90% de germinación.

3.3.1.4. Manejo del cultivo

Se resume en la Tabla I. Cabe señalar que no se aplicó ningún parasiticida debido a que el ataque de plagas y enfermedades fué mínimo.

Tabla I. Labores realizadas durante el desarrollo del trabajo de campo (Mar-Ago, 1988).

Siembra	22 de marzo
Riego de emergencia	23 de marzo
Emergencia de plántulas	28, 29 y 30 de marzo
Aclareo de plántulas	17 de abril
1er. riego de auxilio	22 de abril
Deshierbe ligero	26, 27 de abril
2do. riego de auxilio	4 de mayo
Aporque	21 de mayo
3er. riego de auxilio	24 de mayo
4to. riego de auxilio	10 de junio
Corte de elote	1 de julio
Corte de forraje	5 de julio
Cosecha de grano	3 de agosto
Desgranado	15 de agosto

3.3.1.5. Trabajos de laboratorio

Los trabajos de laboratorio se realizaron de marzo a abril, de 1989. El trabajo consistió en hacer análisis de algunas características físicas y químicas de las muestras de suelo tomadas antes y después del establecimiento del cultivo, como se puede ver en el punto 3.5.2.

3.3.1.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las distintas variables estudiadas se procesaron en el Centro de Informática de la Facultad, con el objeto de llevar a cabo análisis de varianza, correlaciones, análisis de regresión para las variables con significancia y para las variables de importancia agronómica. Este trabajo se realizó en el mes de mayo de 1989.

3.4. Diseño Experimental

Para la elaboración del presente trabajo se utilizó el diseño bloques al azar, con 9 tratamientos y 4 repeticiones. En cada repetición o bloque se distribuyeron aleatoriamente los 9 tratamientos de que consta el experimento, ver Figura 2.

El arreglo de los tratamientos se derivan de la aplicación de la Matriz Experimental Plan Puebla I, ver Tabla IV. Este arreglo pertenece a los denominados factoriales parciales o incompletos, el cual consiste en un factorial 4x4, dando 16 combinaciones, de las cuales se da una eliminación sistemática de 7 tratamientos, de tal manera que los 9 tratamientos que fueron seleccionados permiten hacer un recubrimiento uniforme-

del espacio de exploración, minimizando el sesgo, ver Figura 3.

Por otra parte, es factible de esta manera probar también algunas interacciones del compost-fertilizante químico que tengan interés, ver Tabla IV.

Tabla II. Niveles de aplicación de Compost-Nitrógeno en Maíz, - en el ciclo temprano en 1988.

Niveles de Compost (ton/ha)	Niveles de Nitrógeno (kg/ha)
0	0
1.5	32
3.0	64
4.5	96

Tabla III. Cantidades aplicadas por unidad experimental de Compost-Urea al momento de la siembra.

Tratamiento	Compost/parcela (kg)	Urea/parcela (g.)
1	0	135
2	5.75	0
3	5.75	135
4	5.75	270
5	11.50	135
6	11.50	270
7	11.50	405
8	17.25	270
9	0	0

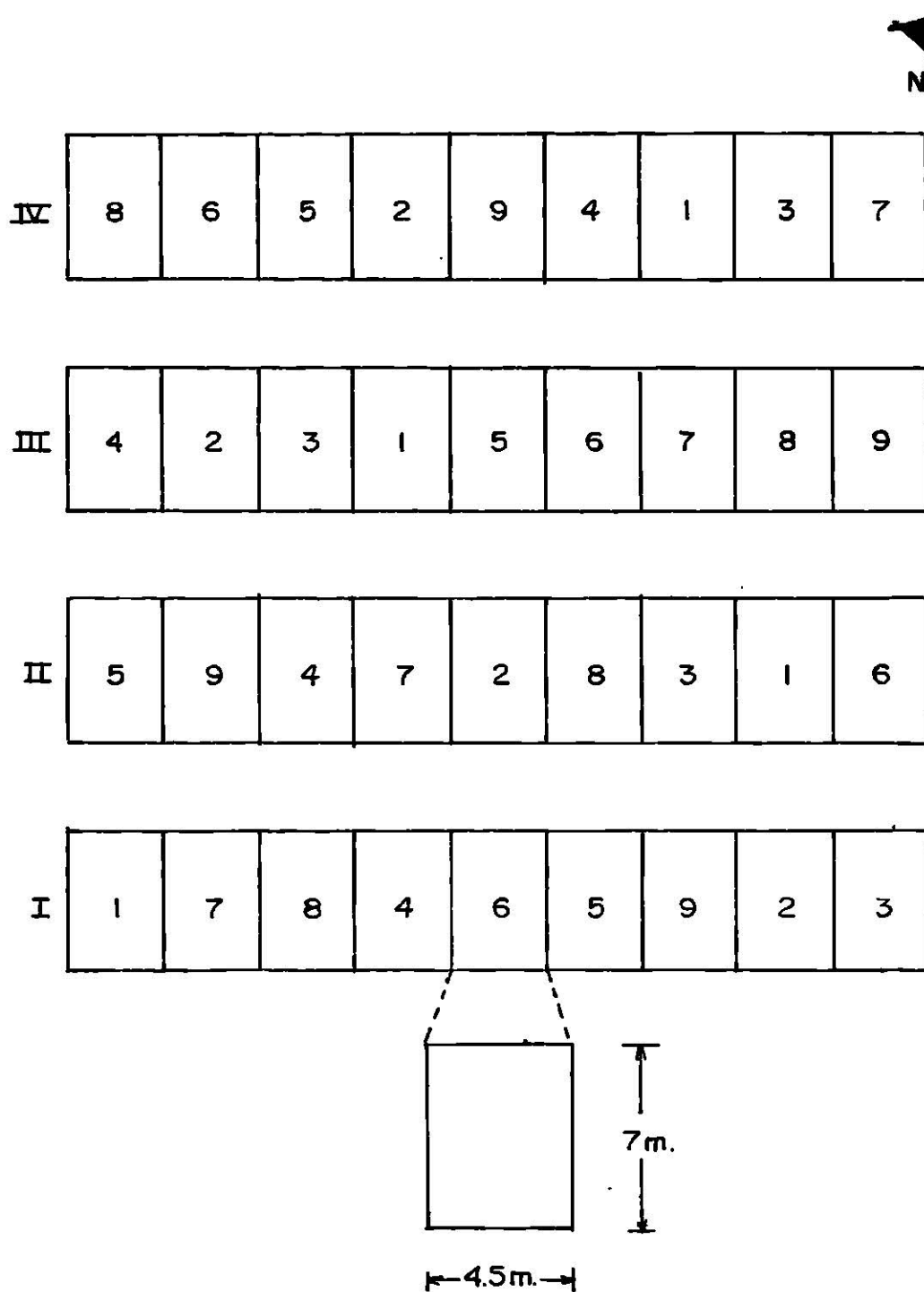


Figura 2. Croquis de la distribución aleatoria de los tratamientos en las parcelas experimentales en el terreno de estudio.

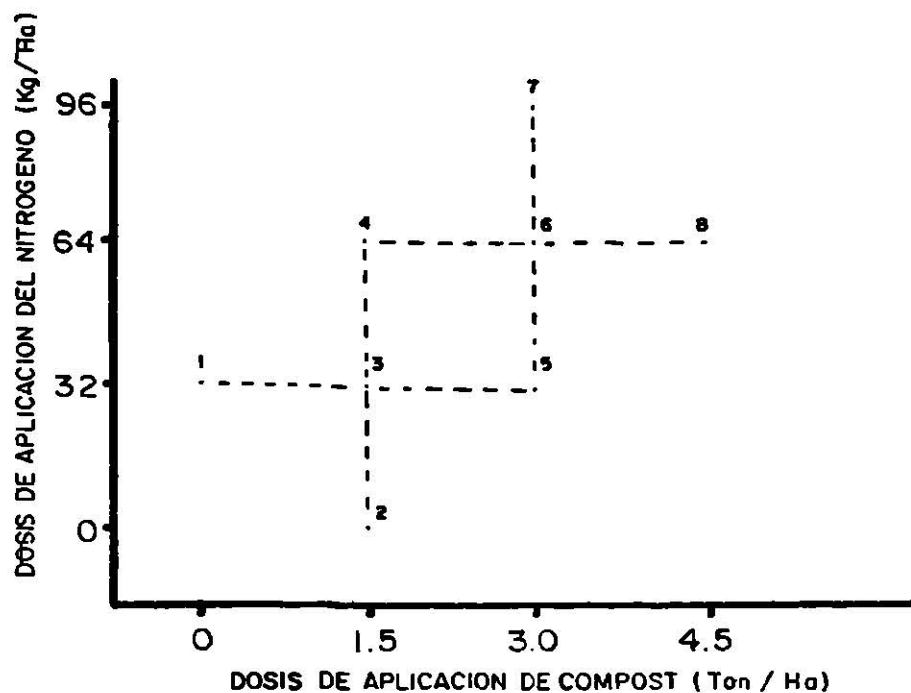


Figura 3. Selección de tratamientos en 2 factores en estudio con 4 niveles de la Matriz Experimental Plan Puebla I.

Tabla IV. Lista de tratamientos en estudio.

Tratamiento	Dosis de Compost (ton/ha)	Dosis de Nitrógeno (kg/ha)
1	0	32
2	1.5	0
3	1.5	32
4	1.5	64
5	3.0	32
6	3.0	64
7	3.0	96
8	4.5	64
9	0	0

En este trabajo experimental se plantearon las siguientes hipótesis de investigación:

H₀: La aplicación conjunta de compost-nitrógeno no produce --- efectos significativos en las características del suelo y del maíz.

H₁: La aplicación conjunta de compost-nitrógeno sí produce --- efectos significativos en las características del suelo y del maíz.

3.4.1. Dimensiones del área experimental

La superficie del experimento estuvo constituida por 50.4 m de largo y 31.0 m de ancho, formando una área total de ----- 1562.4 m².

Cada bloque tuvo una longitud de 50.4 m de largo y 7.0 m de ancho, dando una área de 352.8 m²; en total fueron 4 bloques, con una separación de 1.0 m entre ellos. Cada bloque es tuvo formado por 9 unidades experimentales, en las cuales se distribuyó aleatoriamente los 9 tratamientos que conforman el experimento.

La parcela experimental fué de 7.0 m de largo y 4.5 m de ancho, lo cual constituye una área de 31.5 m². La parcela experimental estuvo formada por 5 surcos con una separación de 0.9 m entre ellos, y una longitud de 7.0 m. Entre cada parcela experimental existió una separación de un surco, el cual se quedó sin ser sembrado. En total, el experimento estuvo integrado por 36 parcelas experimentales.

La toma de datos se llevó a cabo en una superficie de la parcela experimental, denominada parcela útil, la que se delimitó eliminando una distancia de 1.0 m en ambas cabeceras de los surcos que conforman la parcela experimental. La parcela útil presentó una área de 22.5 m².

3.5. Registro de Datos

3.5.1. Variables de la planta

Altura de la planta.- Esta medición se realizó cada 15 días, iniciando a partir de la emergencia de las plántulas. Para esta actividad se eligió al azar dentro de la parcela útil 10 plantas y se midieron desde la base del tallo hasta la última hoja (una vez que se presentó el espigamiento de las plantas, se midió hasta la hoja bandera) y luego se sacó una media para cada parcela experimental. En total se hicieron 5 lecturas de altura de la planta.

Distancia de la inserción del elote al suelo.- Para determinar esta variable, se seleccionó aleatoriamente 10 plantas dentro de la parcela útil, enseguida se midió la altura a la que se encuentra el elote en cada una; posteriormente se obtuvo una media de los datos para cada unidad experimental.

Rendimiento de elote.- Dentro de la parcela útil, se escogió al azar 2 surcos y en éstos se cortó el elote de cada planta en forma manual, luego se pusieron en una bolsa de papel y se identificó a qué número de parcela y repetición pertenecía para luego identificar a que tratamiento correspondía. En se-

guida se pesó cada bolsa con los elotes y se calculó el rendimiento de elote en ton/ha.

Número de plantas/ha para producción de elote.- En los 2 surcos que se cortó el elote, se contaron las plantas involucradas en la variable anterior, y en seguida se calculó el número de plantas/ha para la producción de elote.

