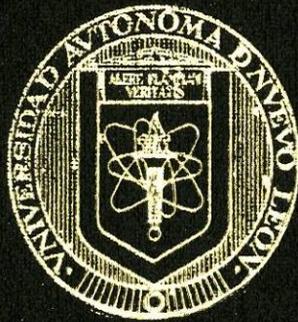


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL EFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON
COMPOST, EN ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS Y
QUIMICAS DEL SUELO, DESPUES DEL SEXTO CICLO
DE APLICADO, Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DEL TRIGO
(Triticum aestivum L.), BAJO RIEGO EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

PORFIRIO MESTA MONTELONGO

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1988

T

SB191

.W5

M4

c.1



1080062267

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL EFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON
COMPOST, EN ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS Y
QUIMICAS DEL SUELO, DESPUES DEL SEXTO CICLO
DE APLICADO, Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DEL TRIGO
(Triticum aestivum L.), BAJO RIEGO EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

PORFIRIO MESTA MONTELONGO

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1988

8850

[Handwritten signature]

T
SB191
.W5
M4

040.631
FA1
1988
C.5



Biblioteca Central
Mayra Solidaridad



Handwritten signature or mark.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

T E S I S

EVALUACION DEL EFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON COMPOST,
EN ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO,
DESPUES DEL SEXTO CICLO DE APLICADO, Y SU INFLUENCIA EN
EL CULTIVO DEL TRIGO (Triticum Aestivum L.), BAJO RIEGO
EN MARIN, N.L.

ELABORADA POR

PORFIRIO MESTA MONTELONGO

ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

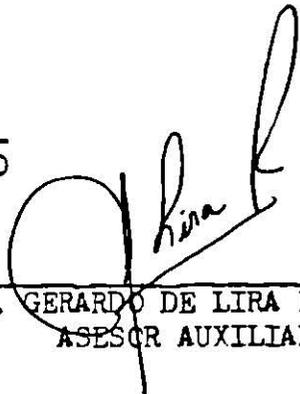
COMISION REVISADORA



DR. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO
ASESOR PRINCIPAL



ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ E.
ASESOR AUXILIAR



ING. GERARDO DE LIRA REYES
ASESOR AUXILIAR

DEDICATORIAS

A DIOS

Quien juega un papel importante en el seno de mi familia.

A MIS PADRES

Con cariño y respeto, a quienes les debo la existencia y mi formación como persona, porque en mis momentos de flaqueza me supieron comprender y alentar para continuar y concluir mi carrera.

SR. PEDRO MESTA RANGEL
SRA. CELIA MONTELONGO DE MESTA

A MIS HERMANOS

En especial a MICAELA, por su gran valor como persona.
A todos, por su invaluable apoyo económico y moral para la realización de mis estudios.

A MI NOVIA

Por su comprensión, por saber enfrentar una importante barrera....., la distancia.

con cariño

GAUDENCIA ALVAREZ HERRERA

A MIS DEMAS FAMILIARES.....

A G R A D E C I M I E N T O S

A MIS ASESORES

DR. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

Ing. M.C. Francisco Rodríguez Ezquivel

Ing. Gerardo de Lira Reyes

Por la conducción y paciencia brindada para la elaboración del presente trabajo, a todos, gracias.

AL PROYECTO DE FERTILIZACION ESTATAL

Por otorgarme la oportunidad, confianza y facilidades para la realización de este trabajo experimental.

AL COMPAÑERO ANTONIO DURON ALONSO

Por su ayuda brindada en los análisis estadísticos

A LA SRA. GLORIA ANDREA MONTEMAYOR DE MESTA

Por su valiosa y eficiente cooperación mecanográfica

A TODOS MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS...

I N D I C E

	Agradecimientos	
	Lista de Tablas	I
	Lista de Figuras	II
	Lista de Abreviaturas	III
	Resúmen Sumary	1
1.	Introducción	3
2.	Revisión de Literatura	5
2.1	Generalidades sobre el cultivo del trigo	5
3.	Propiedades Físicas y Químicas de los suelos que afectan la emergencia de las Plántulas	6
3.1	Propiedades Físicas	6
3.1.1	Estructura del suelo	6
3.1.2	Textura	6
3.1.3	Densidad aparente	7
3.1.4	Color	7
3.1.5	Infiltración	8
3.1.6	Permeabilidad	8
3.1.7	Punto de marchitamiento permanente (PMP) y Capacidad de campo (C.C.)	8
3.2	Propiedades Químicas	9
3.2.1	Conductividad eléctrica (C.E.)	9
3.2.2	Capacidad de intercambio catrónico (C.I.C.)	9
3.2.3	Reacción del suelo (pH)	10
3.3	Materia Orgánica del suelo (M.O.)	10
3.3.1	Aspectos generales de la M.O.	10
3.3.2	Funciones de la M.O. en el suelo	11
3.3.3	Composición de la materia orgánica	12

3.3.4	Descomposición de la M.O.	12
3.3.5	La energía de la M.O. del suelo y su transferencia	13
3.3.5.1	Energía potencial de la M.O.	13
3.3.5.2	Tasa de pérdida de energía de los suelos	13
3.3.6	Conservación de la M.O. del suelo	13
3.4	Propiedades biológicas del suelo (los organismos - del suelo)	14
3.4.1	Nutrientes	14
3.4.1.1	Elementos esenciales para las plantas	14
3.4.1.2	Proceso de la ingestión de nutrimentos	15
3.4.1.3	Efectos de las condiciones físicas del suelo en la nutrición de las plantas	15
3.4.2	Ciclo del carbono	16
3.4.3	Ciclo del Nitrógeno	17
3.4.3.1	Mineralización del Nitrógeno	17
3.4.3.1.1	Amonificación	17
3.4.3.1.2	Nitrificación	17
3.4.3.1.3	Desnitrificación	18
3.4	Humus	19
3.5	Encostramiento superficial	19
3.5.1	Generalidades del encostramiento	19
3.5.2	Formación de la costra	20
3.5.3	Efectos causados por el encostramiento del suelo	21
3.5.4	Medidas para prevenir la formación de la costra	22
3.5.5	Evaluación de la resistencia de la costra	23
3.5.5.1	Módulo de ruptura	23
3.6	Compost	24

3.6.1	Generalidades sobre el compost	24
3.6.2	Preparación del compost	24
3.6.3	Disponibilidad del compost	26
3.6.4	Composición química del compost	27
3.6.5	Efectos de la aplicación del compost en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo.	27
3.6.5.1	Efecto residual	27
3.6.5.2	Efecto de la aplicación del compost en la estructura del suelo	31
3.6.5.3	Efecto de la aplicación del compost en la densidad aparente	32
3.6.5.4	Efecto del compost sobre la infiltración y captación de humedad en el suelo.	32
3.6.5.5	Efecto del compost sobre el contenido de nutrientes del suelo	33
3.6.5.6	Efecto del compost sobre la disponibilidad de nutrientes y la CIC.	34
4.	Materiales y Métodos	35
4.1	Localización del experimento	35
4.2	Clima y suelo	35
4.3	Materiales y Aparatos	35
4.4	Descripción del método	38
4.4.1	Descripción del método usado	38
4.4.2	Diseño experimental	41
4.5	Recolección de datos	44
4.5.1	Variables con respecto al suelo	44
5.	Resultados	47
5.1	Resumen de los resultados en los ciclos anteriores	58

6.	Discusión	60
7.	Conclusiones y Sugerencias	67
	Bibliografía	69
	Apéndice	72

LISTA DE TABLAS

	Pag.
1.- Elementos nutritivos esenciales y sus fuentes para el desarrollo de las plantas.	15
2.- Labores realizadas durante el experimento.	41
3.- Dosis de compost y nitrógeno correspondiente a cada tratamiento.	43
4.- Dosis de compost aplicadas en cada parcela experimental de 32 m ² .	43
5.- Resumen de los análisis de varianza de las variables estudiadas.	47
6.- Comparación de medias para la variable módulo de ruptura.	48
7.- Comparación de medias para la variable rendimiento en grano de trigo.	48
8.- Resumen de los principales parámetros estadísticos.	49
9.- Resultados obtenidos para la variable número de espigas por m ² .	50
10.- Resultados obtenidos para densidad aparente del suelo y subsuelo.	51
11.- Resultados obtenidos para módulo de ruptura del suelo y subsuelo.	52
12.- Resultados obtenidos para la medición de la dureza de la costra por el penetrómetro.	53
13.- Resultados obtenidos para la M.O., presente en el suelo y subsuelo en el sexto ciclo.	54
14.- Resultados obtenidos del contenido de M.O., en el suelo en los diferentes ciclos del experimento.	55
15.- Valores obtenidos para el rendimiento en grano de trigo.	56
16.- Modelos propuestos para las variables más altamente correlacionadas en el presente experimento.	63
17.- Modelo completo y reducido para la variable módulo de ruptura del subsuelo.	64
18.- Modelo completo y reducido para el rendimiento en grano de trigo por m ² .	65
19.- Análisis de varianza de la regresión para módulo de ruptura del subsuelo.	66
20.- Análisis de varianza de la regresión para rendimiento en grano de trigo por m ² .	66
Tabla (Apéndice)	
1.- Análisis de regresión para el módulo de ruptura del subsuelo en el 4 ^o ciclo.	
2.- ANVA de la regresión para la densidad aparente (0-15 cm), en el 5 ^o ciclo.	
3.- ANVA de la regresión para el pH (0-15 cm), en el 5 ^o ciclo.	
4.- ANVA de la regresión para el pH (15-30 cm), en el 5 ^o ciclo.	

LISTA DE FIGURAS

Pag.

1.- El ciclo del carbono.	16
2.- El ciclo del nitrógeno.	18
3.- Penetrómetro de cono, tipo militar, modelo CN-970.	37
4.- Aparato medidor módulo de ruptura.	39
5.- Croquis de la distribución de las parcelas en el campo con sus correspondientes tratamientos.	40
6.- Distribución de los tratamientos, según el cuadrado doble.	42
7.- Respuesta al rendimiento en grano de trigo con las variables compost y nitrógeno.	57

Figura (Apéndice)

1.- Respuesta a la lectura del penetrómetro con las variables compost-nitrógeno.
--

LISTA DE ABREVIATURAS

- C = Compost.
- N = Nitrógeno.
- NPE = Número de plantulas emergidas por metro cuadrado.
- AP = Altura de la planta.
- NE = Número de espigas de trigo por metro cuadrado.
- HS1 = Humedad del suelo.
- HS2 = Humedad del subsuelo.
- DA1 = Densidad aparente del suelo.
- DA2 = Densidad aparente del subsuelo.
- MR1 = Módulo de ruptura del suelo.
- MR2 = Módulo de ruptura del subsuelo.
- PE = Dureza de la costra medida con el penetrómetro.
- pH1 = pH del suelo.
- pH2 = pH del subsuelo.
- CE1 = Conductividad del suelo.
- CE2 = Conductividad del subsuelo.
- MO1 = Materia orgánica del suelo.
- MO2 = Materia orgánica del subsuelo.
- PP = Peso de la paja (materia seca).
- RG1 = Rendimiento en grano de trigo por metro cuadrado.
- RG2 = Rendimiento en grano de trigo por hectárea.

RESUMEN

Tesista: Porfirio Mesta Montelongo.

Carrera: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Título de la tesis: Evaluación del Efecto Residual del Abonado con Compost, en algunas características Físicas y Químicas del suelo, después del sexto ciclo de aplicado, y su influencia en el cultivo del trigo (Triticum aestivum L.), bajo riego en Marín, N.L.

Asesorado por: Doctor Rigoberto Vázquez Alvarado.

El presente experimento, se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., ubicada en el municipio de Marín, N.L., en el mes de Diciembre del año 1985. El clima dominante es frío o seco, el tipo de suelo existente es calcáreo-arcilloso con baja cantidad de materia orgánica y con un pH alcalino. Las características más fácilmente observables en los suelos de esta región es la formación de costra y la afloración de las sales.

Cabe mencionar que el experimento en general constó de seis etapas, donde cada etapa era un ciclo de cultivo. El primer ciclo se inició con el cultivo del frijol en el año de 1983, delimitándose el lote experimental el 20 de Julio del mismo año. El experimento se dió por concluido en el sexto ciclo, por considerar que el efecto residual del compost se ha agotado casi en su totalidad, basade esto; en los resultados de los ciclos anteriores.

Las variables estudiadas fueron materia orgánica, conductividad eléctrica, pH, módulo de ruptura, humedad del suelo, densidad aparente, para éstas variables, se determinaren dos muestras de suelo de 0 - 15 cm. y de 15 - 30 cm. de profundidad. También se determinó el número de plantas emergidas, altura de plantas, número de espigas por metro cuadrado, dureza de la costra medida directamente con el penetrómetro, peso de materia seca, rendimiento por metro cuadrado y rendimiento por hectárea.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- 1.- Determinar si aún existe efecto residual significativo del compost, después de seis ciclos de aplicado.
- 2.- Observar si ocurren cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo.
- 3.- Determinar la dosis óptima que presente mayor efecto residual.
- 4.- Hacer sugerencias a los agricultores aledaños sobre los beneficios de éste producto.

El diseño experimental que se utilizó fué el de bloques al azar, con trece tratamientos y tres repeticiones, el arreglo de los tratamientos fué el cuadrado doble, donde los niveles de compost fueron 0, 25, 50, 75 y 100 Ton/Ha.

Las variables que resultaron significativas mostradas por los análisis de varianza (ANVA), fueron módulo de ruptura del subsuelo (p 0.002), y rendimiento de gra-

no por metro cuadrado ($p=0,015$). A estas variables, se les realizó la prueba de comparación de medias de los tratamientos por medio del método Tuckey, para conocer cual tratamiento es mejor.

El análisis de correlación, se llevó a cabo en este experimento, en el cual tomaron parte todas las variables bajo estudio encontrando lo siguiente:

La variable Rendimiento del grano /Ha; resultó altamente significativa - - ($p=0,001$) $-0,4665$ con la variable pH 15 - 30 cm. La variable M.O. 0-15 correlacionó - significativamente ($p=0,015$) $-0,3479$ con la variable CE 0 - 15. De igual manera la variable CE 0 - 15, resultó altamente significativa ($p=0,003$) $-0,4399$ con la variable % de Humedad 0 - 15. Las variables restantes, presentan valores menores del 45% o bien no son de gran importancia, por lo que se optó no reportarlas.

El análisis de regresión del módulo de ruptura del subsuelo, resultó no significativa para el efecto lineal y cuadrático del nitrógeno, el efecto cuadrático del compost y la interacción compost-nitrógeno. Para el efecto lineal del compost, resultó significativa con una $R^2= 21\%$. El análisis de regresión para el rendimiento en grano de trigo, resultó significativa encontrando que el efecto del compost es el que mejor explica la diferencia entre tratamientos con una $R^2= 31\%$. Para los dos casos, se considera un porcentaje bajo.

Por lo antes mencionado, se concluye que si se cumplió con los objetivos -- del experimento, ya que se logró determinar que todavía existe efecto residual para algunas características físicas del suelo, así como para el rendimiento del grano por hectárea. También se logró observar que siguen ocurriendo cambios en las propiedades del suelo.

En general concluimos que las aportaciones de compost, sí logran mejorar - las características físicas del suelo, modificando la dureza del suelo y disminuyendo la alcalinidad del mismo. Con estos resultados; se permite una más fácil emergencia - de las plántulas, por lo tanto, un rendimiento mayor; el cual dará un incremento en - los recursos económicos.

En cuanto a la dosis óptima económica y fisiológica para el rendimiento en grano de trigo, se calcula que las más eficientes son :

Dosis óptima Fisiológica

Compost = 57.2866 Ton/Ha.
Nitrógeno = - 9.5421 \approx 0 Kg/ Ha.

Dosis óptima Económica

Compost = 41.700 Ton/Ha.
Nitrógeno = 33.16 Kg/ Ha.

SUMMARY

Thesis of. Porfirio Mesta Montelongo
Carreer. Agronomy Phytotechnist Engineer
Thesis Titule. Evaluation on the residual effects of compost on some Physical and chemical properties of soil, after the sixth cycle - applied and its influence on irrigated wheat (Triticum Aestivum L.), Marin, N.L.

The present experiment was carried out in the Experimental Station of Agronomy Faculty of the U.A.N.L. in Marin, N.L. on December 1985. The predominating weather is arid or dry, the type of soil is calcareous clay soil with low quantity - of organic matter and with an alkaline pH. The most easier observables characteristics in soils of this Region is the crust formation and the salts outcropping.

Is worth to mention that the experiment in general consisted on six -- stages, where which stage was a farming cycle. The first cycle started with beans establishing the experimental field on July 20 of 1983. The experiment finished on the sixth cycle, because the residual effect of the compost was almost finished, according with the results of the cycles before.

The variables studied were organic matter, electric conductivity, pH, modullus of rupture, soil humidity, bulk density, for this variable two samples -- were taken at 0-15 cm. from soil and 15-30 cm. from subsoil.

Also, the emerged plants number was determinated, the high of the - - plants, spike number by square metre, crust hardness directly measure with the penetrometer, cry matter weight, yield by square metre and yield by hectare.

The objectives of this work were.

- 1.- Determine if still exist significative residual effects of compost after six cycles aplied.
- 2.- To observe if there are changes in the physical and chemical properties of soil.
- 3.- Determine which is the optimum level with better residual effects on the soil.
- 4.- Make suggestons to the farmers about the benefits of the product.

The experimental design used was the blocks with thirteen treatments and three replications, the treatment arrangement was the doble square, where the -- compost levels were 0, 25, 50, 75 and 100 Tons/He.

The variables that resulted significante shown by the analysis of variance (ANVA) were modulus of rupture of the subsoil (p 0.002), and the grain yield by square metter (p= 0.015). The comparing test of the treatment were made by the Tuckey method, to find out which is the best treatment.

The correlation analysis was taken at this experiment, in which all - the variables studied took side, finding the following.

The grain yield variable/Ha. and pH at 15-30 cm. resulted with great significance (p 0.001) - 0.4665. The O.M. at 0-15 and EC at 0-15 cm. correlated significant (p-0.015) - -0.3479. In the same way the CE 0-15 variable resulted great significance (p-0.003)-0.4399 with the % of humidity 0-15. The rest of the variables show lower values than 45% or they were not significant, so the conclusion was do not report them.

A second degree equation was used to run all the variables that resulted with significant level.

The regression analysis for modulus of rupture from subsoil, resulted not significant, in the lineal and quadratic effects of the nitrogen, the quadratic effect of the compost and the compost-nitrogen interaction. For the lineal effect of the compost resulted significant with $R^2 = 21\%$. The regression analysis for the wheat grain yield resulted significant finding that the compost effect is, the which most explain the difference in treatments with $R^2 = 31\%$. For the two cases, the $R^2\%$ is considered to low.

For the above given, there was a conclusion that the experiment objectives were successful obtained. It was determined that still exist residual effect for some soil physical characteristics and the grain yield by hectare. Also it was observed that continue occur changes in soil properties.

In general we conclude that compost can be utilized to improve the physical characteristics of the soil modifying crust hardness and decrease its alkalinity. With this results permit an easier emergency of the cultivars and by the other hand a better yield which one will increase the economic resources.

About the most plentiful physiological and economic dose for the wheat grain yield is calculate that the most efficient are:

The Physiological plentiful dose:

Compost = 57.2866 Tons/He.
Nitrogen= -9.5421 0 Kg/He.

The economic plentiful dose:

Compost = 41.700 Tons/He.
Nitrogen= 33.16 Kg/He.

1. INTRODUCCION

Con el tiempo, el hombre se fué transformando de vagabundo en sedentario. - Se desarrollaron familias, tribus y poblados y con ellos llegó el desarrollo del arte que llamamos agricultura. Más adelante el hombre aprendió que ciertos suelos menguaban en su producción cuando eran cultivados continuamente. La práctica de anadir despojos animales y vegetales al suelo, para restablecer la fertilidad, se desarrolló probablemente a partir de estas observaciones, pero se desconoce dónde y cuándo se inició realmente la fertilización orgánica (42).

Algunos de los más importantes problemas cuya solución conduciona el desarrollo técnico de la agricultura mexicana, es el de abastecer las tierras de agua, ahora en los últimos años; es el de mantener las propiedades del suelo. México es un país de clima tropical, con una estación de secas, el invierno y una de lluvias, de duración cada vez menor a medida que se avanza en dirección noreste. Por ese la mayoría de las tierras, que son las llamadas de temporal, se secan rápidamente, no conservan el agua y requieren lluvias aleatorias una parte del año para poder sostener cultivos e plantaciones. Para dar solución a estos problemas, en los últimos años, se ha llevado un más amplio conocimiento de la planta y de la química del suelo, lo cual ha conducido al perfeccionamiento de la fertilización orgánica (6).

Una solución es mediante incorporaciones de materia orgánica, modificando así las propiedades físicas y químicas del suelo, aumentando la capacidad de retención de humedad, mejorando el intercambio de cationes y algunos factores más.

En zonas de agricultura intensiva como son los distritos de riego, así como en áreas de temporal es frecuente encontrar tierras que son consideradas como inútiles para el desarrollo de algún cultivo (consideradas por los agricultores). Esto es debido al empobrecimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo provocadas por la continua siembra de cultivos en un mismo suelo, más aún si es monocultivo y sin restituir la materia orgánica que se ha ido degradando.

Una disminución de la M.O. (materia orgánica), dá por resultado suelos compactos, suelos encostrados, raíces superficiales, mayor desagüe y suelos aterronados. La M.O. del suelo puede conservarse mediante el empleo abundante de los excrementos agrícolas, de los residuos orgánicos en descomposición, del abonado con hojas verdes e bien compost.

Los agricultores de todo el mundo conocen el valor de los abonados de cerrales, no así la importancia del efecto residual del abonado industrial llamado "compost". De ahí la urgente necesidad de poder planificar nuestros recursos técnicos encaminados a resolver el problema de las bajas producciones de cosechas causadas por las alteraciones en las propiedades físicas del suelo, es por esta cuestión la importancia de llevar a cabo el presente experimento.

El compost puede ser considerado como un mejorador orgánico del suelo, que se produce a partir de los desperdicios sólidos urbanos como son los estiércoles, desechos urbanos, residuos de cosecha, etc...

Los objetivos e hipótesis que se formularon para este trabajo son:

OBJETIVOS

1.- Determinar si aún existe efecto residual de la aplicación de compost --

realizada el verano de 1983.

- 2.- Observar y registrar si ocurren cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo.
- 3.- Determinar la dosis óptima que presente mayor efecto residual.
- 4.- Hacer recomendaciones a los agricultores alledaños sobre los beneficios de este producto, así como también sobre las dosis óptimas de aplicación que presenten mayor efecto residual.

HIPOTESIS

- H₀: No existe diferencia significativa entre los efectos residuales del -- compost de los tratamientos.
- H₁: Sí existe diferencia significativa entre los efectos residuales del - compost de los tratamientos.

2.- Revisión de Literatura

2.1 Generalidades sobre el cultivo del trigo

(Triticum aestivum L.)

Los orígenes de algunos de los cereales de grano más importante, son desconocidos, muchos comenzaron a cultivarse antes de que se registraran muchos hechos históricos. En la parte suroeste de Asia, ya era el trigo una cosecha importante -- desde los primeros registros históricos (18).

Se atribuyen al trigo diversos orígenes. La mayoría de las opiniones señalan como cuna del trigo a la Asia menor, Siria, sur de Yugoslavia, Bulgaria, Crimea y montañas del Caucaso. Al cultivo del trigo, se le atribuye una antigüedad de 5000 años antes de Jesucristo, en tierras de Siria, época en que se supone ocurrió -- el diluvio (19).

El cultivo del trigo se extiende ampliamente en muchas partes del mundo. En las dos últimas décadas la distribución del cultivo sigue extendiéndose debido a que se va obteniendo un gran número de variedades nuevas de altos rendimientos y -- principalmente a la demanda de mayor cantidad de alimento por el aumento de la población mundial (35).

El trigo fué introducido en México por los Españoles en el siglo XVI, poco después de la conquista. Su importancia radica, quizás por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países. Durante la primera mitad de este siglo, la producción de alimentos de México, estaba estancada.

El país estaba importando la mitad de su trigo, actualmente, México produce 2.5 millones de toneladas de trigo por año (cifra de 1980), lo cual hace que el -- trigo sea el tercer cereal cultivado en importancia, después del maíz y sorgo. (35).

3. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS QUE AFECTAN LA EMERGENCIA DE LAS PLANTULAS.

3.1 Propiedades Físicas

3.1.1 Estructura del suelo

Las partículas fundamentales del suelo (arena, limo y arcilla), se presentan por lo común, en forma de agregados. La disposición o arreglo de estas partículas individuales y sus agregados en patrones definidos determinados se llama estructura (40).

Un gránulo es un agregado natural del suelo. La estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aereación y desarrollo de raíces, afectando así la productividad del suelo y las facilidades de labranza. La estructura, especialmente en el suelo superficial, puede ser alterada por las labores de cultivo, mientras que la textura no cambia por las operaciones usuales de laboreo.

El tipo de estructura del suelo se determina por la forma general de los agregados. Los tipos de estructura son: Granular, migajosa, laminar, bloques, bloques subangulares, prismática y columnar. Siendo considerada la granular como la más importante en la producción de los cultivos.

En suelos que presentan un deficiente porcentaje de materia orgánica, el estado de las arcillas humedecidas, producen efectos de encostramiento o cementación (es la concreción que se forma dentro del suelo a causa de la precipitación de sales disueltas en las aguas de filtración) suficientemente fuertes para mantener la agregación aún si el suelo es rehumedecido. El efecto de cementación retarda la emergencia de la plántula.

El apelmazamiento de los agregados del suelo disminuye el tamaño de los macroporos, la permeabilidad y la aereación. Las labores de preparación del terreno y de cultivo llegan a ser difíciles, debido a lo terronoso y a la condición dura del suelo.

De todos los factores en la génesis de los granulos (humedecimiento y secado; las heladas y el hielo, actividad física de los animales, laboreo del suelo, degradación de la M.O., etc...), el de mayor importancia es la materia orgánica, ya que ejerce una influencia estabilizadora de los agregados. La floculación es el primer paso en la agregación del suelo (40).

El enlace físico de las partículas se realiza a través del micelio a manera de hilos o filamentos de los hongos y actinomicetos. Cuando esta fuerza de unión es fuerte, mayor será el esfuerzo aportado por la lluvia u otros agentes necesarios para producir la dispersión de las partículas que determina el posterior encostramiento. Cuando el suelo presenta una alta estructuración y estabilidad estructural, solamente lluvias muy intensas pueden producir encostramiento muy severo. En cambio, en suelos débilmente estructurados, la sola saturación, es suficiente para la formación de costras muy resistentes. En suelos encostrados, el grado de estructuración y estabilidad de los agregados es bajo (33).

3.1.2 Textura

La textura del suelo se refiere al porcentaje de arena, limo y arcilla de

un suelo, Las fracciones según sea el tamaño (arena, limo y arcilla), se denominan - separados del suelo (33).

La textura tiene mucha importancia en las propiedades físicas, químicas y biológicas que caracterizan el suelo (3).