Rendimiento de forraje.- Se cortó las plantas de los 2 -- surcos en que se había cosechado el elote, en seguida se pesaron todas estas plantas, identificando a que número de parcela y repetición pertenecían, para luego determinar a que trata--- miento correspondía. Posteriormente se hicieron los cálculos para obtener el rendimiento de forraje en ton/ha.

Número de plantas/ha para producción de forraje.- En los 2 surcos donde se cortaron las plantas para determinar el rendimiento de forraje, se conto el total de éstas, y en seguida se hicieron los cálculos para determinar la densidad de población para la producción de forraje.

Rendimiento de grano.- Se procedió a cortar las mazorcas de los restantes 3 surcos de la parcela experimental, respetando solamente 1.0 m de distancia en cada cabecera del surco. Cada mazorca se desprendió de la planta, en seguida fueron depositadas en una bolsa de papel, luego cada bolsa se marcó a que número de parcela y repetición pertenecía, y así, luego identificar a que tratamiento correspondía. Luego se pusieron a secar a temperatura ambiente hasta alcanzar una humedad del 15% aproximadamente para poder efectuar el desgranado de las mazor

cas. Por último, se pesó el grano obtenido de cada parcela -- útil y se hicieron los cálculos adecuados para determinar el - rendimiento de grano en ton/ha.

Número de plantas/ha para producción de grano.- Se corta ron las plantas en las que se cortó las mazorcas y en seguida- relacionando el número de plantas en la parcela útil, se hi-- cieron los cálculos necesarios para obtener el número de plan- tas/ha para producción de grano.

3.5.2. Variables del suelo

Determinación de Fe, Zn y Mn.- Esta determinación se hi - zo en una muestra de suelo tomada en cada parcela experimental a una profundidad de 0-15 cm al momento de la cosecha, para lo cual se utilizó la barrena Huland. En el laboratorio de sue-- los y aguas de la Facultad se hicieron las preparaciones ade-- cuadas para determinar la concentración de Fe, Zn y Mn en ppm- con el Espectofotómetro de Absorción Atómica.

pH del suelo.- De la muestra de suelo tomada en cada par- cела experimental a una profundidad de 0-15 cm, se hizo la pre- paración en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad pa- ra determinar el pH de cada muestra utilizando el Potencióme-- tro Digital.

Conductividad eléctrica del suelo.- A partir de las mues- tras tomadas, se determinó para cada parcela experimental la - conductividad eléctrica del suelo a una profundidad de 0-15 cm, utilizando el Punete de Wheatstone, y las lecturas se dan en - mmhos/cm a 25°C.

Módulo de ruptura del suelo.- Esta variable se determinó para medir la resistencia mecánica de la costra formada en el suelo. Se determinó para cada muestra tomada por parcela experimental a una profundidad de 0-15 cm. Para efectuar esta medición se utilizó el peso promedio de 5 bloques de suelo hechos de cada muestra (el procedimiento para la elaboración de dichos bloques está en la página 50), los cuales son puestos en el aparato ideado para determinar el módulo de ruptura (el procedimiento de como trabaja este aparato está en la página 40). El promedio del peso necesario para romper los bloques de suelo pertenecientes a cada parcela experimental se sustituye en la fórmula siguiente:

$$S = 3 FL/2 bd^2$$

Donde:

- F = Fuerza de ruptura del ladrillo (g.)
 L = Distancia entre los soportes que sostienen al ladrillo (5.08 cm)
 b = Ancho del ladrillo (3.5 cm)
 d = Espesor del ladrillo (1.0 cm)

Si F, se expresa en dinas (g-peso x 980 cm/seg²) y L, b y d en cm, el módulo de ruptura (S), estaría expresado en dinas. Sin embargo, el módulo de ruptura puede expresarse también en bares o milibares (1 bar=100 milibares=10⁶ dinas/cm²).

Ejemplo: $F=1500$ g

$$S = 3FL/2 \text{ bd}^2$$

$$S = \frac{3(1500 \text{ g})(5.08 \text{ cm})}{2(3.5 \text{ cm})(1.0 \text{ cm})^2}$$

$$S = 3265.714 \text{ g/cm}^2 (980 \text{ cm/seg}^2)$$

$$S = 3200400 \text{ dinas/cm}^2 \div (1,000,000)$$

$$S = 3.2004 \text{ bares}$$

Además, del muestreo de suelo hecho por unidad experimental a una profundidad de 0-15 cm al momento de la cosecha. Se hizo también un muestreo combinado, el cual se hizo para tener un conocimiento general sobre las características edafológicas del terreno donde se iba a establecer el experimento; por lo tanto, los datos obtenidos en este muestreo no se toman como variables bajo estudio en este trabajo de investigación.

Para efectuar el muestreo combinado, se escogieron al azar 5 puntos dentro del área experimental, luego se muestreó a una profundidad de 0-15 cm (suelo) y 15-30 cm (subsuelo), los pozos de muestreo se hicieron con talache, recogiendo 2 kg de suelo aproximadamente de cada profundidad muestreada y se depositó en una bolsa de polietileno. Posteriormente en el laboratorio de suelos y aguas de la FAUAML se hizo un análisis normal del suelo para cada muestra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Para todo problema de caracter científico que se plantea una vez que se han hecho los estudios correspondientes para conocer las causas ó efectos de él, es factible aportar una respuesta que esté fundamentada científicamente, la cual sea capaz de explicar y dar solución a dicho problema.

En este trabajo de investigación se plenteó la problemática de determinar si al aplicar al suelo distintas dosis de compost y nitrógeno (fertilizante orgánico e inorgánico, respectivamente) mezclados, es factible obtener efectos significativos en algunas características del suelo y del maíz.

4.1. Análisis del Muestreo Combinado

En la Tabla V, se presentan los resultados obtenidos una vez que se hicieron los análisis correspondientes para cada muestra de suelo tomada a los 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad respectivamente. En esta tabla se observan las características edafológicas al momento de la siembra del maíz.

4.2. Primer Altura del Cultivo (A-1)

Se obtuvo un efecto altamente significativo en la primer altura del cultivo, medida a los 15 días de haber emergido las plántulas, ver Tabla VI.

Al determinar que sí influyen los tratamientos utilizados en la primer altura del cultivo, se asume que al menos uno de-

ellos es diferente a los demás, por lo tanto es necesario determinar cual o cuales de ellos son los que producen los mejores resultados.

Para hacer la anterior determinación, es necesario someter todos los tratamientos a una prueba de comparación de medias de rango múltiple, para lo cual se usó el método Tukey.

En la comparación de medias de los tratamientos para determinar cual o cuales de ellos es el que aporta los mejores resultados en la altura de las plantas a los 15 días de haber emergido, se determinó que todos los tratamientos, excepto el 6 y 7 tienen un efecto similar y por lo tanto no varían estadísticamente entre ellos. El tratamiento 9 (19 cm) es el que presenta la mayor altura, varía estadísticamente con el tratamiento 6 (16.25 cm) y 7 (16.25 cm) respectivamente, ver Tabla VII.

Dentro del grupo que comprende los mejores tratamientos, se recomienda utilizar aquel que sea más económico, que tenga mayor disponibilidad, que aporte otros beneficios tanto al cultivo como al suelo, etc.

Analizando lo anterior, dentro del bloque de tratamientos con mejores resultados, los más recomendados son el 9 (19 cm), 5 (18 cm) y el 8 (17.75 cm), los cuales además de influir en la altura de las plantas, ayudan en el mejoramiento progresivo de las características físicas y químicas del suelo, tales como la cantidad de micronutrientes, ver Tabla XV; y el pH, CE del suelo y, módulo de ruptura, en Tabla XVI.

Tabla V. Análisis normal de suelo en un muestreo combinado, tomado a una profundidad de 0-15 cm y 15-30 cm respectivamente.

Características	Profundidad (0-15 cm)	Profundidad (15-30 cm)
Materia orgánica	Medianamente pobre	Medianamente pobre
Textura	Arcilloso	Arcillo-Limoso
Color Húmedo	Café obscuro	Café amarillento obscuro
Seco	Grís claro	Grís claro
Nitrógeno	Extremadamente pobre	Extremadamente pobre
Fósforo	176.60 ppm	302.98 ppm
Potasio	165.6030 ppm	144.48854 ppm

Tabla VI. Resultados de los análisis de varianza (ANVA) de todas las variables bajo estudio.

Variable	Significancia	\bar{x}	C.V. (%)
A-1	**	17.31 cm	5.65
A-2	N.S.	34.75 cm	14.81
A-3	N.S.	78.81 cm	10.85
A-4	N.S.	121.75 cm	10.00
A-5	N.S.	169.44 cm	4.07
RG	N.S.	3906.58 kg/ha	27.78
RE	N.S.	11927.14 kg/ha	19.31
RF	N.S.	18219.22 kg/ha	25.81
DIES	N.S.	92.36 cm	5.43
NPG	N.S.	33992.00 plantas/ha	27.96
NPE	N.S.	44445.00 plantas/ha	25.00
NPF	N.S.	45371.00 plantas/ha	25.07
Fe	N.S.	16.40 ppm	19.63
Zn	**	3.09 ppm	17.06
Mn	N.S.	3.22 ppm	8.45
pH	N.S.	7.70	1.00
CE	N.S.	1.022 mmhos/cm	11.08
MR	N.S.	1.282 bares	12.28

N.S. = No Significativo

* = Significativo ($\alpha=0.05$)

** = Altamente Significativo ($\alpha=0.01$)

Tales características del suelo conforme se va incrementando la cantidad de compost aplicado al suelo, se observa una mejora gradual en cada una de ellas, ver Tabla XV y XVI. Si bien, no se detectó efecto del material fertilizante en ciertas variables es porque probablemente se utilizaron dosis bajas de compost, con las cuales no fué suficiente para observar beneficios al someterse tales variables a análisis estadístico; pero sí se observan estas mejoras en forma apreciable ya que el pH se reduce, tendiendo de ligeramente alcalino a neutro; el módulo de ruptura del suelo disminuye, permitiendo así que la resistencia del suelo se reduzca y en la emergencia de las plántulas disminuya en forma progresiva; y, la cantidad de algunos micronutrientes también se incrementa en el suelo, ver Tabla XV y XVI.

Tabla VII. Comparación de medias de los tratamientos para la variable Primer Altura (A-1).

Tratamiento	Media (cm)	$\alpha = 0.01$
9	19.00	a
5	18.00	a
8	17.75	a
4	17.50	a
2	17.25	a
3	17.25	a
1	16.50	a
6	16.25	b'
7	16.25	b

Tabla VIII. Comparación de medias de los tratamientos para la variable Determinación de Zinc en el suelo (Zn).

Tratamiento	Media (ppm)	$\alpha = 0.01$
8	4.13	a
5	3.71	a
7	3.39	a
6	3.01	a
3	2.97	a
2	2.85	a
4	2.79	a
9	2.54	b
1	2.45	b

Una vez hecha la comparación de medias de los tratamientos, el paso siguiente fué efectuar un modelo de regresión para dicha variable en estudio, con la finalidad de determinar el comportamiento de ésta con respecto a los materiales fertilizantes utilizados en el experimento, ver Tabla IX. Este modelo no fué significativo, por lo cual no es necesario determinar la Falta de Ajuste (FA) y el Error Puro (EP). El modelo planteado inicialmente no explica el comportamiento de la variable bajo estudio, siendo ésta explicada solamente por el efecto lineal (regresión lineal) del nitrógeno, con una $R^2 = 0.1118$, como se observa en la Tabla X.

La aplicación conjunta del compost y el nitrógeno no tuvo efectos favorables en el resultado obtenido en la medición de-

la primer altura. La altura de la planta a los 15 días de haber emergido depende en forma lineal del nitrógeno disponible en el suelo, el cual es utilizado por la planta esencialmente en las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo. Es factible que debido a que se aplicó el compost al momento de la siembra, durante los primeros días de emergido el cultivo, éste material todavía estaba en proceso de descomposición por lo que no se detectó su influencia sobre la altura tomada a los 15 días, en forma directa, ya que indirectamente sí intervino al reducir, si no en forma significativa, sí en forma gradual la resistencia de la costra del suelo para permitir que las plántulas emergieran sin mucha dificultad (ver módulo de ruptura en Tabla XVI).