En el campo, la textura se determina por lo común, mediante el sentido del tacto, El suelo se frota entre el dedo pulgar y los demás de preferencia en estado húmedo, la arena se siente rasposa y sus partículas pueden verse con facilidad a simple vista, el limo cuando está seco; se siente como si fuera harina o polvo de talco. Los materiales arcillosos en estado seco se siente duro y pegajoso cuando están húmedos (40).

Los suelos que presentan problemas de encostramiento, presentan textura arcillosa. Las fuerzas de cohesión entre las partículas de arcilla son fuertes, provocándose la formación de costras bajo condiciones como el bajo porcentaje de materia orgánica, así como el clima seco existente (3).

En suelos encostrados, se ha observado que la textura es diferente del material que se originaron. En forma general, hay un enriquecimiento de partículas menores de 100 micras en detrimento de las fracciones más gruesas (36).

3.1.3 Densidad aparente

La densidad aparente se define como el peso por unidad de volumen de suelo seco, el volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso.

Los suelos arenosos son relativamente en espacio poroso total, su densidad aparente varía de 1.2 a 1.8 gr/cm³ y los suelos de textura fina (arcillosa) varía su densidad de 1.0 a 1.6 gr/cm³; las densidades aparentes aumentan con la profundidad en el perfil del suelo. Esto se debe a más bajos niveles de M.O., menor agregación y más compactación.

La compactación fuerza al material sólido; esto reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente. Las labores de cultivo aumentan el espacio poroso y disminuyen la densidad aparente (33).

3.1.4 Color

El color del suelo, es un resultado de la luz reflejada desde el suelo y depende de la combinación de tres simples variables del color: el tono, valor y croma. Las variaciones en el color del suelo se debe; principalmente, al contenido de M.O. que proporciona tintes negros a gris oscuro, a algunos compuestos; como el hierro que causan los matices rojos, pardo y amarillos, y el sílice (cal) y otras sales que producen colores claros, blanco y gris (40).

En regiones áridas y semiáridas donde el problema del encostramiento es más severo, predominan las coloraciones claras, debido a su bajo contenido de M.O., a pesar de que estos suelos pueden ser ricos en arcilla, lo cual produce también coloraciones oscuras, éstas a veces no se presentan, debido a la naturaleza calcárea del material parietal y a la acumulación de Ca Co₃ (Carbonato de Calcio), sílico y otras sales que producen colores claros, blanco y gris, debido al clima seco y mal drenaje (3, 40).

3.1.5 Infiltración

La infiltración se refiere a la penetración del agua en el suelo. Percolación, es el movimiento del agua a través de una columna del suelo hacia niveles inferiores, especialmente en suelos saturados o casi saturados.

Algunos de los factores que influyen sobre la infiltración son: Una superficie compacta, la cual permite menos infiltración, el impacto de la lluvia; reduce la infiltración al causar el sellado de los poros. Las superficies del suelo con vegetación, teniendo mayor velocidad de infiltración que los suelos desnudos. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos. Suelos con grandes agregados estables al agua tienen una infiltración más alta. Altas proporciones de M. O. en el suelo superficial ayuda a aumentar la infiltración (33).

Los suelos con problemas de encostramiento ven disminuida la velocidad de infiltración del agua. Esto lo relacionan a la baja conductividad hídrica de la costra, debido a un arreglo muy cerrado de las partículas que determinan una reducción en la porosidad total y fundamentalmente de la macroporosidad.

Los suelos encostrados presentan infiltración entre lenta y muy lenta dada la gran cantidad de arcilla que poseen, así como el bajo porcentaje de materia orgánica, aunado a la existencia de capas impermeables a poca profundidad (36).

3.1.6 Permeabilidad

La permeabilidad depende básicamente de la distribución y tamaño de los poros del suelo, cuando mayor es el número de macroporos mayores es la permeabilidad.

Generalmente, la permeabilidad del suelo disminuye con la profundidad, a medida que las capas del subsuelo son más compactas, al igual que la infiltración; también la permeabilidad puede controlarse mediante prácticas de administración adecuadas. El cultivo continuo reduce la permeabilidad, a diferencia del desarrollo de hierbas de raíces profundas que la aumentan (40).

La permeabilidad de un suelo varía con su estado de humedad y generalmente disminuye a medida que el suelo se vuelve más seco.

En los suelos encostrados; la permeabilidad disminuye debido a que la costra impide la entrada libre del agua al suelo, provocando que penetre menos cantidad de agua y disminuyendo la permeabilidad (28).

3.1.7 Punto de marchitamiento permanente (P.M.P) y Capacidad de campo (C.C.)

El P.M.P. es aquel porcentaje de humedad en el cual la planta se marchita y es incapaz de recobrase; ésto, es debido a que fuerza de succión de la planta es exactamente igual a la presión negativa que el suelo ejerce al suelo. La fuerza con el agua es retenida en este punto es de 15 atmósferas (26).

Veihmeyer y Hendrickson (1948), indicaron que el P.M.P. se acepta generalmente como el límite más bajo del agua aprovechable para las plantas cuando estas se desarrollan en un suelo no salino.

El agua aprovechable por los cultivos, es la que se encuentra retenida en

entre los valores de tensión de C.C. y P.M.P. y su cantidad depende mucho de la estructura, textura y cantidad de M.O. del suelo principalmente. La compactación de los suelos encostrados, reduce mucho el contenido de humedad que pueden admitir (29).

La C.C. es la cantidad de agua retenida en el suelo, una vez drenado el exceso y en el que la velocidad de movimiento descendente del agua ha desaparecido prácticamente, por lo general esto ocurre a los dos o tres días después de una lluvia e riego en suelos permeables, de textura y estructura uniforme. La fuerza con que el agua es retenida en este punto, es de $1/3$ de atmósfera (26).

Conocer en el suelo el valor de la C.C., es de gran utilidad para estimar la cantidad de agua que está presente y que puede disponer la planta.

Los suelos encostrados, por su alta compactación poseen poco espacio poroso por ende su capacidad de retención de humedad aprovechable se ve disminuida notablemente.

3.2 Propiedades Químicas

3.2.1 Conductividad eléctrica (C.E.)

La conductividad de una solución depende de el número de iones que contiene. A medida que la concentración iónica disminuye, la conductividad eléctrica es menor. Las conductividades bajas son evidencia de que la velocidad de movilización de elementos nutritivos es baja o de que algunos de ellos están totalmente ausentes (26).

El exceso de sales solubles en el suelo, se debe principalmente a la influencia de las filtraciones, drenajes y a las aguas de irrigación, seguidas por evaporación y por cuapotranspiración (3).

Cuando las sales solubles existentes en el suelo, están en exceso provocan la mala germinación de los cultivos, restringiendo el desarrollo y rendimiento de los cultivos sensibles, además se tiene una elevada presión osmótica que impide la absorción de humedad y de nutrientes en cantidades adecuadas. Los suelos salinos presentan un coeficiente de marchitamiento alto y baja la cantidad de humedad obtenible (40).

En las regiones áridas y semiáridas con suelos encostrados, donde hay poca lluvia y elevadas temperaturas, existe una tendencia a acumular sales solubles cerca de la superficie. Durante la época lluviosa, éstas sales pueden moverse a las capas inferiores del suelo, pero después de la estación de lluvias las altas temperaturas promueven la evaporación intensa llevando así de nuevo las sales a la superficie (30).

3.2.2 Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)

A la capacidad de intercambio de cationes, se le define como la suma total de cationes intercambiables absorbidos, expresados en miliequivalentes por 100 gr de suelo (3).

La importancia del intercambio de cationes es que evita la lixiviación de los nutrientes solubles de fertilizantes inorgánicos debido a ese intercambio catiónico (3).

Las características del suelo cambian con la proporción de iones intercam—

biabiles presentes, Los cationes intercambiabiles están en equilibrio con los cationes en solución, si los cationes de la solución son absorvidos por las plantas, éstas son renovadas al efectuarse el intercambio de cationes, de esta forma los cationes intercambiabiles son una fuente de nutrientes para la planta (33).

En suelos encostrados teóricamente tendrían un C.I.C. alto por su elevado contenido de arcilla, pero cuando predomina la montmorillonita de tipo expansivo, el C.I.C. disminuye. Esto se explica debido a que los iones se movilizan al interior entre los cristales de arcilla cuando ésta se encuentra húmeda (expandida), con la pérdida de humedad se contrae, quedando los iones atrapados inaprovechables a la planta. La escasez de M.O., la cual actúa como regulador de la humedad, hace que la contracción es más severa (28).

3.2.3 Reacción del suelo (pH)

Algunos cultivos se desarrollan mejor en condiciones de pH ácido, mientras que otros no, así mismo los microorganismos pierden efectividad en la fijación del nitrógeno atmosférico, como el caso de Azotobacter que pierde su efectividad en pH de 6.0 (33).

En las regiones fridas el pH del suelo es generalmente más elevado que en las regiones húmedas, algunas razones serían las siguientes: Las aportaciones de M.O. son inferiores que en los climas lluviosos, al escasear la humedad, hay una menor actividad microbiana, menor percolación y drenaje que producen pérdidas de Ca y Mg. Precipitaciones que no drenan, pero que son capaces de elevar por capilaridad las sales disueltas haciéndolas pasar de los horizontes inferiores a los superiores (30).

3.3 Materia Orgánica del suelo (M.O.)

La materia orgánica del suelo consiste en cualquier sustancia de origen orgánico, es decir, proviene de la descomposición de plantas y animales, a medida que se forma M.O. nueva, una parte de la vieja pasa a mineralizarse.

Buckman y Brady (1966), señalan que el contenido de M.O. en el suelo, está alrededor de 3.5%. En Marín, N.L., el porcentaje promedio de M.O., es de 0.6-1.8% el cual es considerado como moderadamente pobre. Así como aquí existen muchas zonas con deficiente contenido de materia orgánica, es por esta razón que este punto representa una gran importancia en el presente estudio, no solo por su influencia en el crecimiento de las plantas, sino también en las propiedades físico-químicas del suelo.

3.3.1 Aspectos generales de la M.O.

Uno de los factores que más contribuye a la fertilidad de los suelos, es el contenido de materia orgánica, ésta es una fuente de nutrimentos para la planta. La M.O., modifica las propiedades físicas del suelo, como la estructura al fomentar la granulación; aumenta la capacidad de retención de humedad y la permeabilidad, además mejora las propiedades físicoquímicas del suelo como el intercambio de cationes. Una disminución de la M.O. del suelo, da por resultado suelos compactos, suelos aterronados, raíces superficiales y un mayor desagüe. La M.O., puede conservarse mediante el empleo abundante de excrementos agrícolas y de los residuos orgánicos en descomposición (40).

La M.O. favorece la formación de agregados en el suelo, pequeñas cantida-

des o nada de materia orgánica produce pocos o ningún agregado. Los sistemas de cosechas que mantienen el suelo cubierto con plantas en desarrollo o con desechos de éstas, favorecen a la formación de grandes cantidades de agregados, lo cual hace al suelo productivo (39).

La materia orgánica es la principal fuente de energía para los microorganismos del suelo, sin ella la actividad bioquímica sería prácticamente nula (11).

La importancia de la aplicación de M.O. al suelo es la de devolverle al suelo todo aquello que el cultivo a consumido. El factor limitante en este aspecto, son las enormes cantidades que se requerirían, del costo y la composición de dichos materiales (41).

La M.O. agregada al suelo se modifica para ajustar a la estructura química del suelo, cuando se descompone la M.O., se liberan ciertas sustancias similares a la goma que tienden a crear más agregados estables al agua en el suelo (40).

3.3.2 Funciones de la M.O. en el suelo

Los fines que se persiguen con la incorporación de M.O. al suelo son los siguientes:

- 1.- La materia orgánica del suelo reduce el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua. Por lo tanto reduce el escurrimiento superficial y la erosión habiendo mayor cantidad de agua aprovechable para el mejor desarrollo de las plantas.
- 2.- La descomposición de la M.O., produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo. De este modo el suelo favorece una buena agregación y permeabilidad.
- 3.- Al descomponerse las raíces de las plantas dejan conductos a través de los cuales penetra el agua y el oxígeno de la atmósfera, esto favorece un desarrollo más vigoroso de las raíces de los siguientes cultivos.
- 4.- La M.O., incrementa la capacidad de retención de agua.
- 5.- La M.O., al descomponerse produce ácidos orgánicos y bióxido de carbono que ayudan a disolver minerales, como el potasio, los cuales son absorbidos más fácilmente por las plantas en desarrollo.
- 6.- Los residuos orgánicos sobre la superficie reducen las pérdidas de suelo provocadas por la erosión eólica.
- 7.- Las cubiertas de residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan el suelo más caliente durante el invierno.
- 8.- Las pérdidas de agua por evaporación son menores cuando se dispone de residuos orgánicos en el suelo.
- 9.- Un suelo de alto contenido de M.O., tiene mayor capacidad de agua aprovechable para el desarrollo de las plantas que el mismo tipo de suelo con menos M.O.

- 10.- Ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos atenuando los cambios químicos rápidos cuando se agregan los fertilizantes.
- 11.- El humus (M.O. descompuesta), constituye un almacén de los cationes - intercambiables y aprovechables (Ca,K,Mg).
- 12.- Favorece el desarrollo de los microorganismos del suelo, por ejemplo; los que fijan nitrógeno (Azotobacter y Clostridium), requieren M.O., que se descomponga con facilidad y de la cual obtienen carbono. Sin el carbono la fijación de nitrógeno, sería imposible.
- 13.- La M.O., reduce la alcalinidad de los suelos, debido a la liberación de ácidos orgánicos por parte de la materia orgánica.
- 14.- La M.O., fresca, facilita la obtención del fósforo del suelo en los suelos ácidos. Al descomponerse la M.O., libera citratos, oxalatos, lactatos que se combinan con el hierro y el aluminio con más rapidez que el fósforo, como resultado es la formación de un número menor de fosfatos insolubles de hierro y aluminio y la disponibilidad de más fósforo para el desarrollo de la planta (33,40).