Por otra parte, se realizó la correlación entre todas las variables estudiadas en este trabajo de investigación. En este conjunto de correlaciones, al analizar la variable Primer altura contra el resto de las variables, se observó que solamente con respecto a la variable Determinación de Fe en el suelo se tiene un valor de 0.4391; y al llevar a cabo los modelos de regresión para estas variables, se determinó que el modelo cuadrático es el que mejor explica la relación entre estas 2 variables con una $R^2=0.2184$, en forma significativa, ver Tabla XIV.

Lo antes mencionado es otra de las formas en que el compost al mejorar las características tanto físicas como químicas del suelo, ayuda para que el cultivo tenga mejor crecimiento y desarrollo. Pues al aportar micronutrientes al suelo, ta

Tabla IX. Modelo de regresión completa para la variable Primer altura del cultivo (A-1).

Variable	Valores de Betas β_i	R^2	Significancia
N	-0.2558593 E-01	0.11181	*
CN	0.5729215 E-05	0.14314	N.S.
C	-0.3097219 E-03	0.14545	N.S.
C^2	0.5277719 E-07	0.15237	N.S.
N^2	-0.6713985 E-04	0.15275	N.S.
β_0	18.24167		

Tabla X. Modelo de regresión ajustado de la variable Primer altura del cultivo (A-1).

Variable	Valores
β_0	18.24167
$\beta_1 C$	-
$\beta_2 N$	-0.01627604
$\beta_3 C^2$	-
$\beta_4 N^2$	-
$\beta_5 CN$	-
R^2	0.1118
Significancia	*
Falta de Ajuste	No hay

les como fierro, zinc, etc., las plantas utilizan éstos elementos para su nutrición y sus funciones fisiológicas. El fierro es utilizado por la planta en forma esencial en el proceso de la fotosíntesis, por lo que es indispensable en la planta durante todo su ciclo.

En resumen, el efecto predominante para que la planta alcanzara la máxima altura a los 15 días de haber emergido, fué dado por el nitrógeno absorbido; pero, también en parte se debió al fierro que utilizó la planta y a la reducción de la resistencia del suelo para que la planta emergiera sin mucha dificultad. Estos factores son los que influyeron en mayor proporción sobre la variable Primer altura del cultivo.

4.3. Determinación de Zinc en el Suelo (Zn)

Una vez que se llevó a cabo el análisis de varianza, el resultado obtenido fué altamente significativo para el efecto de la cantidad de zinc (ppm) en el suelo, como puede observarse en la Tabla VI.

Al existir esta diferencia entre los tratamientos, quiere decir que al menos uno de ellos es diferente al resto. Por lo tanto, para determinar cual o cuales son los mejores tratamientos, fué necesario someterlos a una prueba de comparación de medias de rango múltiple, utilizando en esta prueba el método Tukey.

El resultado obtenido una vez hecha la comparación de medias de los tratamientos anteriores, fué que el tratamiento 8,

el cual tuvo la mayor concentración de zinc en el suelo (4.13 ppm) solamente difirió estadísticamente con el 9 (2.54 ppm) y el 1 (2.45 ppm), teniendo un comportamiento semejante con el resto de los tratamientos estadísticamente, ver Tabla VIII.

Dentro del conjunto de tratamientos que tienen efecto similar, es recomendable utilizar, como ya se dijo con anterioridad, aquel que sea más económico, que tenga mayor disponibilidad, que aporte mayor cantidad del elemento al suelo, y que influya benéficamente en otras propiedades del suelo.

En este experimento, se observa que se aporta mayor cantidad de zinc al suelo, conforme se eleva la cantidad de compost aplicado, como se puede ver en los tratamientos 8 (4.13 ppm), 5 (3.71 ppm), 7 (3.39 ppm), y así sucesivamente, ver Tabla XV.

De ahí se deriva la importancia del uso de los fertilizantes de origen orgánico, los cuales además de influir en la nutrición de las plantas, aportan grandes beneficios en algunas propiedades físicas y químicas del suelo en forma gradual pero constante, ver Tablas XV y XVI.

Para determinar el comportamiento de esta variable con respecto a los materiales fertilizantes empleados en esta investigación (compost-nitrógeno) se realizó un modelo de regresión múltiple, el cual resultó altamente significativo, en todos los efectos tanto lineal como cuadrático del compost y nitrógeno, así como en su interacción, observar Tabla XII.

Se observó que el efecto lineal del nitrógeno es el que mejor explica el comportamiento de esta variable con una -----

$R^2 = 0.46286$, ver Tabla XII.

En seguida, debido a que el modelo de regresión múltiple planteado originalmente resultó altamente significativo, fué necesario determinar la Falta de Ajuste (FA) y el Error Puro (EP) para dicho modelo, observar Tabla XI.

Los cálculos correspondientes a la FA y EP se enuncian a continuación:

Tabla XI. Análisis de varianza para determinar la Falta de Ajuste y Error Puro del modelo de regresión múltiple para la variable Determinación de Zn en el suelo.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Significancia
Regresión	5	9.034	1.807	5.18	**
Residual	30	10.484	0.349		
FA	3	0.740	0.2467	0.683	N.S.
EP	27	9.744	0.361		

Los cálculos correspondientes se realizaron de la siguiente manera:

Grados de libertad de la falta de ajuste (GL_{FA})

Grados de libertad del error puro (GL_{EP})

$$GL_{FA} = GL \text{ Tratamientos} - GL \text{ regresión}$$

$$= 8 - 5$$

$$= 3$$

$$GL_{EP} = SC \text{ Tratamientos} - SC \text{ regresión}$$

$$= 30 - 3$$

$$= 27$$

Sumatoria de cuadrados de falta de ajuste (SC_{FA})

Sumatoria de cuadrados del error puro (SC_{EP})

$$SC_{FA} = SC \text{ Tratamientos} - SC \text{ regresión}$$

$$= 9.774 - 9.034$$

$$= 0.440$$

$$SC_{EP} = SC \text{ residual} - SC_{FA}$$

$$= 10.484 - 0.740$$

$$= 9.794$$

La falta de ajuste del modelo de regresión múltiple para esta variable resultó no significativo, por lo tanto no hay -- falta de ajuste en dicho modelo. Y, se considera que el modelo de regresión múltiple planteado originalmente sí explica adecuadamente el comportamiento de los datos obtenidos en la variable bajo estudio, ver Tabla XIII.

Por otra parte, se llevó a cabo la correlación de esta variable contra el resto de las variables bajo estudio; obteniéndose solamente un valor alto al relacionarse con la dosis de compost aplicado al suelo, teniendo una $R^2=0.4468$ el cual es altamente significativo, ver Figura 12. En ésta se observa -- que conforme se aplican dosis mayores de compost, la cantidad de zinc que se adiciona al suelo aumenta en forma proporcional al fertilizante aplicado, lo cual por una parte es benéfico, -- ya que la planta lo puede aprovechar en la cantidad que lo requiera, pero por otra parte, al aumentar la cantidad de este -- elemento, puede llegar a un punto en que sea tóxico, tanto para la planta, o bien, evitar la disponibilidad de otros elemenu

tos útiles a la planta, además puede causar daño a la microflore y microfauna del suelo (Mortvedt et al, 1972).

En la Figura 4, se determina la respuesta de la variable-Determinación de zinc en el suelo de acuerdo a las dosis aplicadas al suelo de compost y nitrógeno respectivamente. En la cual al hacer un análisis de dicha gráfica, es factible observar que la cantidad de zinc en el suelo aumenta directamente a medida que se aplican mayores cantidades de compost, obteniéndose los mayores valores al aplicar 4500 kg/ha de compost con 0, 32 y 64 kg/ha de nitrógeno respectivamente. Y, al incrementar conjuntamente las dosis tanto de compost como de nitrógeno, se observa un decrecimiento en la cantidad de zinc contenido en el suelo.

Una posible explicación a tal declinación del zinc en el suelo es la siguiente:

Según Buckman (1970), los cationes microelementos (Fe, Zn, Mn, Cu) pueden estar contenidos en una combinación orgánica. Los microorganismos también asimilan éstos micronutrientes a medida que los necesitan para muchas de sus transformaciones microbianas. De lo anterior se deriva dicha explicación, ya que el nitrógeno aplicado en mezcla con el compost tiene la finalidad de acelerar la descomposición del compost (materia orgánica); y, a medida que se incrementa la cantidad de nitrógeno aplicado, se multiplica más rápido la cantidad de microorganismos, y por lo tanto, al haber más microorganismos en el suelo, éstos consumen una mayor cantidad de zinc presente en el

suelo, dando como resultado una disminución en la cantidad de este elemento en el suelo al aumentar las dosis de aplicación-compost-nitrógeno.

Otra posible explicación de este fenómeno, que en lo personal considero menos probable es el hecho de que al existir más nitrógeno en el suelo se produzca un enmascaramiento, eliminación, o bien, sustitución del zinc, y por lo tanto el elemento final dominante en la solución del suelo sea el nitrógeno.

4.4. Relación entre Variables Estudiadas de Caracter Agronómico

Para conocer tales relaciones y tratar de darles la explicación más lógica, se llevó a cabo el análisis de distintos modelos de regresión (lineal, cuadrático, logarítmico y exponencial) para ver cual de ellos explica con mayor grado de confiabilidad (R^2) dicha relación entre la variable dependiente y la variable independiente de cada regresión, ver Tabla XIV.

En la Figura 5, se observa que con una dosis aplicada al suelo de 1500 a 4500 kg/ha de compost, se obtiene una distancia de la inserción del elote al suelo de 90 cm aproximadamente, lo cual es muy benéfico desde el punto de vista práctico para efectuar el manejo del producto cuando se lleva a cabo el corte del elote. Esta altura permite manipular sin problema la separación del elote de la planta.

Tabla XII. Modelo de regresión múltiple completo para la variable Determinación de zinc en el suelo (Zn).

Variable	Valores de Betas	R ²	Significancia
C ²	0.995 02 68 E-07	0.43476	**
C	0.2291434 E-03	0.44627	**
CN	-0.6031769 E-05	0.45655	**
N ²	0.1364196 E-03	0.46152	**
N	-0.2879360 E-02	0.46286	**
β ₀	2.463425		

Tabla XIII. Modelo de regresión ajustado de la variable Determinación de zinc en el suelo (Zn).

Variable	Valores
β ₀	2.463425
β ₁ ^C	0.000229
β ₂ ^N	-0.002879
β ₃ ^{C²}	0.00000009
β ₄ ^{N²}	0.0001364
β ₅ ^{CN}	-0.000006
R ²	0.46286
Significancia	**
FA	No hay