3.3.3 Composición de la materia orgánica.

La composición de la M.O., del suelo ha sido un problema difícil para los químicos del suelo. Una de las principales dificultades es la imposibilidad de aislar la M.O. de la parte mineral del suelo (14).

Los constituyentes primarios de la M.O., del suelo son los mismos tejidos vegetales que se forman a partir de la fotosíntesis y de las sustancias inorgánicas simples. Tales como: Carbohidratos, lignina, grasas, aceites, ceras, resinas, proteínas, pigmentos, etc... (8).

Si el suelo se presenta una buena aereación, los compuestos finales de la degradación son: bióxido de carbono, agua y compuestos simples de N,P y S (10).

3.3.4 Descomposición de la M.O.

La descomposición de la materia orgánica, es realizada principalmente por los organismos del suelo, también ocurre esta descomposición por algunas actividades químicas y físicas, tales como la hidrólisis y cambios físicos.

La descomposición de la M.O., depende de la relación C:N, la más adecuada es la relación 10:1 si es menor, el material es descompuesto más rápidamente por los microorganismos. Si es mayor, su descomposición es más lenta, ya que los microorganismos tendrán que extraer una mayor cantidad de nitrógeno del suelo para bajar la relación C.N del material vegetal.

Materiales con amplia relación C:N de 80:1 como la paja de trigo se descompone lentamente, debido a que la paja contiene insuficiente nitrógeno para satisfacer los requerimientos del desarrollo de los organismos que intervienen en la descomposición. La alfalfa y el trébol tienen una estrecha relación C:N de alrededor de 20:1, estos materiales se descomponen rápidamente y proporcionan una cantidad relativamente grande de M.O. (humus y nitratos).

La temperatura es una condición importante en la descomposición de la M.O., por parte de los microorganismos, el rango óptimo de la temperatura es entre 21 y 38°C fuera de este rango se reduce la descomposición. La cantidad de agua excesiva provoca una descomposición más lenta, debido a una aereación deficiente para los organismos -- del suelo (33).

Bajo el proceso de descomposición, se produce un grupo de compuestos de especial importancia en la fertilidad del suelo, estos compuestos; son ácidos, tanto orgánicos como inorgánicos que son conocidos por tener un efecto disolvente sobre ciertos minerales. La degradación depende de el contenido de humedad, aereación, y temperatura del suelo. Cuando un suelo seco se humedece, se presenta una descomposición inicial rápida después de 5-10 días, produciéndose un equilibrio entre la producción de bióxido de carbono y los nitratos, posiblemente durante el secado del suelo se rompen los débiles enlaces de algunas de las partículas de humus y de la superficie de arcilla; como consecuencia estas partículas llegan a ser más susceptibles al ataque de los micro y macroorganismos (18).

Birch (1958), demostró que cada vez que el suelo es humedecido después de permanecer seco, una cierta cantidad de humus se dispersará si el suelo es agitado con agua. Sin embargo, si se agrega carbón activado y se mezcla con el suelo, el flujo de descomposición se detiene (11).

3.3.5 La energía de la M.O. del suelo y su transferencia

Los microorganismos del suelo no solo deben poseer materia para su síntesis tisular, sino también energía. Para muchos microorganismos las dos cosas son obtenidas de la M.O. del suelo (11)

3.3.5.1 Energía potencial de la M.O.

La materia orgánica contiene una considerable energía potencial, de la cual una gran proporción es fácilmente transferible a otras formas latentes o es liberada en forma de calor. Los tejidos vegetales, tales como los enterrados en el suelo, tienen un valor térmico aproximado de 4 a 5 kilocalorías por gramo de sustancia -- aérea seca. La aplicación de 10 ton. de estiércol, por ejemplo; conteniendo unos 2300 kg. de materia seca, pueden añadir de 9 a 11 millones de kilocalorías de energía latente. Un suelo que contenga un 4% de materia orgánica lleva de 330-400 millones de kilocalorías de energía potencial por hectárea de suelo cultivable, de esta gran cantidad de energía llevada por la M.O., del suelo, solo una parte es usada por los organismos del suelo; el resto es abandonada en forma de residuos o bien se disipa en forma de calor. La pérdida por calor representa una renovación grande y continua de la energía -- del suelo (11).

3.3.5.2 Tasa de pérdida de energía de los suelos

Algunos cálculos realizados por la Estación Experimental de Rothamsted Inglaterra, en dos terrenos de campo de Broadback, dan una idea sobre la energía que se disipa de los suelos. Se calculó que 2.25 millones de kilocalorías por hectárea era la pérdida anual en un suelo de producción baja, no abonado, mientras que un suelo con aportaciones de estiércol eran unos 33 millones de kilocalorías las abonadas al exterior.

3.3.6 Conservación de la M.O. del suelo

La conservación de la M.O., es difícil y bajo una labranza continua es casi

imposible, esto es todavía más difícil en climas áridos y semiáridos a consecuencia de la continua temperatura elevada. El mantenimiento de la M.O. en un nivel satisfactorio con suelos cultivados, se considera en general, como uno de los principales de la agricultura, el suministro de residuos orgánicos es limitado y la mayor parte se oxidan con bastante rapidez (33).

Según Waksman, citado por Tamhane y Bali (40), aseguran que es necesaria la lignina para conservar la materia orgánica del suelo; por consiguiente debe agregarse al suelo, materiales que sean ricos en lignina. Waksman, piensa que las legumbres son necesarias para mantener el nivel de la materia orgánica. Allison, sin embargo, es de la opinión de que la cantidad de residuos orgánicos es más importante que la proporción C:N en la conservación de la M.O. Russal, citado por Tamhane (43), a partir de experimentos de Ruthented, ha demostrado que 30 años de cultivo continuo de maíz agota la M.O. del suelo en casi 66% y el trigo normal continuo, en un 40%. El agotamiento de la M.O., se redujo considerablemente mediante una rotación de 3 años de maíz a vena y trébol. Con esta rotación la pérdida de M.O., fúé de 15%.

En condiciones de labranza continua, Melsted, menciona que se necesitan más o menos 5 toneladas de paja por acre, o su equivalente para conservar la materia orgánica (40).

Un sistema eficaz, para la conservación de la M.O. en los suelos, es que la materia orgánica se remueve mediante la incorporación de abono animal, abono verde, - residuos orgánicos en descomposición, incorporación de las basuras domésticas, etc... (40).

3.4 Propiedades biológicas del suelo (Los organismos del suelo)

El suelo no es una masa muerta; en el suelo existe vida, la vida del suelo consta de las raíces de las plantas, lombrices, protozoos y nomatodos microscópicos, bacterias, hongos, algas, algunos mamíferos, artropodos y gastropodos. La mayor importancia de estos organismos son los cambios bioquímicos inducidos por ellos mismos. Cambios como dividir la celulosa, lignina, goma, azúcares, almidones y proteínas. O agregar materia orgánica, mejorar la aereación del suelo y fijar nitrógeno atmosférico en el caso de las algas. Los macroanimales del suelo radica su actividad en la -- pulverización y granulación de tierra (11,40).

Son los organismos del suelo los causantes de muchas de las transformaciones químicas en el mismo. Desempeñan un gran papel en la constitución de la fertilidad del suelo y en mantener los nutrimentos en forma obtenible (40).

3.4.1 Nutrientes

3.4.1.1 Elementos esenciales para las plantas

En la actualidad, se dice que 16 elementos son esenciales para el desarrollo y la reproducción de las plantas superiores; estos elementos están relacionados en la tabla 1 y clasificados de acuerdo con sus fuentes, ya sea procedente del aire y agua, ya de los sólidos del suelo y según sean utilizados por las plantas en proporciones más o menos grandes. Por ejemplo, no es raro para un cultivo, como el trigo, remover 112 kg. de nitrógeno por hectárea. El coeficiente de boro arrastrado por el mismo cultivo puede ser menor de 25 a 35 gramos (11).

Tabla # 1 Elementos nutritivos esenciales y sus fuentes para el desarrollo de las plantas.

Elementos esenciales usadas en cantidades relativamente grandes			Elementos esenciales usados en cantidades relativamente pequeñas	
Del aire y agua De sólidos del suelo			De los sólidos del suelo	
Carbono	Nitrógeno	Calcio	Hierro	Cobre
Hidrógeno	Fósforo	Magnesio	Manganeso	Zinc
Oxígeno	Potasio	Azufre	Molibdeno	Cloro
			Boro	

3.4.1.2 Proceso de la ingestión de nutrimentos

Las plantas superiores obtienen la mayor parte del carbono y oxígeno directamente del aire, por fotosíntesis. El nitrógeno, fósforo y potasio, se proporcionan al suelo, comúnmente en forma de estiércol y de abonos de comercios. Así mismo el calcio y el magnesio se dan, casi siempre, en forma de caliza. El azufre - además de existir en el agua de lluvia, va corrientemente al suelo en forma de ingrediente incidental en algunos fertilizantes, como estiércol, superfosfato y sulfato a mónico.

La mayor parte de los nutrimentos penetra en las raíces de las plantas bajo la forma de iones, ya sean aniones o cationes. Un suelo fértil proporciona grandes cantidades de aniones y cationes en equilibrio razonable. Es la M.O. del suelo la que sirve como almacén principal para los aniones. Casi todo el nitrógeno es retenido en el suelo por la materia orgánica (40).

3.4.1.3 Efectos de las condiciones físicas del suelo en la nutrición de las plantas.

Los hoyancos de la labranza, los suelos de superficie aterronada, las costras superficiales o la falta de agregación del suelo, pueden reducir la obtención de nutrimentos por una de estas razones.

- 1.- Al restringir físicamente la prolongación de la raíz, en especial la penetración.
- 2.- Al restringir el intercambio en el suelo de oxígeno y bióxido de carbono.
- 3.- Al retardar el desarrollo de las bacterias nitrificadoras, el nitrógeno del suelo puede permanecer como proteína inobtenible en lugar de descomponerse para liberar amonio o iones de nitrato obtenibles.
- 4.- Al reducir la infiltración de agua, ésta puede pasar a ser el primer factor limitante del desarrollo de la planta, incluso aunque todos los nutrimentos se hallen presentes en cantidades adecuadas.

Los suelos de las regiones áridas son; en general, más altas en todos los constituyentes importantes (nutrientes), a excepción de materia orgánica y nitrógeno (11).

3.4.2 Ciclo del carbono

El carbono es el constituyente común en toda la materia orgánica. Como consecuencia, sus movimientos durante la digestión microbiana de los tejidos son extraordinariamente significativos. Mucha de la energía adquirida por la fauna y la flora en el suelo viene de la oxidación del carbono; como resultado, su anhídrido es desalojado continuamente y en grandes cantidades. Los cambios variados que este elemento provoca dentro y fuera del suelo, son designados como "ciclo del carbono" y se muestra gráficamente en la figura # 1.

El dióxido de carbono es convertido a carbono orgánico principalmente por la acción de organismos fotoautotróficos. El anhídrido carbónico puede resultar de la descomposición de cualquier sustancia orgánica. Al ser digeridos los compuestos de los residuos vegetales, el anhídrido carbónico es expulsado, esta es la principal fuente de este gas, a pesar de que pequeñas cantidades de él sean excretados por las raíces de las plantas y sean incorporados al agua de lluvia. El anhídrido carbónico del suelo, expulsado tanto en verano como en invierno, escapa al fin a la atmósfera en su mayor grado, donde de nuevo puede ser usado por las plantas, así el ciclo queda completo. (5).

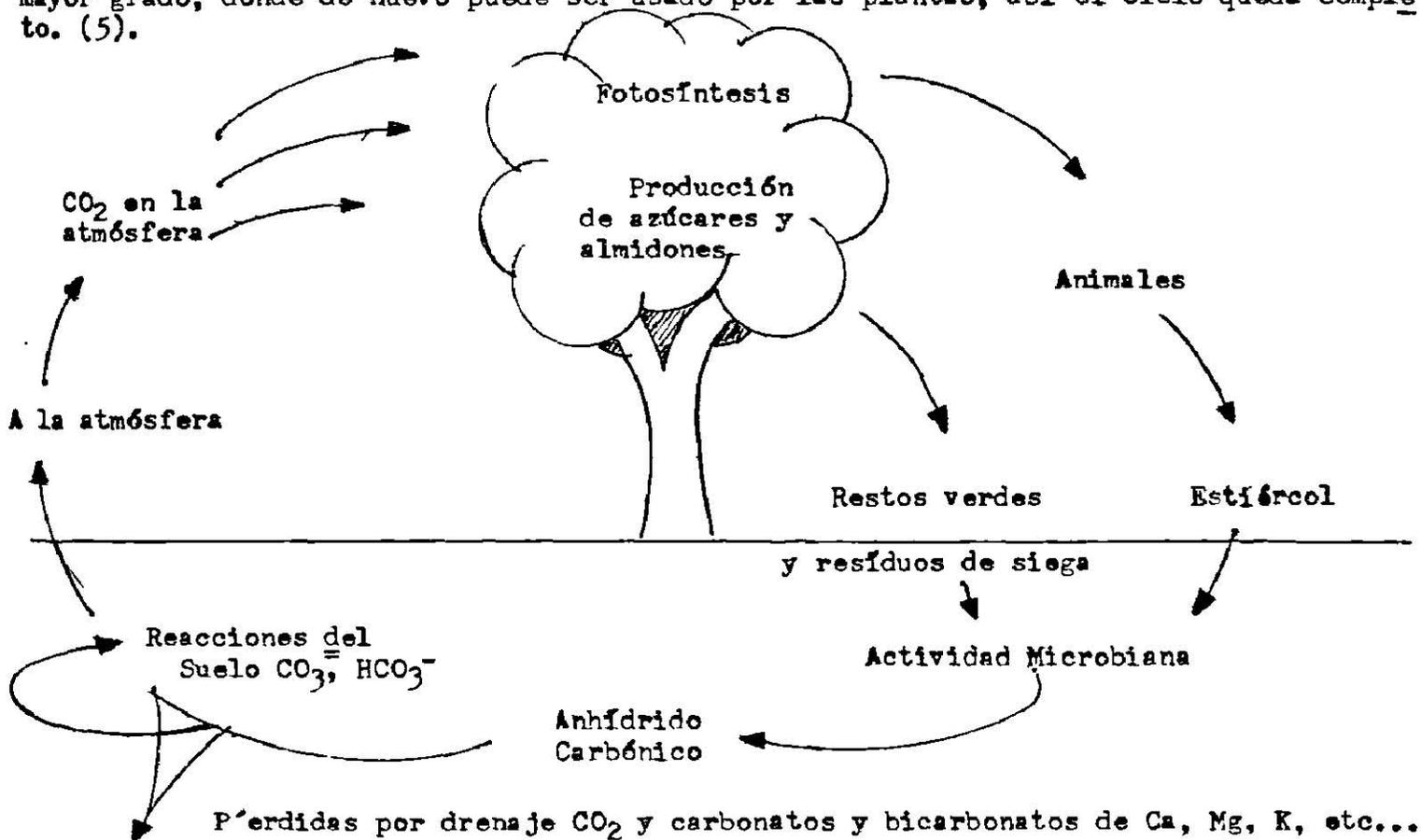


Fig. # 1 Representación en diagrama de las transformaciones del carbono, llamada vulgarmente ciclo del carbono. Se indica la importancia del CO_2 , tanto dentro como fuera del suelo.