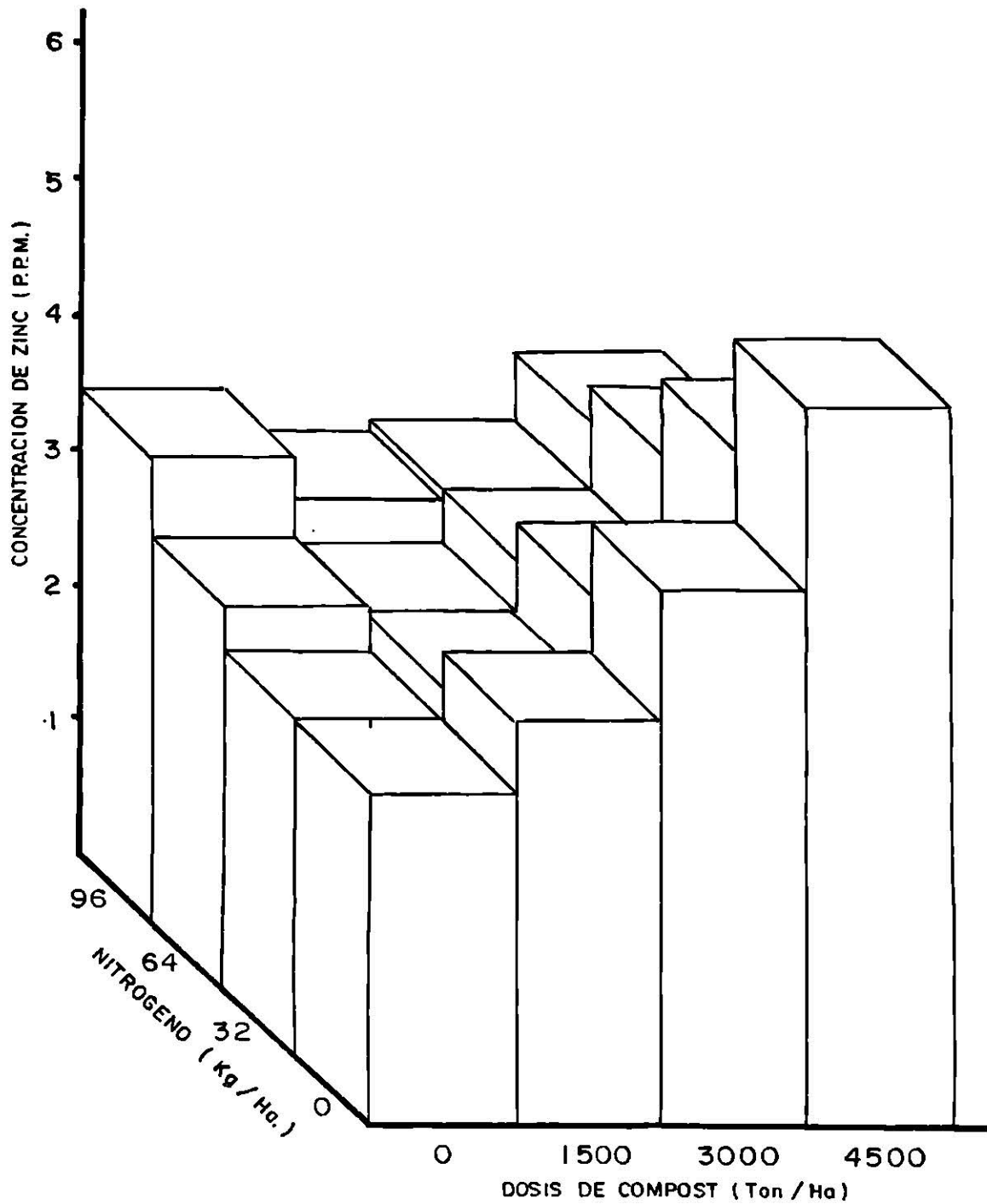


Figura 4. Respuesta del contenido de zinc en el suelo según las dosis de compost-nitrógeno aplicadas en el experimento.

Tabla XIV. Concentración de resultados de los modelos probados dentro de las variables con correlaciones significativas.

Variables	A) $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$	B) $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2^2$	C) $Y = \beta_0 + \text{Log } \beta_1 X_1$	D) $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1^{\beta_1}$	R^2
RF-A4			✓		0.2011**
RE-A5		✓			0.2024*
DIES-DC			✓		0.3000**
DIES-DN	✓				0.2363**
DIES-A5	✓				0.1996**
RE-NPF		✓			0.2857**
RE-RF	✓				0.4536**
RG-NPG	✓				0.6759**
RE-NPE		✓			0.5333**
RF-NPE	✓				0.3372**
RF-NPF		✓			0.3789**
NPE-NPF	✓				0.8484**
DIES-A4		✓			0.2602*
Zn -DC		✓			0.4463**
Al-Fe		✓			0.2184*
A2-CE		✓			0.4182**
A3-CE	✓				0.2965**

A = Modelo lineal

B = Modelo cuadrático

C = Modelo logarítmico

D = Modelo exponencial

✓ = Modelo más adecuado para la regresión de esas 2 variables

La Figura 6, nos muestra que mientras no se llegue al punto límite de densidad de población, el rendimiento del elote (kg/ha) se incrementa en forma constante al haber más plantas por unidad de superficie. La planta donde se cortó el elote, se usó para forraje.

En la Figura 7, se manifiesta un incremento continuo en el rendimiento de elote (kg/ha) mientras más sean las plantas destinadas para este fin, las que se utilizan como forraje. Es este incremento es lógico que se manifieste mientras no se rebasa la densidad de población óptima.

Como puede verse en la Figura 8, mientras no se exceda la densidad de población adecuada para el cultivo de maíz, el rendimiento del grano se incrementa en forma constante mientras mayor número de plantas exista en una área, claro esta, respetando la distancia entre surcos y entre plantas, pues estos factores actúan en forma preponderante en este fenómeno.

La Figura 9, nos permite observar que se presenta un aumento gradual en el rendimiento de elote a medida que se eleva el número de plantas por unidad de superficie, obviamente, --- mientras no se sobrepase la densidad de población adecuada.

Al analizar la Figura 10, se observa que el rendimiento de forraje se incrementa en forma constante al aumentar el número de plantas en el área, cuidando de mantener un límite óptimo de población. La planta donde se cosecha el elote, se -- utiliza como forraje.

En la Figura 11, se determina que al tener una mayor can-

tividad de plantas por unidad de superficie, sin exceder los límites normales de población, se tienen más plantas disponibles para la cosecha de elote y por ende de forraje.

La Figura 12, nos permite observar que la cantidad de zinc (ppm) aportada al suelo se incrementa gradualmente al incrementarse la dosis de compost aplicado al suelo (kg/ha). Este incremento es más lento al aplicar cantidades de 0 a 1500 kg/ha, pero se hace más dinámico al aumentarse dicha dosis hasta 4500 kg/ha, que comprende la máxima dosis aplicada de compost en este experimento.

Por último, la Figura 13, permite observar que la cantidad de sales presentes en el suelo son de vital importancia para el cultivo si éstas están en niveles adecuados. En este experimento, el suelo contiene relativamente poca cantidad de sales, ya que posee como valor máximo 1.6 mmhos/cm, mientras que un suelo para que tenga problemas de salinidad debe tener más de 2.1 mmhos/cm. Por consiguiente, las sales nutritivas presentes permiten un incremento constante en el crecimiento y desarrollo de la planta. Claro está, mientras no se tengan concentraciones de dichas sales perjudiciales para la planta.

4.5. Rendimiento de Elote, Grano y Forraje

En estas tres variables no se detectó efecto significativo en los tratamientos, ver Tabla VI; lo cual es probablemente debido a que se usaron dosis bajas de la mezcla compost-nitrógeno. Aunque al analizar la Tabla XVII se puede observar un -

incremento en la producción al hacer las distintas aplicaciones al suelo de la mezcla compost-nitrógeno. Observando un rendimiento de elote más elevado al hacer aplicaciones de 1.5-ton/ha de compost y 32 kg/ha de nitrógeno (T3). El rendimiento mayor con respecto al grano, se obtuvo al aplicar 1.5 ton/ha de compost y 32 kg/ha de nitrógeno (T3). Y, el rendimiento más elevado con respecto al forraje se obtuvo al aplicar dosis de 3.0 ton/ha de compost y 64 kg/ha de nitrógeno (T6).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de los datos obtenidos en la evaluación de -- las distintas variables bajo estudio, nos proporcionan la evidencia necesaria para rechazar la hipótesis nula planteada en el experimento y, poder concluir que sí existe efectos significativos con la aplicación conjunta de compost-nitrógeno al suelo, en distintas dosis de cada material (0, 1.5, 3.0 y 4.5 --- ton/ha de compost y 0, 32, 64 y 96 kg/ha de nitrógeno, respectivamente).

Las variables estudiadas que manifestaron respuesta a los factores de fertilización (compost-nitrógeno) fueron: Primer - altura del cultivo y la Determinación de zinc en el suelo.

La primer altura del cultivo, medida a los 15 días de haber emergido éste, presentó un efecto altamente significativo-entre los tratamientos estudiados. Las mayores alturas hasta-este período fueron alcanzadas con los tratamientos 9 (19 cm), 5 (18 cm), y 8 (17.75 cm) respectivamente, dentro del grupo de los mejores tratamientos.

Independientemente de que la primer altura de las plantas sea explicada principalmente por el efecto lineal del nitrógeno, es muy importante el uso de los abonos orgánicos como el -compost, ya que éstos influyen en la modificación gradual de - las propiedades físicas y químicas de los suelos. Y, como consecuencia, el compost aplicado actúa indirectamente sobre esta variable al ayudar a reducir la resistencia del suelo a ser -quebrado por las plántulas al momento de emerger; además, pro-

porciona elementos nutritivos al suelo que son aprovechados -- por las plantas (Fe, Mn, Zn, etc.).

La determinación de zinc en el suelo tuvo un efecto altamente significativo entre los tratamientos usados en el experimento. Se obtuvieron resultados más sobresalientes con los -- tratamientos: 8 (4.13 ppm), 5 (3.71 ppm) y 7 (3.39 ppm) respectivamente dentro del grupo de los mejores tratamientos.

Según Buckman y Brady (1970), los 4.13 ppm de Zn equivale a 16.107 kg/ha de zinc, clasificandose dicho suelo como medianamente bajo con respecto a este elemento.

La cantidad de zinc contenido en el suelo se eleva a medida que se incrementa la cantidad de compost y se reduce la dosis del nitrógeno. Y, al incrementar la dosis de ambos materiales se presenta una disminución en la cantidad de zinc contenido en el suelo, debido a que el zinc probablemente es consumido al igual que el nitrógeno por los microorganismos del -- suelo.

El rendimiento, tanto de elote, forraje y grano, son considerados como buenos comparandolos con la producción promedio de la región, aunque no se hayan obtenido efectos significativos para estas variables en forma cuantitativa. Pues en las -- características cualitativas está comprobado científicamente -- que al aplicar al suelo abonos orgánicos se obtienen grandes -- beneficios, tales como un mayor contenido de proteínas, más -- azúcares, mejor presentación, etc.; lo cual es muy apreciado -- en países como Estados Unidos, donde incluso, se tiene priori-

dad por estos caracteres.

En ciertas propiedades físicas y químicas del suelo, tales como el contenido de micronutrientes, pH, conductividad eléctrica y módulo de ruptura del suelo, si bien, no se detectaron efectos significativos entre los tratamientos usados, sí es posible observar un mejoramiento lento pero en forma constante y gradual de dichas características.

La aplicación conjunta del fertilizante orgánico e inorgánico es una decisión muy acertada pues de esta forma se acelera la descomposición del material orgánico con la ayuda del nitrógeno contenido en el fertilizante inorgánico aplicado en dosis bajas. De esta manera, los productos orgánicos finales de la degradación que son aprovechados por el suelo y el cultivo son obtenidos en un período de tiempo más corto.

Personalmente, considero de gran importancia plantear como objetivo principal al aplicar algún abono orgánico al suelo (compost, estiércol, etc.) no el hecho de obtener principalmente incrementos en la producción de los cultivos, sino que los beneficios se enfoquen en principio a mejorar las características tanto físicas como químicas del suelo. Pues una vez que se haya logrado tener una adecuada fertilidad, el suelo nos va a dar los rendimientos que esperamos, si no en forma espectacular, sí en forma constante año con año, mientras mantengamos la fertilidad del suelo en equilibrio.

Dentro de las recomendaciones o sugerencias según los resultados obtenidos en el presente trabajo, se tienen las siguientes:

Debido a que en la mayoría de las variables estudiadas no se detectó efectos significativos, sugiero que se lleven a cabo otros experimentos similares, pero elevando las dosis de -- compost-nitrógeno aplicadas al suelo en bandas. Pues con las -- utilizadas en este trabajo se observa la tendencia hacia un me joramiento en las características del suelo (Fe, Zn, Mn, pH, - CE, MR), y del cultivo.

En otros trabajos de investigación se recomienda aplicar el compost de 40 a 60 días antes de la siembra del cultivo. -- Por lo tanto se recomienda hacer otros trabajos usando las mis mas dosis de compost-nitrógeno aplicadas en bandas, pero en -- ciertas fechas antes de la siembra. Ya que de esta manera, se evitaría la posibilidad de que exista cierta competencia entre el cultivo en sus primeras fases de desarrollo y los microorga nismos del suelo (que utilizan el nitrógeno para descomponer - la materia orgánica) por el aprovechamiento del nitrógeno apli ca do al momento de la siembra para ser utilizado en la degrada ción del compost.

Otra sugerencia muy importante es llevar a cabo otros ex- perimentos en la misma área con la finalidad de estudiar la re sidualidad del compost, pues en otros cultivos donde se han he cho estudios similares, se han logrado resultados más substan- ciosos después del primer ciclo de cultivo.

En el análisis del suelo se detectó que se presenta un me joramiento lento pero gradual y constante en las característi- cas de éste, por lo tanto, considero que es muy benéfico la -- aplicación del compost al suelo para lograr elevar la fertili-

dad de los suelos de la región, los cuales por características propias del área son pobres en fertilidad (debido al clima y vegetación principalmente).

A causa de los problemas de fertilidad ya descritos, se recomienda la aplicación de compost, de preferencia en pequeñas cantidades (como las usadas en este experimento) en intervalos cortos de tiempo (en cada ciclo de cultivo), ya que se ha comprobado que de esta manera es más efectivo este abono orgánico.

Por medio de estudios en los suelos de la región se ha llegado a la conclusión de que el nitrógeno aplicado através de fertilizantes inorgánicos, no es aprovechado por las plantas, lo cual repercute en los bajos rendimientos que se obtienen. Para tratar de solucionar este problema, es necesario buscar otras fuentes de aplicación del nitrógeno para que éste sea utilizado por el cultivo; y una de esas posibles respuestas es la adición del compost al suelo, o bien, la fertilización foliar.

Si bien, la aplicación del compost (y otros abonos orgánicos) es considerada como una inversión fuerte, debemos analizar que es muy deplorable ver que año con año las cosechas que se obtienen en estos suelos de mala calidad van siendo menores, lo que ha provocado que cada día sea menor la cantidad de gente que se dedica a la explotación de cultivos en general, por lo que bien vale la pena el sacrificio de hacer dicha inversión (si existe la posibilidad) para la recuperación de

esos suelos que através del tiempo nos han proporcionado nuestros alimentos, sin pedirnos nada a cambio.

VI. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Aguirre C., J.E. 1979. Manual de prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelos. FAUANL. pp. 11,23,39,42,46,-52,64 y 68.
- Alexander, M. 1965. Introduction to soil microbiology. Third printing. John Wiley & Sons, Inc. New York, United States of America. pp. 15, 61, 148, 154 y 174.
- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Trad. del inglés por J.J. Peña C. AGT Editores. México, D.F. pp. 24,124-144, 279-306.
- Bastidas, V. y S. Lavín. 1975. Modificación nitrogenada de la fracción húmica de compost de basuras urbanas con fines de fertilidad. VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. pp. 43, 92.
- Baver, L.D. 1973. Física de suelos. Trad. del inglés por J.M. Rodríguez. UTEHA. México, D.F. pp. 91, 136-138.
- Buckman H.,O. y N. C. Brady. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simón, S.A. España. pp. 141, --399, 435, 483.
- Centro de Investigaciones Agrícolas. 1980. El cultivo del maíz

en México. Centro de Investigaciones Agrícolas. México, D.F. pp. 43-47.

Cooke G., W. 1984. Fertilización para rendimientos máximos. --- CECSA. México, D.F. pp. 49, 57, 58 y 63.

Cota G., E. y S. Lavín. 1975. Mineralogía de compuestos húmicos por acción microbiológica en la humificación de residuos sólidos. VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. pp. 54, 55.

Demolon, A. 1965. Dinámica del suelo. Tomo I. Traducida de la quinta edición francesa por José Pérez Malla. Omega. Barcelona, España. pp. 442, 449 y 450.

Díaz del Pino, A. 1964. El maíz. 2a. edición corregida y aumentada. Editorial Bartolomé Trucco. México, D.F. pp. 213-215.

Espinosa F., J. 1988. Evaluación del abonado con compost bajo dos modos de aplicación en cuatro fechas de incorporación antes de la siembra con cuatro dosis en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) bajo riego en la región de Marín, N.L. Tesis FAUANL. pp. 43-45, 48, 49, 100.

Fassbender H., W. 1975. Química de suelos con énfasis en América Latina. Editorial ITCA. Costa Rica. pp. 76, 77.

Firman E.,B. 1953. Soils and fertilizers. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, U.S.A. pp. 168,169,179.

Firman E.,B. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. pp. 161,162.

Fitz Patrick E.,A. 1984. Suelos: Su formación, clasificación y distribución. Traducido del inglés por Antonio Marino Ambrosio. CECOSA. México, D.F. pp. 151,152.

Gamboa O.,E.M. 1986. Evaluación de la pigmentación a varias dosis de xantophyllas y alimentación con 3 y 4% de compost de basura en pollos de engorda. Tesis ITESM. p. 10.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM. México, D.F. p. 151.

García F.,J. y García del C.,R. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Editorial Aedos. Barcelona, España. pp. 4079, 80.

Gaucher, G. 1971. El suelo: Sus características agronómicas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. pp. 534-536.

Glanze, P. 1977. El maíz de grano. Ediciones Euroamericanas. México, D.F. p. 137.

- Hanson ,H. 1974. Memoria: El mejoramiento del maíz a nivel mun
dial en la década del setenta y el papel del CIMMYT. El-
Patán, México. p. 17.
- Hanway J.,J. 1971. How a corn plant develops. Special report--
No. 48. Trad. por CIMMYT. Iowa State University of Scien-
ce and Tecnology, U.S.A. pp. 20, 21.
- Jacob, A. y H.V. Uexkull. 1973. Fertilización-nutrición y abo-
nado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. --
por L. López Martínez de Alva. Cuarta edición en español.
Ediciones Euroamericanas. México, D.F. p. 65.
- Kabisch, H. 1972. Gufa práctica del método biodinámico en agri-
cultura. Trad. del francés por Alberto Geremías y Domingo
G. Bellisola. Ediciones de la Facultad. Barcelona, España. pp.
32,33,35-38.
- León A.,R. 1984. Nueva edafología: Regiones tropicales y áreas
templadas de México. Gaceta, S.A. México, D.F. pp.196,201.
- Lyon R.,L. y Buckman H.,O. 1956. Edafología: Naturaleza y pro-
piedades del suelo. Trad. de la cuarta edición en inglés-
por Victor S. Nicollier. Continental. México, D.F. pp. 9-
11, 415.
- Mayorga M.,G. 1979. Efecto del compost y nitrógeno sobre la --

producción de maíz NLVS-1 enano, durante el verano de ---
1978 en Apodaca, N.L. Tesis ITESM. pp. 18, 19.

Mendoza T.,N. 1986. Efecto residual del abonado con compost en algunas propiedades físicas y químicas del suelo, y su influencia en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)- bajo riego en Marín, N.L. Tesis FAUANL. pp. 86,92,94,100- y 106.

Mesta M.,P. 1988. Evaluación del efecto residual del abonado - con compost, en algunas características físicas y quími--cas del suelo, después del sexto ciclo de aplicado, y su- influencia en el cultivo de trigo (Triticum aestivum L.)- bajo riego en Marín, N.L. Tesis. FAUANL. pp. 25-27,60,67.

Mortvedt J.,J,; P.M. Giordano; W.L. Lindsay. 1972. Micronutri- ents in agriculture. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin USA. pp. 362,366,380.

Nieto G.,L.A. 1986. Efecto residual del abonado con estiércol- de ganado vacuno, en algunas propiedades físicas y quími- cas del suelo y su influencia en el cultivo del frijol -- (Phaseolus vulgaris L.) bajo riego en el municipio de Ma- rín, N.L. Tesis FAUANL. pp. 14,45,51,65,71,74.

Núñez E.,M. y H. Castro Z. 1977. Efecto residual de fertilizantes químicos y gallinaza en maíz de temporal en el sures-

te del Valle de México. Avance en la enseñanza e investigación. UACH. México, D.F. pp. 8, 10, 11.

Ortíz V., B. y C.A. Ortíz S. 1980. Edafología. Tercera edición. UACH. Chapingo, México, D.F. pp. 103-106.

Palmer R., G. y R. Troeh F. 1979. Introducción a la ciencia -- del suelo: Manual de laboratorio. Editor, S.A. México, D. F. p. 88.

Park D., R. and E. Maurice. 1975. Crop husbandry. Second edi--- tion. Oxford University Press. London, England. pp. 24, 25, 34.

Robinson, G.W. 1960. Los suelos: su origen, constitución y clasificación. Introducción a la edafología. Trad. de la tercera edición inglesa por J.L. Amorós. Omega. Barcelona, - España. pp. 186, 187, 188.

Robinson, G.W. 1967. Los suelos: su origen, constitución y clasificación. Introducción a la edafología. Trad. de la tercera edición inglesa por J.L. Amorós. Segunda edición. -- Omega. Barcelona, España. pp. 187, 188, 189.

Robinson, R.G. 1983. Yield and composition of field bean and adzuki bean in response to irrigation, compost and nitrogen. Agronomy Journal. pp. 75:31-34.

- Robledo R., S. 1988. Evaluación de la residualidad del abonado con compost después del quinto ciclo de estudio, en algunas propiedades físicas y químicas del suelo, y su influencia en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)-Marín, N.L. Tesis, FAUANL. pp. 58,59,63,126,128.
- Robles S., R. 1983. Producción de granos y forrajes. Cuarta edición. Limusa. México, D.F. pp. 1,21,22,32,33,74,75.
- Salas, A.S. 1986. Evaluación del efecto residual del abonado con compost en algunas características físicas y químicas del suelo, y su influencia en el cultivo del trigo (Triticum aestivum L.), bajo riego en Marín, N.L. Tesis, FAUANL pp. 45-48, 74,91,94.
- Saucedo R., L.C. 1986. Comparación de dos pigmentadores y evaluación de raciones con 4% de compost de basura en pollos de engorda. Tesis, ITESM. p. 23.
- S.E.P. 1982. Suelos y fertilización. Manual para la educación-agropecuaria. Trillas. México, D.F. pp. 23,24,33-35.
- Soil Science Department North Carolina State University, 1975. Agronomic-Economic research on tropical soils. Annual report for 1975. U.S.A. Agency for international development. Raleigh, N.C. p. 192.

- Sprague, G.F. 1977. Corn and corn improvement. Number 18 in -- the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. - Publisher. Madison, Wisconsin, U.S.A. pp. 310-312.
- Tabora M.,G.R. 1987. Estudio comparativo del efecto de suplementar dos promotores del crecimiento y el uso de compost de basura en la alimentación de pollos de engorda. Tesis, ITESM. pp. 21,22.
- Tamhane R.,V.; Motiramani P.,D.; Bali P.,Y. 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Traducido del inglés por A. Romeo del Valle. Editorial Diana. México, - D.F. pp. 35,36,60,61,65-68,231-235,271,272.
- Teuscher, H. y R. Adler. 1965. El suelo y su fertilidad. CECSA México, D.F. pp. 131-141,320-326.
- Thompson L.,M. 1966. El suelo y su fertilidad. Tercera edición Trad. del inglés por Clara Camprubí. Reverté, S.A. Barcelona, España. pp. 75-81, 84-89.
- Tisdale S.,L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. - UTEHA. México, D.F. pp. 635,637.
- Través S.,G. 1962. Abonos. Vol. II. Editorial Sintés. Barcelona, España. pp. 112-121, 128, 129.

Treviño O., J.A. 1980. Prueba de diferentes niveles de compost, en el cultivo de trigo (Triticum aestivum L.) en la hacienda "San Isidro", municipio de los Ramones, N.L. Tesis FAUANL. pp. 3-8, 24, 26.

Velasco M., H.A. 1960. Elementos de fertilidad del suelo. Universidad de Coahuila, Buena Vista Coah., México. p. 67.

Voisin, A. 1966. Nuevas leyes científicas en la aplicación de los abonos. Trad. del francés por Justo Nombela. Tecnos, S.A. Madrid, España. pp. 73, 78, 116, 117, 131, 132.

Wilson K., H. y A.Ch. Rocher. 1965. Producción de cosechas. Trad. del inglés por José Luis de la Loma. Segunda impresión. CECOSA. México, D.F. pp. 220, 221.

VII. A P E N D I C E

Tabla XV. Concentración de datos del contenido de micronutrientes presentes en el muestreo del suelo (0-15 cm de profundidad) del experimento.

Tratamiento	Fierro (ppm)	Manganeso (ppm)	Zinc (ppm)
1	15.236	3.372	2.449
2	19.439	3.063	2.853
3	14.711	3.310	2.966
4	15.762	3.248	2.786
5	19.439	3.372	3.706
6	16.287	3.063	3.010
7	13.660	3.249	3.392
8	18.388	3.187	4.133
9	14.711	3.125	2.539

Tabla XVI. Concentración de datos de algunas propiedades físicas y químicas del suelo del sitio experimental.