3.4.3 El ciclo del nitrógeno

Durante todo el año, el nitrógeno de muchas formas entra y sale del suelo, algunas de estas formas son controladas más o menos por el hombre y otros no, la continuidad de estas transformaciones es debido a los procesos físicos y biológicos que constituyen el ciclo del nitrógeno (Fig. # 2) (11).

El nitrógeno, es uno de los elementos más susceptibles a transformaciones microbianas, también es uno de los nutrientes que se pierden por volatilización y lixiviación.

3.4.3.1 Mineralización del nitrógeno

Para que el ciclo del nitrógeno sea efectivo, forzosamente tiene que pasar por tres caminos importantes que son: amonificación, nitrificación y desnitrificación (11).

3.4.3.1.1 Amonificación

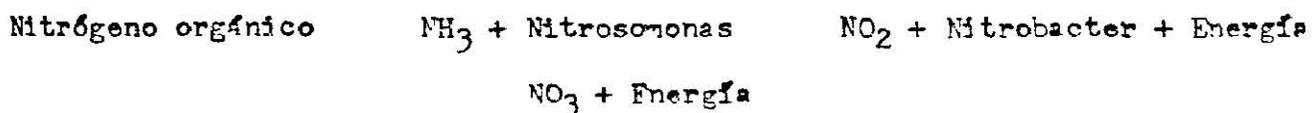
La transformación de los compuestos nitrogenados orgánicos en amoníaco, se llama amonificación. La amonificación tiene lugar como resultado de la acción producidas por los microorganismos. Parte del amoníaco o aminocidos se utiliza para reforzar las proteínas del cuerpo de los microorganismos. Utilizan compuestos orgánicos como su fuente de nitrógeno, pero cuando la materia orgánica tiene una proporción muy amplia de C:N (es decir, existe una proporción mayor de materia orgánica no nitrogenada), los organismos emplean nitratos o amoníaco si lo hay disponible en el suelo. Así, el efecto importante después de la agregación de grandes cantidades de carbohidratos oxidables con facilidad, como la melaza o la paja, sería la inmovilización del nitrato y amoníaco.

Nunca debe producirse un cultivo inmediatamente después de la agregación de cantidades grandes de residuos carbonosos, de otra manera, el cultivo padecería la falta de nitrógeno disponible. Otra desventaja para los cultivos es el calor producido por resultado de la descomposición de una cantidad de materia orgánica -- (40).

3.4.3.1.2. Nitrificación

La nitrificación es un proceso aeróbico que implica la producción de nitratos a partir de las sales de amonio. Esto es obra de bacterias autotróficas.

La transformación del nitrógeno en el suelo puede describirse con brevedad como sigue:



Amonificación

Nitrificación

La nitrificación tiene lugar por lo menos en dos etapas: amoníaco a nitrito y nitrito a nitrato. Estos dos pasos son realizados por grupos diferentes de bacterias; nitrosomonas y nitrobacter respectivamente. La conversión de NO_2 en NO_3 ,

es más rápida que NH_3 en NO_2 . Esto es una ventaja porque cualquier acumulación de NO_2 sería tóxica para las plantas (40).

3.4.3.1.3 Desnitrificación

Al proceso que origina la conversión del nitrato del suelo en nitrato gaseoso y óxido nitroso, se llama desnitrificación. Esto se refiere a que hay muchos organismos capaces de reducir los nitritos, nitratos y el amoniaco. En el suelo la reducción hasta llegar al nitrógeno molecular, este procedimiento se debe a la ausencia de oxígeno (O_2) atmosférico y es mucho más efectivo cuando en el suelo hay una provisión abundante de carbohidratos, normalmente no se produce en suelos bien cultivados (40)

Ciclo del Nitrógeno

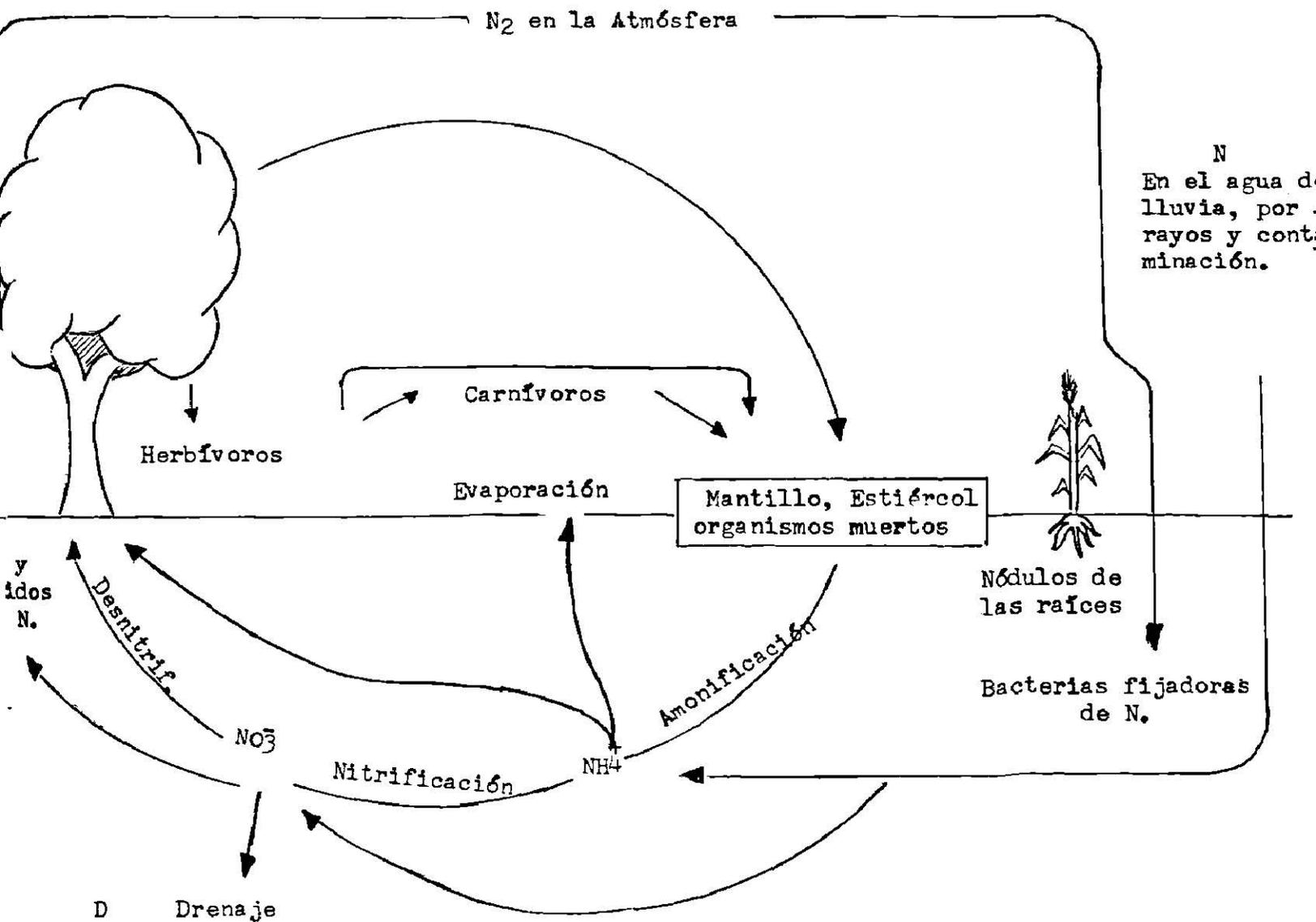


Fig. # 2 Parte principal del ciclo del nitrógeno

Fig. # 2 Parte principal del ciclo del nitrógeno

3.4.4 Humus

Como un resultado de la descomposición de residuos vegetales y síntesis de muchos compuestos, el suelo contiene un número enorme de compuestos orgánicos en varios estados en descomposición. Humus es la palabra empleada para referirse a la M.O., que ha sufrido una descomposición extensiva, y que es bastante resistente a cualquier alteración posterior (29).

El principal producto que se sintetiza es un complejo de lignina y proteína que expertos designan como lignoproteinato.

En los suelos cultivados nueve décimos de la M.O., del suelo pueden consistir en humus perfectamente mezclados con coloides inorgánicos y se denomina un complejo de arcilla y humus (40).

Una de las propiedades más importantes y características del humus en su contenido de nitrógeno, el cual varía generalmente de 3 a 6%, aunque la concentración de nitrógeno pueda ser con frecuencia menor o mayor que estos datos. El contenido de carbono es por lo general de 55 a 58%. Otra propiedad importante del humus; es su alta capacidad de intercambio catiónico, el cual está asociado con algunos grupos químicos activos como lo es el carboxilo (-COOH) (29).

La basura, fuertemente enriquecida con los componentes carbónicos, a través de los procesos de compost, en distintas etapas, muestra un escalonamiento claro en las transformaciones, particularmente en las condiciones aerobias, con intervención de microorganismos; primero es un mecanismo oxidativo de polisacáridos, oxidación de péptidos, grasas, etc., con la posible resíntesis y formación de sustancias húmicas de coloración oscura (8).

Un trabajo desarrollado por Bastida V. y Lavín donde se trata de identificar el grado de transformación del compost. Concluyen que las basuras de áreas metropolitanas, se pueden considerar como un sustrato fermenticible, capaz de humificarse en distintas etapas, siendo las más fuertes en la segunda y tercer etapa.

El humus mejora las condiciones físico-químicas del suelo como estructura, humedad porocidad, almacén de nutrientes, aereación, pH, neutralización de sustancias tóxicas, retiene los fertilizantes, etc... La posible transformación de material de compostas a humus básicamente radica en la intervención de microorganismos, es decir, que el papel de estas es muy importante en la formación de humus, son los que descomponen y resíntetizan la materia orgánica.

En un experimento utilizando composta experimental procedente de los desperdicios de Tequila Sauza, de la cual existe fundamentalmente lignina que es un material de difícil ataque microbiano, por lo cual fallan muchas técnicas al aplicarlo como abono. Debido a esto se planteó utilizar compost-estiércol de gallinaza en algunas unidades experimentales. Los autores de este experimento concluyen que la transformación es más favorable en las compostas enriquecidas con estiércol de gallina que la composta sola (37).

3.5 Encostramiento superficial

3.5.1 Generalidades del encostramiento

El problema del encostramiento aparece principalmente en suelos de zonas áridas

das y semiáridas donde se presenta un bajo contenido de M.O., en el suelo, así mismo; - en suelos con una baja estabilidad estructural. La baja estabilidad provoca que un suelo al humedecerse por la lluvia o el agua de riego, al secarse se forme una costra superficial.

Dicho encostramiento, representa un serio problema económico y ecológico, - debido a los frecuentes fracasos en la emergencia de la plántula que está germinando, provocando la resiembra y atrasos en la implantación de los cultivos y por consiguiente aumentando los costos de producción. El retraso siempre traerá pérdidas en la cosecha, debido a un período disponible más corto para que se desarrolle la planta (27).

Núñez Ramírez J. 1986 (31), cita que en el municipio de Galeana, N.L., en tierra de temporal, durante el ciclo primavera-verano es cuando se presenta el período crítico del encostramiento, éste crea a su vez una germinación y emergencia desigual de las plántulas, por lo que crea problemas en las etapas avanzadas del cultivo por el diferente estado de desarrollo de las plantas. El problema del encostramiento del suelo, se refleja con mayor intensidad en los cultivos de maíz y frijol. El encostramiento no tiene gran importancia durante el ciclo de invierno, por lo que no es problema.

En general el encostramiento tiene efectos directos en el crecimiento de la planta y un efecto indirecto en los procesos del suelo. El efecto indirecto incluye la obstrucción mecánica a la emergencia de la plántula que está germinando y daño a las raíces, mediante la formación de torceduras, debido a la baja penetrabilidad de las mismas. El efecto indirecto de la costra en el suelo, incluye una disminución en la tasa de percolación del agua, aumento en el escurrimiento y la inhibición de la actividad microbial (27).

3.5.2 Formación de la costra

Las costras del suelo son formadas como resultado de la compactación superficial del suelo, debido a una fuerza externa. Esta fuerza es debida al choque de las gotas de lluvia y a la energía radiante del sol cuando el suelo se seca. Cuando las gotas de lluvia caen en el suelo seco, se produce una disgregación de los agregados, seguido por la dispersión y orientación de las partículas más finas y la obstrucción de los poros al llevarse a cabo su penetración en el suelo. Formándose de ésta manera una capa compactada de una mayor densidad global. Según McIntyre (1958), la costra de suelo así formada consta de dos partes: La primera es una capa delgada de aproximadamente 0.1mm de espesor, que se forma en la superficie por compactación resultante de la acción de la gota de lluvia, segundo; las partículas dispersas que surgen del choque, son arrastrados por el agua que se filtra, obstruyen los poros inmediatamente por debajo de la superficie y forman una capa de porosidad disminuida, cuya permeabilidad se reduce unas 200 veces en comparación con la que tendría un suelo sin disturbio, en cuanto a la capa superficial su permeabilidad es reducida en 2000 veces aproximadamente.

El secamiento externo y la fuerza de tensión superficial, causan una interacción y reorientación de las partículas dispersas, dando lugar a una contracción del suelo. El reacomodo de las partículas en la capa inmediata a la superficie puede producirse por aflojamiento y dispersión de agregados cuando el suelo es mojado hasta saturación, como ocurre en el riego de superficie. Durante la infiltración del agua, se forma una zona compactada, la cual se vuelve dura al secarse (10).

Evans y Buol (1968), Wilding y Schmidt (1968), citado por Baver 1973, indican que en los suelos vírgenes, también hay rompimiento, pero no dispersión de las par

tículas, es por eso que no existe la ensolvación y la permeabilidad de la costra esta en función de la permeabilidad de la capa delgada superficial. Como conclusión a esto, es que la causa principal del encostramiento, es la dispersión de las partículas del suelo y no el deshaciamiento de éstas.

3.5.3 Efectos causados por el encostramiento del suelo

En todos los cultivos de zonas semiáridas, la compactación y encostramiento del suelo son los problemas más serios para su desarrollo. Después de la siembra, es muy frecuente que caigan lluvias seguidas de días soleados, formándose así las costras superficiales, las cuales son una barrera para la emergencia de la planta. La humedad, estructura y textura del suelo, influyen ampliamente en la dureza de la costra. La costra obstruye mecánicamente la emergencia de las plantas, el uso de cubiertas de paja, estiércol, sustancias químicas y el laboreo adecuado son algunas de las medidas que se han sugerido para prevenir la formación de la costra (27).

Generalmente, cuando las costras son muy frecuentes, impiden la circulación del oxígeno del suelo, provocando el ahogamiento de las plántulas antes de emerger a la superficie (34).

Cuando las costras son fuertes y de una gran densidad, pueden impedir la aereación bajo condiciones de humedad, si los poros de la capa encostrada contienen agua suficiente impidiendo la difusión de oxígeno en el suelo. La difusión no es restringida significativamente en el caso de costras secas. La falta de aereación puede perjudicar la germinación de las semillas y disminuir la población de plantas en el suelo. En un trabajo en que se evaluó la germinación de las semillas de frijol bajo condiciones de campo, en un suelo que presentaba una capa fina de arena, se encontró que no hubo disminución en la germinación en donde se obtuvieron valores del módulo de ruptura de $S=108 \text{ lb/cm}^3$ (aprox. 3 milibars), aún cuando los efectos del encostramiento de la superficie fueron marcadamente evidentes. Sin embargo, cuando el porcentaje de sodio intercambiable se aumentó superficialmente en el suelo, se encontró que los valores del módulo de ruptura se incrementaron a $S=273 \text{ lb/cm}^3$ (aprox. 6 milibars) y ninguna semilla emergía debido al aumento de la fuerza mecánica de la costra por la presencia de sodio intercambiable (10).

En un estudio hecho sobre el efecto de la compactación en el crecimiento y desarrollo del pasto azul en un 20%, esto durante los cuatro meses de estudio, durante un período de 9 días en Agosto, la compactación redujo el uso de agua de 3.5 a 11%. Esta respuesta aparente, puede ser debido primeramente a la alteración en las propiedades de retención de humedad y consecuentemente el crecimiento de la espiga (4).

La compactación del suelo es uno de los factores con más influencia en el crecimiento de las raíces y el rendimiento de las cosechas. La profundidad de las raíces, es influenciada por la dureza de la costra y el porcentaje de arcilla, la cual es en función de la dureza crítica (dureza en la cual es detenida la elongación de las raíces). Investigadores encontraron que la dureza crítica tuvo un rango de 60 a 70 bars para textura de cuarzo y de 25 bars para suelos arcillosos. Estos datos nos sirven para fijar la influencia de la mecanización en el crecimiento de las raíces y determinar las bases de la necesidad del uso de labranza profunda o minimizar los efectos adversos de la dureza excesiva del suelo por la compactación (4).

El encostramiento de los suelos puede ser controlado con una cobertura de M.O., que la protege de la acción de las gotas de lluvia, ya que la M.O., promueve la formación de agregados estables que resisten la dispersión (10).

Se puede prevenir el encostramiento del suelo, mediante las siembras en húmedo durante las primeras etapas de germinación, ya que mediante este sistema la semilla germina y emerge bajo buenas condiciones de estructura y humedad del suelo, aunque posteriormente se puede presentar el fenómeno de encostramiento, pero ya sin efectos negativos para las plántulas.

También existen agentes acondicionadores del suelo que pueden ser utilizados para prevenir el encostrado, un acondicionador, es el poli-acrilo-nitrilo hidrolizado en forma de copolímeros comunmente llamado super slurper. Estos acondicionadores son sustancias activas aplicadas en solución (aprox. de 10 a 20 kg/ha del producto en solución con 1000 lts. de agua). No solamente reduce la fuerza de la costra y el rango de infiltración, sino que aumenta la retención de agua. Otros agentes son: VAMA (ácido maléico y acetato de vinilo); HPAN, etc...

Debido al alto costo de estos agentes acondicionadores del suelo son muy poco usados por los agricultores. Sólo se usan en trabajos de investigación (23).

Una de las formas más importantes, quizás la principal, para prevenir el encostramiento en el caso de que no se tengan los recursos económicos disponibles, es el manejo de los suelos. Entre los objetivos de la remoción del suelo con implementos agrícolas, se menciona el de mejorar las condiciones físicas del mismo, con el fin de crear un ambiente favorable para la germinación y desarrollo de las plantas cultivadas. Esto no siempre es alcanzado, debido a razones inherentes a las características de los suelos, acción de la maquinaria y condiciones en las cuales se realizan las labores.

Un laboreo excesivo cuando el suelo tiene un bajo contenido hídrico conduce a la pulverización de los agregados del mismo. En este caso la energía aportada para la destrucción de los agregados, se debe a dicho laboreo, por lo tanto lluvias de menor intensidad y duración son suficientes para provocar el encostramiento superficial.

Ahmad y Roblin (1971), citado por Alemán Valdez (4), observaron que la emergencia de las semillas bajo la costra, era solo posible por la rajadura que ésta da lugar, además observaron que las semillas crecían en forma horizontal bajo la superficie y emergerían si podían llegar a alguna grieta formada por la costra.

Hammerton (1961), en sus experimentos sobre la influencia del tamaño de los agregados en la emergencia de las semillas de betabel, reportó que el separado fino, - dió un menor tiempo para el 50% de emergencia (7.64 días), a comparación de los separados bastos (8.16 días). Esto va también directamente relacionado con la profundidad de la siembra, ya que cuando es muy profunda (3.8 cm), la emergencia será muy poca. Aquí se establece una interacción entre el tamaño de los agregados y la profundidad de siembra.

3.5.4 Medidas para prevenir la formación de la costra

Existen varias medidas para prevenir la formación del encostramiento, siendo las más importantes las siguientes: Adiciones de M.O., labranza, manejo adecuado del subsuelo, coberturas, drenajes, irrigación, métodos específicos de conservación del suelo. De éstas, el uso de cubiertas de pajas y estiércol, sustancias químicas y el laboreo son de las más importantes.

Se sabe poco de los efectos de los fertilizantes en la estructura del suelo.

Teóricamente, fuertes aplicaciones de sales de sodio deben causar dispersión en los agregados. Tal deterioro de la estructura probablemente no ocurrirá cuando se siguen prácticas normales de agricultura (10).

Lutz y colaboradores (1966), obtuvieron de los fertilizantes fosforados; efectos importantes en la sazón del suelo. Disminuyó la resistencia del suelo y aumentó la capacidad de retención de agua, lo que atribuyeron a la sustitución de los iones OH^- por iones de fosfato en los bordes de las partículas de arcilla, esto causaba la agregación (23).

Se señala que en suelos de baja estabilidad estructural, donde las fuerzas de cohesión entre partículas son débiles el laboreo previo, en condiciones de excesiva humedad, propicia el encostramiento.

La rotación de cultivos tiene influencia en la agregación y estabilidad de los agregados. Esto explica la importancia de aumentar la agregación y estabilidad de los agregados mediante rotación de cultivos (23).

3.5.5 Evaluación de la resistencia de la costra

Morton y Buchele, citados en Bever (10), han ideado técnicas para medir la fuerza con la que se rompe la costra del suelo éstas son: el penetrómetro y el módulo de ruptura.

El penetrómetro, que simula una plántula mecánica, con el que se mide la fuerza necesaria para empujarlo de abajo hacia arriba a través de una capa de 7.6 cm. de suelo compactado a diferentes densidades globales.

3.5.5.1 Módulo de ruptura

Los suelos de compactación normal fuertemente secados en el campo tienen gran dureza y cohesión. El grado de esta cohesión varía con la estructura del suelo, pues la porosidad determina el número de partículas por unidad de volumen, la porosidad está relacionada con el número de contactos superficiales. La cohesión de los suelos secos se determina midiendo la resistencia a la ruptura de los ladrillitos secados. Esto es el módulo de ruptura; el módulo de ruptura también se emplea como índice de encostramiento del suelo, empleo que se basa en dos suposiciones: 1) Las propiedades físicas de los ladrillos simulan las de las costras naturales, 2) el módulo de ruptura representa la fuerza de las plantitas recién nacidas para romper estas costras.

La dureza de la costra de un suelo es el resultado de las interacciones en procesos físicos y fisicoquímicos complejos. El módulo de ruptura es mayor para las arcillas montmorilloníticas que para las caolínicas en igualdad de composición por tamaño de partículas, el impacto de las gotas de lluvia y el consiguiente batido producen valores elevados.

Richards (1953), citado por Bever; propuso la prueba del módulo de ruptura para disimular el encostramiento, el cual ha sido el más utilizado.

Otro método para medir la evaluación de la costra, es el propuesto por Parker y Taylor, (1965), el cual consiste en la resistencia a la penetración de una sonda en el suelo (10).

Un tercer método es el que utilizaron Morton y colaboradores (1960), en el cual la resistencia de la costra se hace con referencia a la plántula naciente (10).

3.6 Compost

3.6.1 Generalidades sobre el compost

La expresión hacer compost; significa actualmente mezclar o colocar en un montón, diversos materiales de desecho, de modo que al descomponerse se conviertan en humus.

Saurin (1970), citado por Cota y Lavin (13), define composta, como un producto negro, homogéneo, sin restos burdos y que se presenten como un granulado grueso. Al mismo tiempo lo señala como un producto húmico y calcico, con valor fertilizante - nada despreciable por lo que aporta al suelo elementos muy importantes en su composición, así como un mejorador orgánico de suelos, que se produce a partir de los desperdicios sólidos urbanos.

La compostificación moderna se inició en 1930, cuando en varios países se pretendía acelerar el proceso a través de la descomposición aeróbica y el manejo mecanizado (41).

Se sabe que cuando el compost ha sido correctamente preparado, es más rico en elementos nutritivos fácilmente aprovechables por las plantas que el estiércol de corral común y corriente (41).

El uso de basuras fermentadas es aconsejable para las plantaciones de árboles frutales y para los pastizales, las partes más finas para la horticultura y la floricultura (28).

Los horticultores en general, prefieren el compost al estiércol de corral. Prácticamente las grandes pérdidas de nitrógeno que sufre el compost durante la descomposición hacen de él un material mucho más caro que el estiércol de corral; lo encarece más todavía las manipulaciones que requiere y mano de obra adicional que debe pagarse. El horticultor en pequeño prefiere el compost por los beneficios asegurados, la simplicidad de su uso y porque de ningún modo podría obtener suficiente estiércol de corral (41).

La gallinaza es un ingrediente valioso cuando es añadido al compost por ser demasiado concentrada. En el montón de composte, una capa de gallinaza de 3 cm. de espesor puede sustituir con ventaja a otra capa de 10 a 13 cm. de estiércol de vaca o de caballo.

Se ha dicho que una aplicación de 5 ton. métr/ha de buen compost es suficiente para satisfacer las necesidades de cultivos, este dato es bastante optimista, depende por supuesto; de la condición original del suelo. Es más probable que se obtengan buenos resultados aplicando 10 ton. Métr/ha anuales, y bien podrían necesitarse 15 y aún 20 ton. Métr/ha al año para proporcionar suficientes elementos nutritivos a un cultivo del cual se esperan buenos rendimientos (41).

3.6.2 Preparación del compost

Saurin (1970), menciona que el compost consiste en una técnica utilizada para procesamiento de residuos sólidos como basuras y que comprende dos fases. Una etapa fermentativa, que se inicia con una fase aerobia activa que después pasa a ser muy lenta, y otra etapa que se realiza bajo la acción de aire o bien en silos y aire forzado con un mejor control del fenómeno.