Tratamiento	C.E. mmhos/cm)	pH	M.Ruptura (bares)
1	1.075	7.707	1.625
2	1.050	7.655	0.978
3	0.800	7.712	1.689
4	1.050	7.740	1.304
5	0.950	7.660	1.270
6	1.125	7.702	1.172
7	0.925	7.680	1.132
8	1.150	7.622	1.157
9	1.075	7,715	1.215

Tabla XVII.. Rendimiento promedio de elote, grano y forraje por tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento de elote (kg/ha)	Rendimiento de grano (kg/ha)	Rendimiento de forraje (kg/ha)
1	12086.25	4051.75	19958.50
2	10836.00	3656.25	16597.00
3	13614.00	4490.50	17889.00
4	12197.00	4257.25	19333.75
5	12183.00	3719.25	18361.00
6	12377.75	4162.75	20083.50
7	11155.75	3648.75	17777.75
8	12641.50	3670.25	19111.25
9	10252.50	3552.50	14861.25

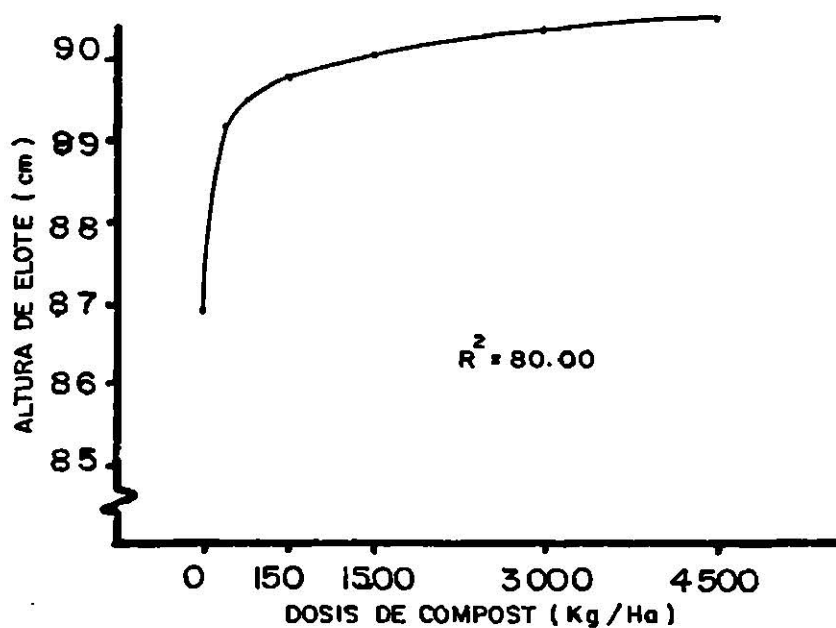


Figura 5. Relación logarítmica de las variables Distancia de inserción del elote al suelo y la Dosis de Compost aplicado.

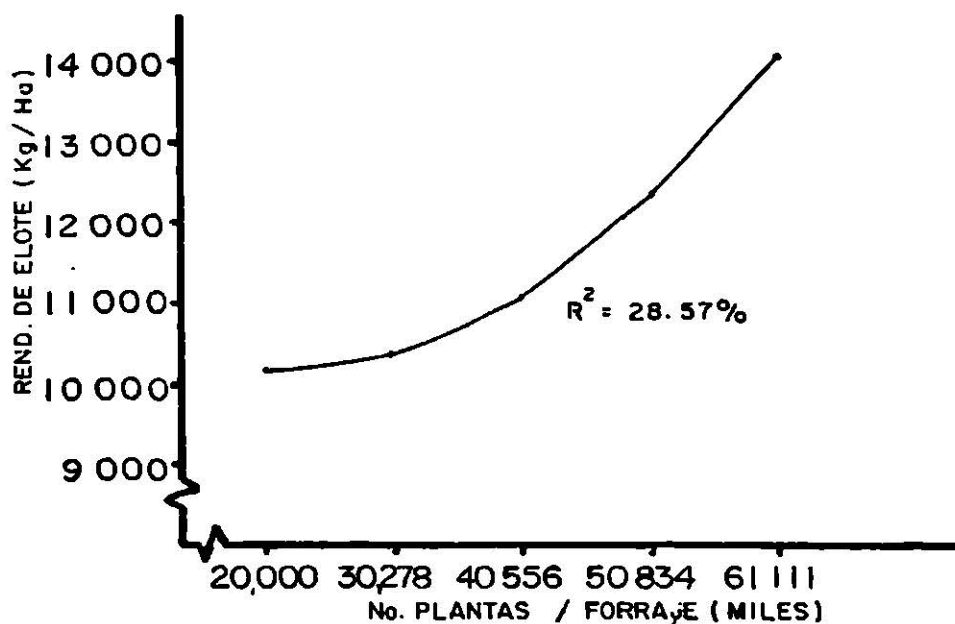


Figura 6. Relación cuadrática de las variables Rendimiento de elote (kg/ha) y Número de plantas cortadas para forraje.

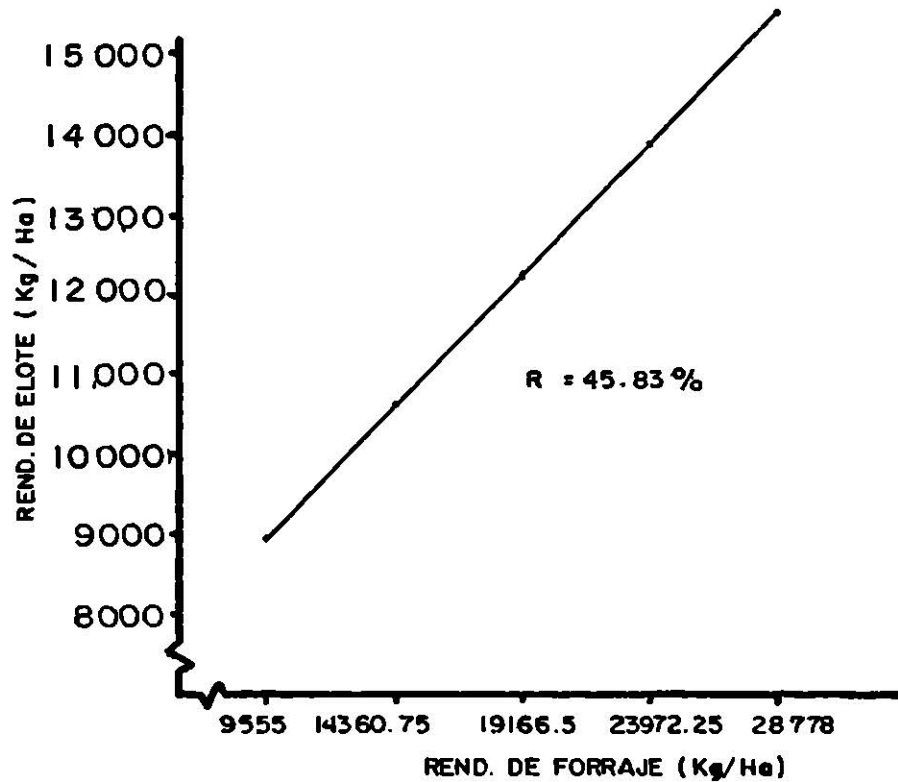


Figura 7. Relación lineal entre las variables Rendimiento de elote (kg/ha) y Rendimiento de forraje (kg/ha).

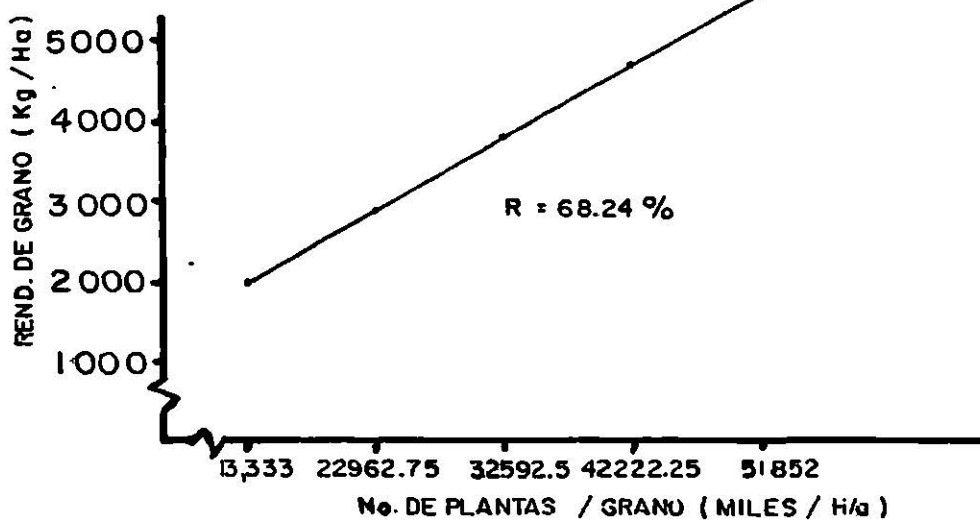


Figura 8. Relación lineal entre las variables Rendimiento de grano (kg/ha) y Número de plantas cosechadas.

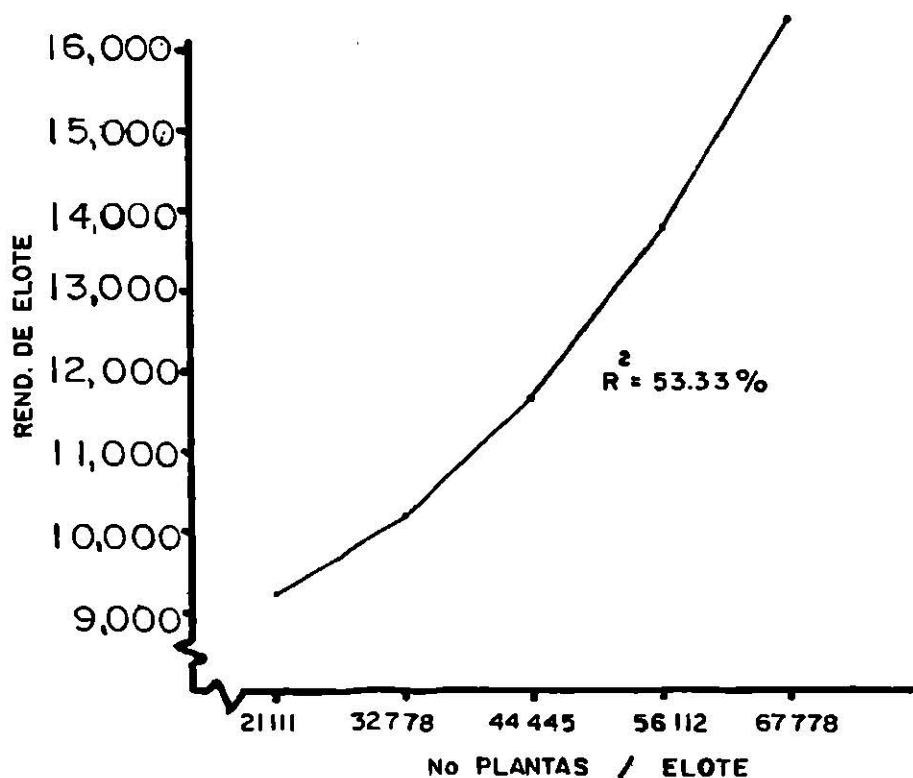


Figura 9. Relación cuadrática entre las variables Rendimiento de elote (kg/ha) y Número de plantas cosechadas.

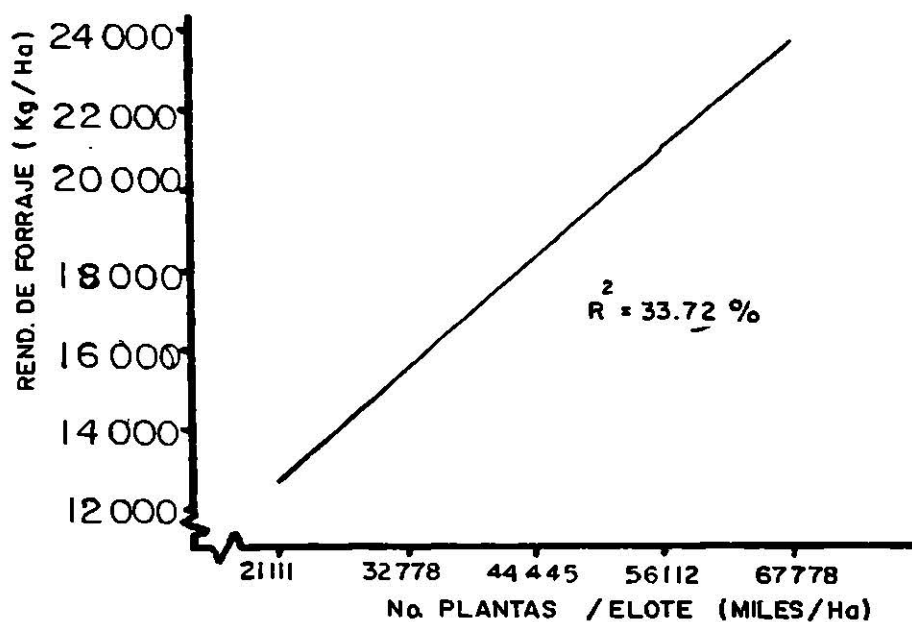


Figura 10. Relación lineal de las variables Rendimiento de forraje (kg/ha) y Número de plantas cosechadas para elote.

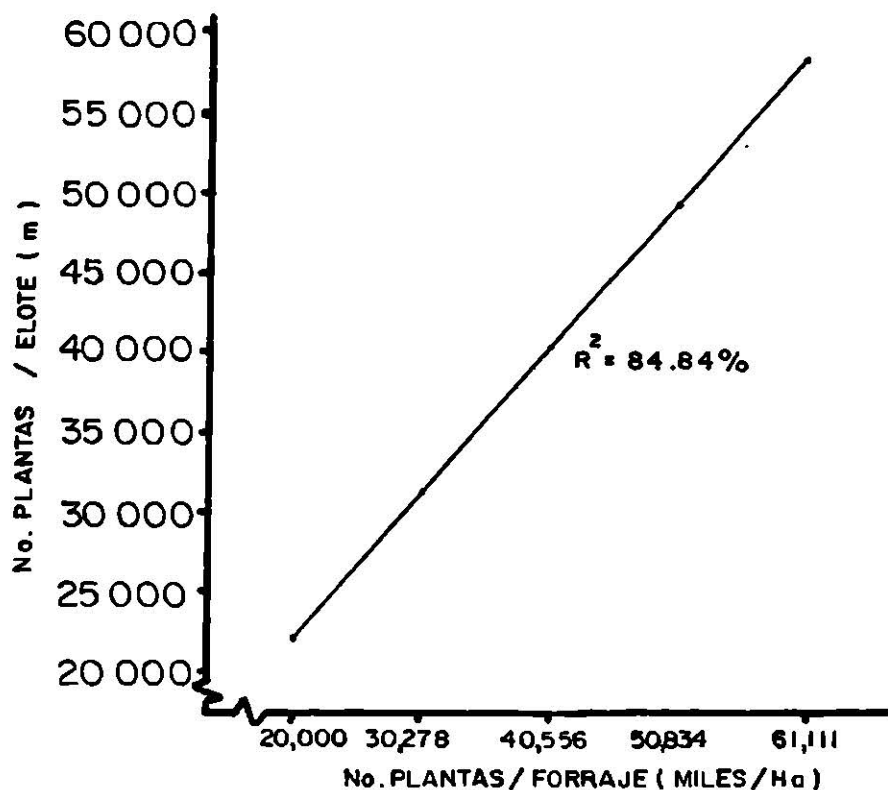


Figura 11. Relación lineal de las variables: Número de plantas cosechadas para elote y Número de plantas cosechadas para forraje.

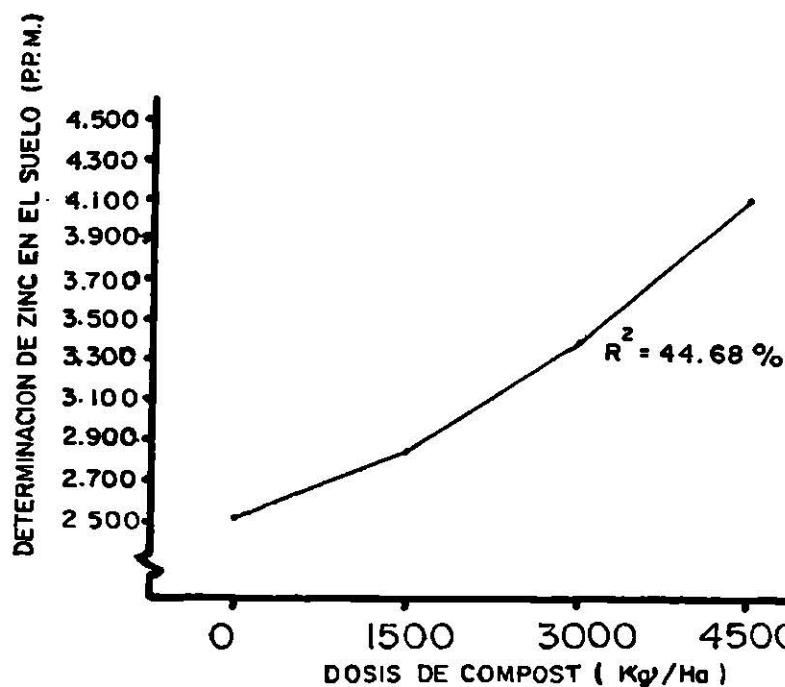


Figura 12. Relación cuadrática de las variables Determinación de zinc en el suelo y la Dosis de compost aplicado.

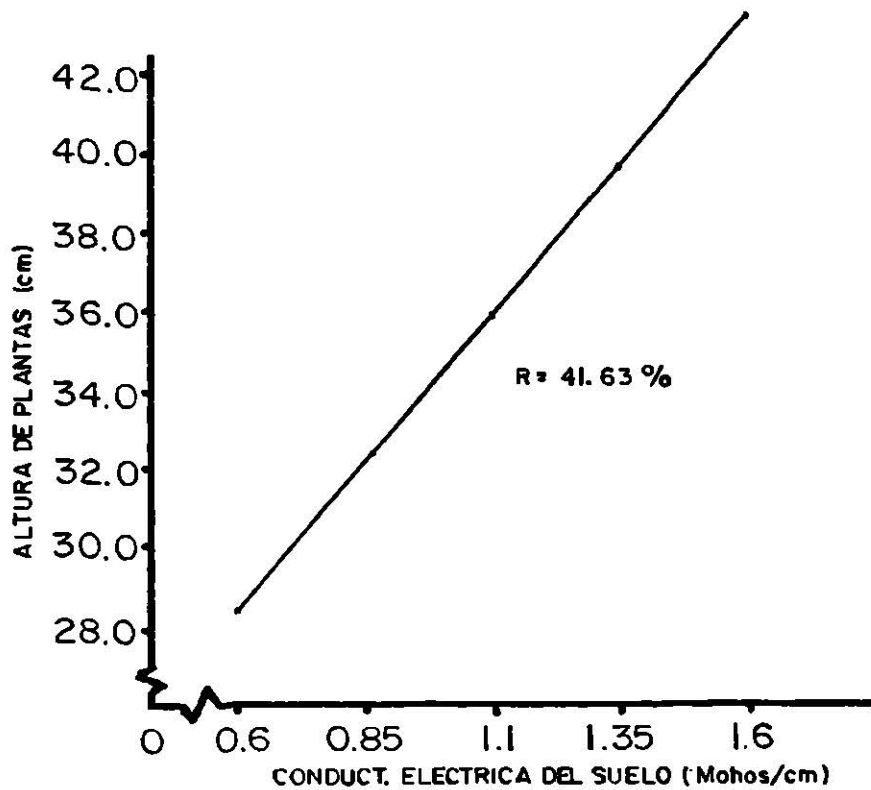


Figura 13. Relación lineal entre las variables 2a. Altura de planta (cm) y Conductividad eléctrica del suelo (mmhos/cm).

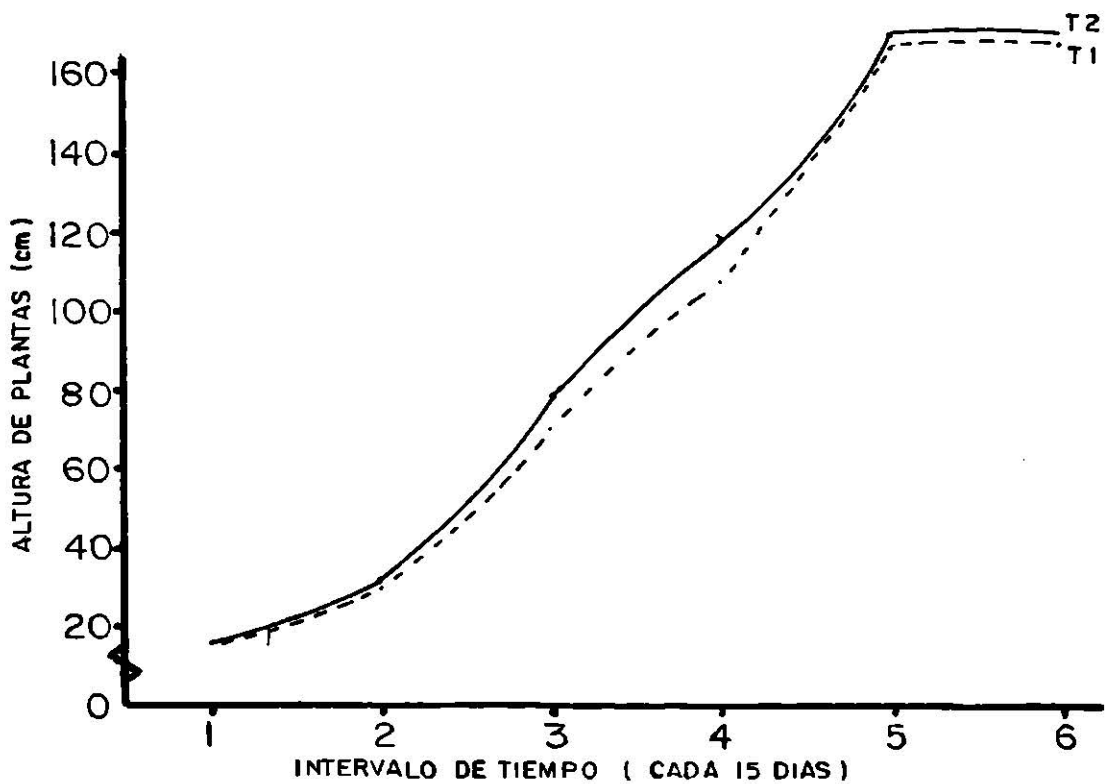


Figura 14. Comportamiento de la altura del cultivo según los tratamientos 1 y 2.

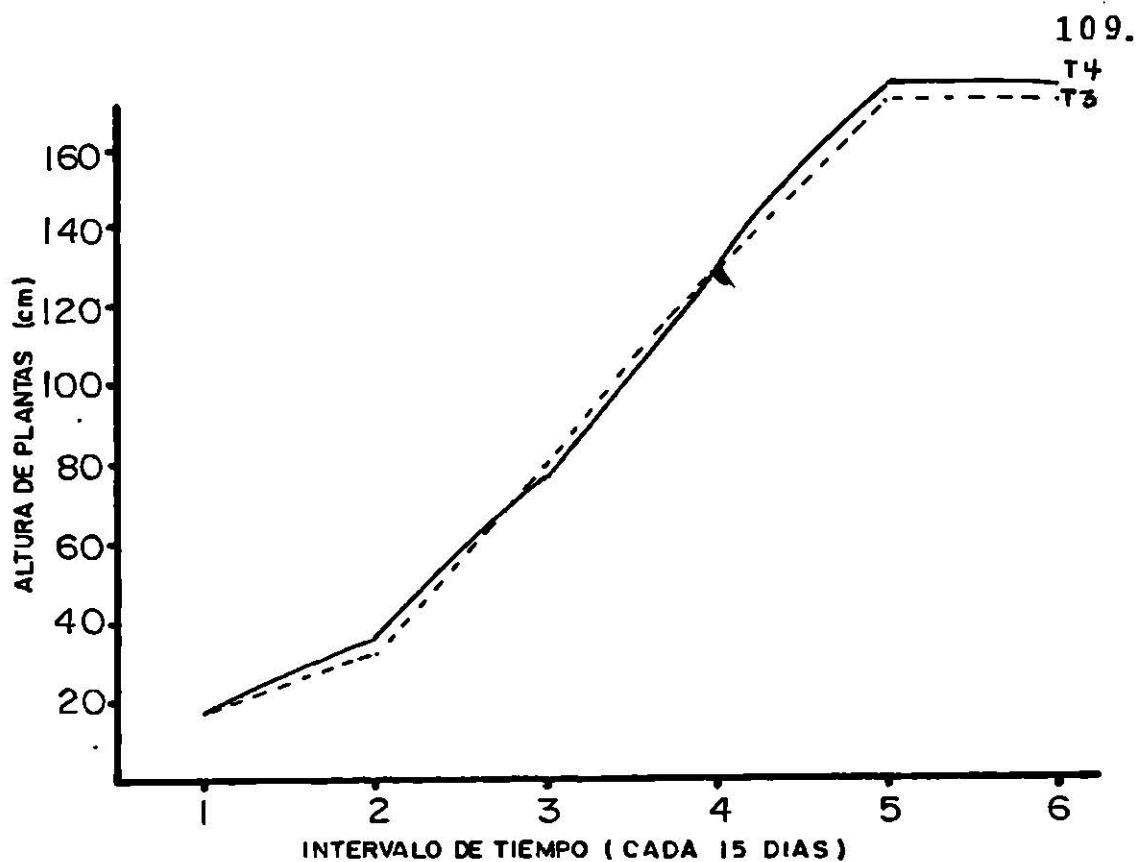


Figura 15. Comportamiento de la altura del cultivo según los tratamientos 3 y 4.