El compost puede obtenerse a nivel de granja o en plantas industrializadoras de basura de las ciudades.

En la planta industrializadora de basura de la ciudad de Monterrey, N.L., la basura se somete a la elaboración del compost de la siguiente manera:

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

Al concluir estos pasos, se obtiene como producto el compost en una producción de 175 a 200 tons. por día (en la cd. de Monterrey, N.L.)

El compost también puede prepararse a nivel de granja de la siguiente manera:

Se recomienda colocar los diferentes materiales en capas, con la finalidad de regular hasta donde sea posible la proporción correcta entre carbohidratos y proteínas. Los residuos vegetales que son mayormente carbohidratos; se colocan constituyendo una capa de 15 cm. de espesor. Arriba de esta, se coloca una capa de estiércol de 10 cm. (material protéico), sobre el estiércol se coloca una capa de suelo laborable de 4-5 cm. De esta manera se va constituyendo hasta alcanzar un montón de 1.5 a 1.8 m. de altura.

En condiciones normales no se dispone de la cantidad suficiente de estiércol por lo que se procurará alternar lo mejor posible el material protéico con el material hidrocarbonado de los desechos disponibles.

Cuando se añade poco o ningún estiércol a la pila de compost, se debe agregar fertilizante para estimular la rápida multiplicación de los microorganismos necesarios para el proceso de descomposición, debe esparcirse sobre cada capa de suelo, no aplicándose juntos el estiércol y el fertilizante. Se recomienda aplicar el superfosfato, ya que además de proporcionar fósforo, retiene una parte del amoníaco formado.

Cada capa que se coloca en el rimero de compost, debe rociarse con agua, - - pues ésta ayuda al proceso químico de la hidrólisis. El aire también debe tener libre acceso a la masa para que se realicen los procesos aerobios y no los anaerobios que pro

vocarían pérdidas de nitrógeno. Cuando los materiales orgánicos se descomponen, se reducen a un cuarto de su volumen, ésto hace que el compost, kilo por kilo, sea mucho más rico en elementos nutritivos que el estiércol de corral, sin importar las pérdidas inevitables que se presentaron durante la descomposición (41).

Existen algunos factores que influyen en la fermentación como lo son la aereación, humedad, relación C:N.

La aereación es el factor básico del proceso y determina el tipo de fermentación que se obtiene. Se debe tener una buena ventilación del producto, de tal forma -- que la producción de gas carbónico sea continua. Lo anterior, se logra volteando las pilas frecuentemente o bien con ventilaciones forzadas en los procesos acelerados.

La humedad es el segundo factor 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. Cuando el grado de humedad es bajo, es necesario agregar agua, pues en otra forma, al alcanzar el período -- termofílico, la evaporación llega a ser tal, que el contenido de agua no es suficiente para mantener el proceso.

El carbono (relación C:N), es la fuente principal de energía para los microorganismos termofílicos, ya que se estima que dos tercios son quemados y convertidos en gas carbónico y un tercio entra a formar parte del protoplasma de los nuevos organismos. Esto es importante para la formación de proteínas en combinación con el nitrógeno absorvido.

Durante la fermentación ocurren pérdidas importantes que pueden llegar hasta un 30% de la materia sólida como resultado de la transformación del carbono en gas volátil y por la evaporación durante la fermentación, debido a las altas temperaturas que -- se alcanzan y que es claramente visible cuando se voltean las pilas (41).

3.6.3 Disponibilidad del compost

La gran cantidad de desperdicios orgánicos, urbanos y rurales ha llegado a ser un problema en las zonas densamente pobladas, debido a esta cuestión desde la década de los treinta, en varios países se pensó darle una mayor utilidad a los desechos sólidos (basuras), la cual se llevó a cabo por medio de lo que hoy se conoce como compost.

Informes proporcionados por la planta industrializadora de basura de la cd. de Monterrey, N.L., citan que una vez procesada la basura, se obtiene una producción de 175 a 200 tons. diarias, con lo cual se asegura que sí existe disponibilidad de este -- producto. Cabe mencionar que actualmente se reciben de 350 a 400 tons. de basura en la planta industrializadora.

En la planta de basura, se tiene un promedio de recolección mensual de -- 20,000 tons., las cuales se utilizan de la siguiente manera:

Basura convertida en compost	- - - -	65%
Sub-productos obtenidos	- - - -	8%
Desperdicios	- - - -	27%

Este 65% de compost hace un total de 156,000 tons. anuales, cantidad suficiente como para cubrir superficies de 15,600 has/ año, si se recomiendan 10 ton./ha,

sólo que con el uso del compost, es necesario hacer uso de abonos químicos como fertilizantes, pero en menor cantidad que el recomendado usualmente.

El problema a el que se enfrentan los agricultores en la obtención del compost, no es su disponibilidad, pero sí el alto costo del producto y el costo de transporte de las grandes cantidades que se utilizan. Es por eso que una sugerencia personal encaminada a las personas allegadas a la planta industrializadora y en especial al Gobierno de este Estado, es que sean ellos los que soporten casi todos los gastos para la fabricación de este abono y venderlo a los agricultores a precios más bajos que los actuales, para que de esta forma se interesasen en el compost que es muy poco conocido en nuestro país.

3.6.4 Composición química del compost

La composición del compost varía según la procedencia de los materiales empleados, las costumbres, nivel de vida, etc... Por consiguiente entre más variados sean los materiales orgánicos, mejor será el balance de el valor nutritivo del producto (41).

Elizondo Solana A. Carlos, Rubio M. David (1974), muestran las características físico-químicas del compost utilizado y obtenido de la planta industrializadora de basura de la cd. de Monterrey, N.L.

N total (%)	-	0.656
Fósforo (Kg/ha)	-	77.14
Potasio (Kg/ha)	-	177.0
M.O. (%)	-	11.79
Carbono (%)	-	6.84
Relación C:N	-	10.4/1
Proteína (%)	-	3.375
Fierro (Kg/ha)	-	5.0
Manganeso (Kg/ha)	-	112.5
Boro (cualitativo)	-	NO
Cobre (ppm)	-	1.65
Zinc (%)	-	0.13
pH (1:1)	-	7.5
Ca CO ₃ (%)	-	66.5
Arena (%)	-	63.12
Límo (%)	-	16.40
Arcilla (%)	-	20.48
Textura	-	Migajón arcillo arenoso

3.6.5 Efectos de la aplicación del compost en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo.

3.6.5.1 Efecto residual

La relación del efecto residual de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos ha sido muy poco difundida por las dependencias dedicadas a este punto. Es por esta cuestión que se le ha brindado una importancia mayor a este aspecto en el presente trabajo.

En cuanto a los fertilizantes inorgánicos hay resultados de su efecto residual tan espectaculares como los reportados por Shairer, E. (1957), en Alemania - donde en suelos de bosque ha sido posible recuperar cantidades apreciables de N, P y K resultado de aplicaciones hechas 15 a 50 años antes.

Cook y Davis (1957) dan una serie de datos que muestran el efecto residual de elementos mayores y micronutrientes, llamando la atención sobre la necesidad de cambiar las dosificaciones de fertilizantes, debido a que el P y K no se acumulan en cantidades proporcionales y al cabo de los años se tienen proporciones desbalanceadas de los elementos. Concluyen además que los micronutrientes agregados en los fertilizantes pueden ser benéficos en algunos suelos, pero pueden acumularse en cantidades tóxicas si se mantienen fertilizaciones altas.

Como anteriormente se menciona, el efecto residual de los fertilizantes orgánicos es muy poco conocido y más aún sobre el efecto residual del abonado en compost, ya que existen pocos trabajos experimentales sobre éste.

Baeyens (1970), citado por Villaroel (44). En suelos arenosos; la M.O., actúa especialmente el primer año, en suelos francos o pesados, el efecto de la M.O., subsiste incluso hasta el cuarto año.

En climas cálidos existe mayor actividad biológica y la descomposición es tan grande que los residuos orgánicos se mineralizan muy rápidamente, por lo tanto su contenido de humus es muy bajo. En suelos tropicales cubierto de bosque, el contenido de humus y de nitrógeno es bastante bajo en contraste con las zonas de pasto en donde la descomposición es lenta y gradual, fermentándose grandes cantidades de humus.

El compost al incorporarse al suelo, se descompone lentamente, pero si el material es succulento la descomposición es más rápida, con la consecuencia que el dióxido de carbono contenido en el aire del suelo se lave lo que será de beneficio a la planta en aquellos suelos de textura ligera (28).

El efecto residual de la M.O., se debe al hecho de que las plantas sólo aprovechan una parte de nutrientes el primer año, que según el autor, es por el paso de fosfato monocálcico o tricálcico. También Buckman y Brady (1966), encontraron que el efecto residual de la M.O., se debe en gran parte a la lenta descomposición y a provechabilidad de este sustrato, por parte de la flora microbiana, además menciona que una aplicación sistemática de M.O., rebastece el humus, el N, P y K y elementos traza en el suelo. Aproximadamente el 20% de la M.O., se convierte en humus y el 80% es mineralizado (29).

Los rendimientos más altos se obtienen cuando el abono orgánico es complementado con fertilizante químico y que las diferentes dosis aplicadas, tienen un efecto residual muy semejante hasta 2 años después (32).

A continuación se mencionan algunos datos de trabajos experimentales por parte de la Planta Industrializadora de Desperdicios Sólidos Urbanos de la Cd. de Monterrey, N.L. y algunos particulares que han introducido en sus lotes o ranchos el abonado de compost, así como algunas ventajas de este abono orgánico según se ha observado. Cabe señalar que no se trabajó en el punto de la duración del efecto residual del compost.

En terrenos del Sr. José Guadalupe Chapa, se encuentra el lote indicado como lote 895, sección 23, de la segunda Unidad Distrito de Riego en San Juan; Municipio de Díaz Ordaz, Tamps.

En este lote se llevó a cabo la siembra del cultivo de maíz a los cinco días del mes de Marzo de 1985, anteriormente se había realizado la incorporación

del abonado de compost a razón de una tonelada por hectárea. En esta área se delimitó el efecto de orilla, es decir, el primer surco no se aplicó compost, después de éste a cinco surcos se le hizo la aplicación de compost y a los siguientes cinco surcos no. Esto se realizó con la finalidad de observar las diferencias entre uno y otro, la cual fué complicada, ya que fué posible identificar diferencias en cuanto a color, robustez de la planta y altura de la planta (más notoria). El tamaño de la mazorca fué mayor - en el área con incorporación de compost. Existió una diferencia de altura entre 15 a 20 pulgadas a favor del compost, además las plantas con compost espigaron 4 o 5 días - antes que las no aplicadas.

Se observó que al año de haberse aplicado el abono orgánico, ya no existían diferencias tan marcadas como en un principio, aunque en el segundo ciclo de aplicación el compost todavía presentaba algunas diferencias con respecto al testigo. -- Concluyó así que el efecto residual en este trabajo donde la aplicación de compost es de 1 ton/Ha. es únicamente de un ciclo de cultivo principalmente porque considero que la cantidad de aplicación es muy baja, recomendaría que se llevara a cabo otros experimentos con cantidades de aplicación mayores desde 5 hasta 10 ton/Ha. con el fin de conocer la dosis óptima y la duración del efecto residual.

En el rancho "La Gloria" Municipio de Río Bravo, Tamaulipas, se hizo una incorporación de compost en el suelo a dos áreas; a una de ellas se le aplicó - - 6 ton/Ha y a la otra 2 ton/Ha, las aplicaciones fueron realizadas los primeros días de Diciembre de 1984. El objetivo de estas aplicaciones era observar el comportamiento - del compost en relación con el terreno de esa zona, ya que el terreno presenta un problema añejo de una área con alto contenido de salitre y nunca había nacido el maíz, -- aún con aplicaciones de fertilizantes químicos.

Este trabajo se inició con el cultivo de maíz, sembrado el 20 de Febrero de 1985. Los resultados obtenidos fué que en ambas aplicaciones nació el cultivo existiendo mayor dificultad para emerger en donde se aplicaron 2ton/Ha, además se - observó una gran diferencia en el tamaño promedio de las mazorcas en el área con 2 ton /Ha de compost era de 10 - 15 cm. y en el área con 6 ton/Ha el tamaño de la mazorca era de 18 - 20 cm.

En el siguiente ciclo de cultivo en el área donde fué aplicado el compost a razón de 2 ton/Ha de emergencia, fué muy irregular, mientras que en el área de aplicación de 6 ton/Ha, se observó el mismo desarrollo al ciclo anterior. Concluyó - que con la aplicación de compost, se restableció la fertilidad del suelo que era estéril a causa del alto contenido de salitre, sólo que deberían de realizar aplicaciones mayores de compost para lograr equilibrar el contenido de sales por medio de la materia orgánica y así al mismo tiempo tener un mayor efecto residual del compost.

En la huerta de cítricos del Sr. Francisco Cavazos, ubicada en Gral. Terán, N.L., se hicieron aplicaciones de compost en el año de 1981 y 1982.

Todavía para Diciembre de 1984, estaba en producción mayor que en el área donde no fué aplicado el compost, lo cual indica que el efecto residual aún estaba vigente.

Meek, Graham y Doravan (1982), realizaron un estudio para medir el efecto residual del abono en algunas características del suelo, el experimento tuvo una duración de nueve años (1971-1979) y se realizó en un suelo calcáreo, arcilloso-limoso (en donde la fracción de arcilla fué principalmente montmorillonita) en el Valle Impe-

rial, California. Se detectó que el fósforo aprovechable en el estrato 0-60 cm. de profundidad, era el doble de aquellos tratamientos que recibieron 180 ton/Ha. de abono que en los testigos. El contenido de M.O. en el estrato de 0-30 cm. también se incrementó, del 1 al 3% en donde se aplicó material orgánico. La pérdida anual de M.O. después de la aplicación de abono fue del 5 al 7%. También el potasio intercambiable se incrementó significativamente en el estrato 0-60 cm. aunque su cantidad decreció marcadamente después del tercer año de haberse aplicado el abono, tal vez a causa de su lixiviación (31).