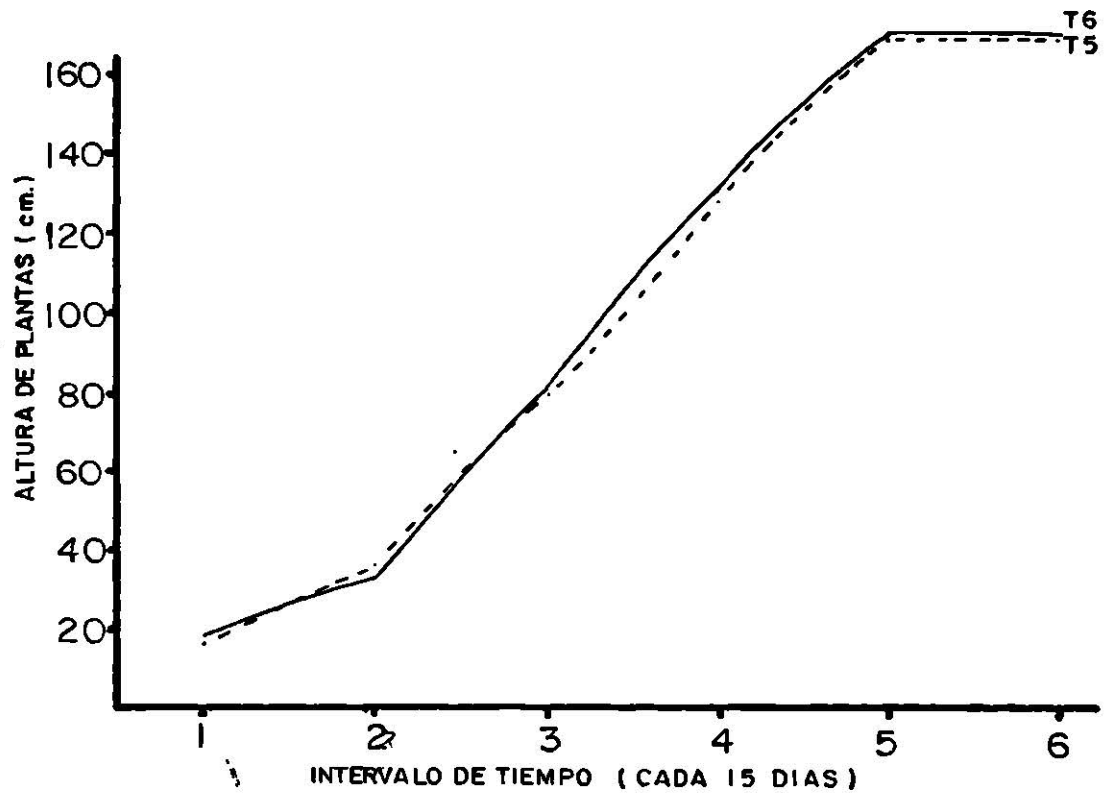


Figura 16. Comportamiento de la altura del cultivo según los tratamientos 5 y 6.

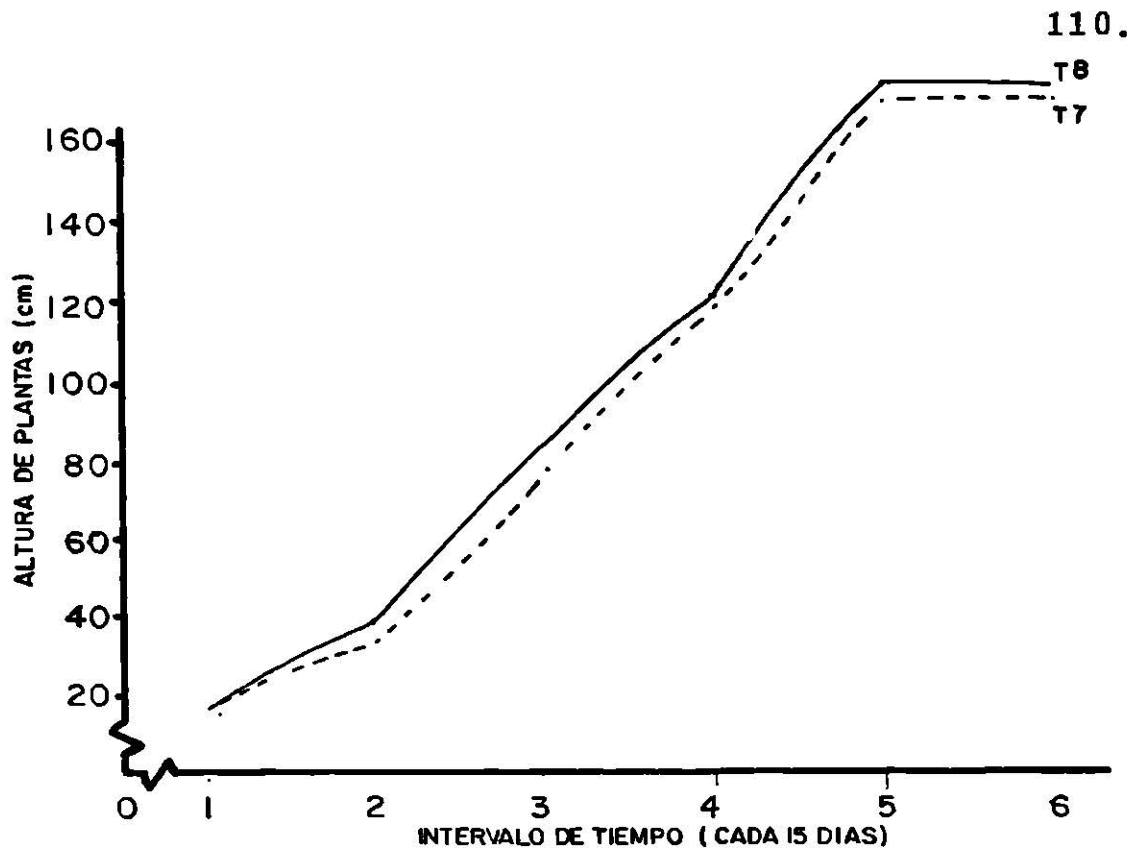


Figura 17. Comportamiento de la altura del cultivo según los tratamientos 7 y 8.

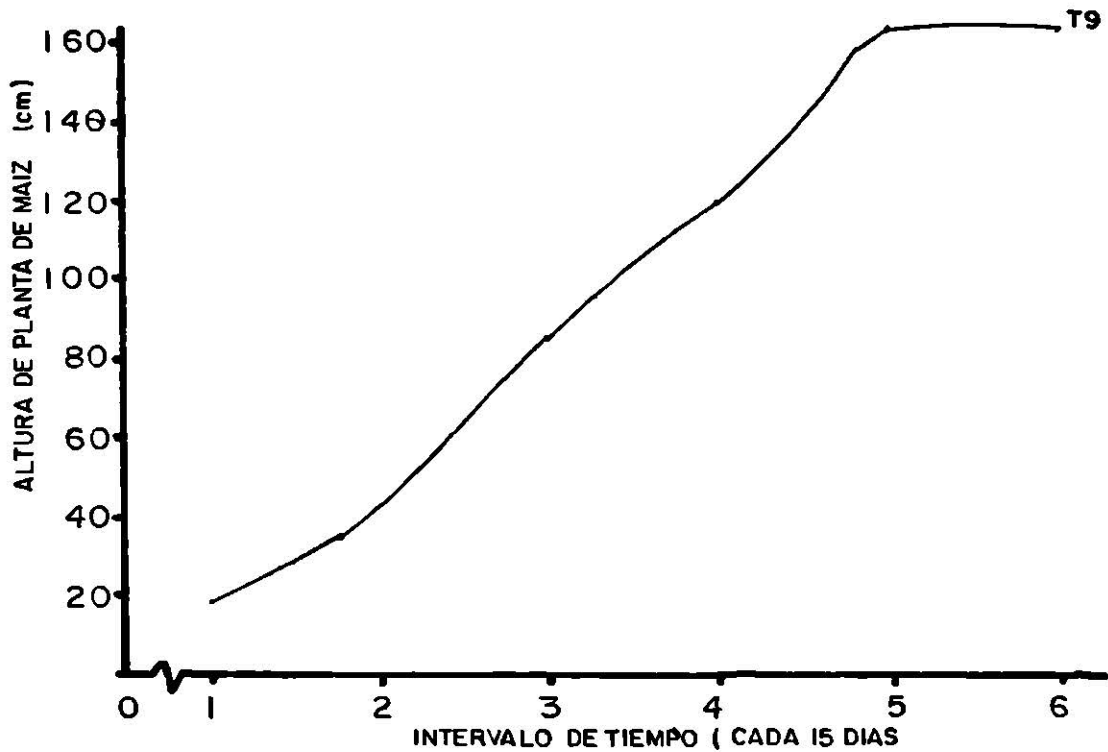


Figura 18. Comportamiento de la altura del cultivo según el tratamiento 9.

Cálculo de la D.O.F. para la variable Cantidad de Zinc en el suelo

$$Y = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 C^2 + \beta_4 N^2 + \beta_5 CN$$

$$Y = 2.46 + 0.000229C - 0.002879N + 0.00000009C^2 + 0.0001364N^2 - 0.000006CN$$

$$\frac{dc}{dy} = \beta_1 + 2\beta_3 C + \beta_5 N \qquad \frac{dn}{dy} = \beta_2 + 2\beta_4 N + \beta_5 C$$

$$\frac{dc}{dy} = 0.000229 + 2(0.00000009C) - 0.000006N$$

$$\frac{dn}{dy} = -0.002879 + 2(0.0001364N) - 0.000006C$$

$$0.000229 + 0.00000018C - 0.000006N = 0$$

$$-0.002879 + 0.0002728N - 0.000006C = 0$$

$$0.00000018C - 0.000006N = -0.000229 \quad (0.0002827)$$

$$-0.000006C + 0.0002728N = 0.002879 \quad (0.000006)$$

$$4.9104^{-11} C - 1.6368^{-09} N = -6.24712^{-08}$$

$$\underline{-3.6^{-11} C + 1.6368^{09} N = 1.7274^{-08}}$$

$$1.3104^{-11} C \qquad \qquad \qquad = -4.51972^{-08}$$

$$C = \frac{-4.51972^{-08}}{1.3104^{-11}}$$

$$C = -3449.11 \text{ kg/ha}$$

$$0.00000018C - 0.000006N = -0.000229$$

$$0.00000018(-3449.11 \text{ kg/ha}) - 0.000006N = -0.000229$$

$$\underline{\frac{-6.208398^{-04} - 0.000229}{-0.000006} = N}$$

N= 141.64 kg/ha

D.O.F. para Compost = -3449.11 kg/ha

D.O.F. para Nitrógeno = 141.64 kg/ha

NOTA: El signo negativo de la DOF para el Compost es el resultado de el tipo de modelo que se utilizó. Este no responde a un requerimiento real del suelo. En caso práctico se tomaría como cero.