Gowami, K.P. citado por Arreola, demuestra que la aplicación de 30 y 40 ton. métricas de estiércol por Ha. a cultivos en forma experimental producen efectos residuales por 5 o 6 años. La aplicación de estiércol también redujo la compactación de la capa arable durante los dos primeros años, también observó que se incrementó el número de microorganismos incluyendo Azobacter y bacterias nitrificantes (7).

Hiroce, citado por Arreola, estudió el efecto residual de dos años de aplicación de N, P, K y de estiércol de corral en un suelo podzódico y se observó que el N, P y K abatió el pH del suelo y el contenido de calcio y magnesio del mismo. El análisis de hojas (foliar) mostró un efecto residual de nitrógeno del estiércol de corral. Estos resultados ponen de manifiesto que los efectos beneficios de la M.O., se extienden por varios años, haciendo innecesarias las aplicaciones frecuentes de cantidades considerables (7).

Herron y Erhart en 1965 (citado por Nieto Gzz. L.A.), hicieron un estudio en un suelo limoso, calcáreo; encontrando que cada ton. inglesa de abono de bovino (o cada 453.6 kg) que se aplicaba al suelo, producía un incremento en el rendimiento de sorgo de grano equivalente al que producían 11 libras de N químico por acre (59.9 Kg. N/Ha). Se observó que el valor residual decreció la mitad cada año hasta llegar al cuarto año, después de la aplicación del estiércol, cuando cada tonelada inglesa de abono dejó un residuo equivalente a dos libras de N por acre o 10.9 kg N/Ha. (30).

Acosta S. R. 1975; realizó un trabajo para conocer el efecto residual de la aplicación de abonos orgánicos (compost-estiércol de vaca y gallinaza) e inorgánicos en la producción de materia seca. Se recabó la experiencia obtenida durante tres ciclos de cultivo; trigo, sorgo y maíz, en condiciones de invernadero durante el ciclo 1974-1975. El resultado con respecto a la aplicación de abonos orgánicos fue el siguiente:

En el cultivo de trigo la respuesta fue significativa y se encontró que para producir materia seca, la gallinaza resultó la más eficiente, siguiéndole el estiércol y el compost al último. En cuanto a la dosis en general para todos los abonos orgánicos, se observó que es de 40 ton/Ha. para gallinaza y 60 ton./Ha para estiércol y compost.

En sorgo la aplicación de abonos aumentó significativamente el rendimiento de materia seca, siendo mayor la producción en el caso de gallinaza y más baja en compost. En Maíz la cantidad de materia seca se observó lo mismo que en trigo y sorgo.

Con la experiencia obtenida en este trabajo, se derivan las siguientes conclusiones. De los abonos orgánicos empleados; la gallinaza reportó los valores más altos en la producción de los tres cultivos, siguiéndole el estiércol y el

más malo fué el compost. En los tres cultivos y para los tres abonos la respuesta -- mejor se encontró a la dosis de 40 ton/Ha a valores mayores, no hubo diferencia significativa apreciable (2).

3.6.5.2 Efecto de la aplicación del compost en la estructura del suelo.

El compost modifica la estructura del suelo. En los suelos arenosos aumenta la cohesión y en suelos arcillosos la disminuye, lo que permite una mayor aereación, un aumento considerable en la capa de retención de la humedad y una mejor penetración de las raíces (28).

Es muy conocido que la M.O., en sus diversas formas juega un papel -- muy importante en la formación de agregados y liberación de nutrientes.

La aplicación de grandes cantidades de M.O. produce un notable incremento en la agregación del suelo inmediatamente después de ser incorporada. Sin embargo, la efectividad de esta agregación depende de la calidad del material incorporado, pues material fácilmente degradable agrega rápidamente, pero su efecto es poco durable y material de lenta descomposición, aunque requiere de más tiempo para actuar -- su acción es más durable (15).

Robinson, citado por Elizondo Solana (15), indica que la M.O. asociada con la arcilla y presumiblemente absorbida a la superficie de esta forma la fracción más efectiva en la estabilización de los agregados. Esta M.O., afecta las propiedades de las arcillas impartiendoles mayor estabilidad que cuando actúan solas, ya que reduce su capacidad de inchamiento, elimina las fuerzas del aire atrapado y disminuye su poder de inchamiento (15).

La disposición de las partículas del suelo en agregados más o menos estables al agua, es un aspecto importante de la estructura del suelo. Los suelos pobres de M.O., que contienen cantidades apreciables de sodio intercambiable, rara vez poseen agregados de tamaño grande, estos suelos son duros y difíciles de roturar cuando están secos y tienen baja conductividad hidráulica, cuando están saturados, tales -- suelos, debido a su baja conductividad hidráulica cuando están saturados, se dispersan y desmoronan cuando son mojados por la lluvia o el agua de riego y pueden formar una costra dura cuando la superficie se seca (16).

En suelos abonados se incrementa la cantidad de suelo separado por -- la lluvia simulada, decrece la dureza de la costra formada por las gotas de lluvia. Sin embargo, las grandes partículas separadas en los suelos abonados, son muy estables en agua y no se arrastran con facilidad. La pobre formación de costra y el aumento -- de agregados estables en agua, conduce a mantener el suelo en la superficie abierta a la entrada de agua. En los suelos no abonados, la entrada de agua después de tres horas de irrigación, fué de 0.9 cm. por hr. contra las de 3.5 cm. por hr. que hubo en -- las parcelas abonadas con 360 ton. métr. de abono/Ha/año (después de 3 años). No se -- encontró ningún efecto adverso en la aplicación de abono en las plantas de maíz, ni -- en las propiedades del suelo (28).

No necesariamente se requieren grandes cantidades de M.O., aplicadas al suelo, pues se ha encontrado que la aplicación de pequeñas cantidades de compost -- en bandas, directamente arriba de los surcos, induce a las grietas, las cuales facilitan la emergencia de las plántulas (30).

Anderson, citado por Elizondo Solana (15), reporta que en maíz; la -- producción se incrementó al aumentar el nivel de estabilidad de los agregados y que la producción declina cuando este nivel es arriba del 50%. Este investigador estima que la disminución en la producción a bajo nivel de agregados estables al agua, puede deberse a una pobre aereación radicular y en altos niveles de agregación; Se presenta una excesiva respiración, consumiéndose el sustrato que de otra forma se hubiera utilizado en función de desarrollo.

Los materiales orgánicos añadidos al suelo, cuando son afectados por los microorganismos; ejercen un notable efecto en la formación de grandes cantidades de polisacáridos y de otros polímeros orgánicos que actúan como agentes cementantes activos (15).

3.6.5.3 Efecto de la aplicación de compost en la densidad aparente

La densidad aparente es una propiedad física muy relacionada con la estructura del suelo. Un lugar que posee una buena agregación del suelo y un alto contenido de M.O., tendrá valores de densidad más bajos (30).

Meyer, citado por Nieto (30), encontró que la aplicación de compost mejora la estructura del mismo, ya que la densidad aparente de los suelos tratados con compost varía de 1.16 a 1.05 gr/cm³, comparados con los suelos no abonados, cuyas densidades variaron de 1.61 a 1.64 gr/cm³.

Elizondo Solana, Rubio Montoya (1974), concluyen que las aplicaciones de compost favorecieron la permeabilidad del suelo en forma inmediata, pero al final del ciclo ese efecto se perdió por completo. Esto indica que la densidad aparente disminuyó, ya que presentó una mayor agregación y un mayor espacio poroso.

En suelos muy compactos y arcillosos, la adición de M.O., tiene efectos flocculantes formando pequeños conglomerados granulares, dándose así mejores condiciones de drenaje y aereación. Indicando con ésto que se mejora la permeabilidad, así como la capacidad de retención de agua, disminuyendo la densidad aparente (28).

3.6.5.4 Efecto del compost sobre la infiltración y captación de humedad en el suelo.

La captación de humedad, se relaciona con la estabilidad estructural, el aumento de la cantidad de agregados estables a el agua conducen a mantener la superficie del suelo abierta a la entrada del agua.

Meek, et. al. (1982), citados por Nieto (30), encontraron que al usar M.O. en suelos calcáreos arcillosos, había una correlación negativa entre la infiltración de agua (horas) y la M.O., es decir a mayor cantidad de M.O. en el suelo, menor tiempo le toma al agua infiltrarse. Determinaron que un incremento de 1% en el contenido de materia orgánica disminuyó un 31% el tiempo de infiltración.

Guevara (1980), menciona que uno de los beneficios del compost, es -- que mejora la estructura, permitiendo un aumento considerable en la capacidad de retención de humedad.

Elizondo et. al., señalan que la M.O. proveniente de la aplicación -- del compost; incrementó la capacidad retentiva, de humedad en el suelo.

La aplicación de M.O. no sólo aumenta la infiltración, sino que también disminuye la evaporación del agua del suelo. La M.O., funciona como un retarda-

dor de la evaporación, especialmente cuando se aplica a la superficie, por lo que su uso puede permitir un mejor y más eficiente aprovechamiento del agua captada por el suelo.

Unger y Stewart (1974), citados por Nieto (30), encontraron que la aplicación de M.O., no incrementó el contenido de agua en las capas superficiales del suelo, sin embargo, observaron que la evaporación disminuyó. Esto lo atribuyeron a que el agua debió moverse a mayores profundidades en el suelo, donde el agua es menos susceptible a perderse por evaporación y se conserva mejor para su consumo por las plantas.

Vlams (1971), citado por Fromm (16), menciona que una de las razones más importantes para incorporar residuos en los suelos de las regiones irrigadas es por efecto benéfico sobre la infiltración, especialmente en los suelos de textura fina en donde la penetración del agua es muy lenta.

Baver L.D. (1930), encontró que la absorción de agua por el suelo varía a consecuencia de la materia orgánica de un 20 a un 40% en los suelos que investigó.

3.6.5.5 Efecto del compost sobre el contenido de nutrientes del suelo

La materia orgánica proveniente del compost al descomponerse en el suelo, trae como consecuencia la liberación de los siguientes elementos: nitrógeno, fósforo, azufre, carbono, calcio, magnesio, fierro, cobre, zinc, molibdeno y boro, así como la formación de ácidos orgánicos indispensables para otras reacciones del suelo y fijación de algunos elementos. En suelos con un pH alcalino, tiende a neutralizarse, debido a la neutralización de dichos ácidos (43).

Anderson F.N., citado por Elizondo Solana (15), estudió el efecto de compost y fertilización nitrogenada durante 60 años, concluyó que el compost es de una gran ayuda para mantener la productividad gracias a la aportación de nutrientes.

Cota G. Elia y Lavin S. (14), encontraron que las pruebas de fertilidad en suelos tratados con compost para siembra de frijol y hortalizas, demuestran la influencia del humus-compost en el rendimiento vegetal. El desarrollo del frijol sembrado en el suelo con compost muestran la formación de un tallo suculento con crecimiento de longitud óptimo.

Kristich M.A. y Robinson D.O., citado por Mendoza T. (28), realizaron un experimento en las Vegas Nevada; en espinacas y acelga para comparar la efectividad del fertilizante químico contra el compost, se realizaron análisis de varios elementos: nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, magnesio, cobre, etc., después de la aplicación de los tratamientos, se encontró que el contenido de nitrógeno en las hojas de espinacas y acelga y en las raíces de acelga a los 60 días de crecimiento fueron significativamente mayores para tratamientos con altos contenidos de compost (129 ton.mét/Ha) El fósforo y potasio en el suelo y plantas estuvieron directamente correlacionadas a la cantidad de compost aplicado al suelo.

Guevara Linares J.A. (22), concluye que la producción total en melón fué mayor con los tratamientos de estiércol comparada con los tratamientos de compost. De los estiércoles la gallinaza es la que reporta los valores más altos en la producción de los cultivos probados.

La incorporación de M.O. al suelo, aumenta la efectividad de la fertilización química, sobre todo en suelos calcáreos y donde existe una notable pobreza de nutrientes asimilables. La materia orgánica sirve como aportador de nutrientes y mejorador de la condición nutritiva del suelo. Por lo que tiene una importancia indiscutible para resolver las deficiencias de elementos en aquellos suelos que por sus condiciones de clima y origen, la fertilización química no es efectiva.

3.6.5.6 Efecto del compost sobre la disponibilidad de nutrientes y la CIC

Cota G. Elia y Lavin S. (13), mencionan que es posible que el compost no solo aporte nutrientes al suelo, sino que también intensifique la capacidad de absorción de nutrientes por parte de la planta.

Elizondo Solana, Rubio Montoya y Alonso Fromm, mencionan que la actividad microbiológica se ve favorecida por la utilización del compost, lo cual propicia una mayor liberación de $N-NO_3$.

Abbot J.L. y Tucker (1973), concluyen que el abono es una fuente efectiva de fósforo porque aumentó su contenido en los tejidos de alfalfa, algodón y cebada, en suelos calcáreos. Así puede esperarse que los cultivos utilicen el fósforo del suelo más efectivamente como resultado de la aplicación de abono, no importa si el fósforo es de origen orgánico, de fertilizante químico fosfatado o fósforo nativo del suelo, porque un mejor medio ambiente trae por consecuencia mayor población y actividad microbiana. Aquí se ha presentado la evidencia de que el abono es una valiosa fuente de fósforo e importante para mantenerlo aprovechable en forma persistente en suelos calcáreos.

Goss D.W. y Stewart B.A. (1979), concluyen en su estudio que el abono de ganado estabulado tiene mayor eficiencia de utilización que el superfosfato. El fósforo del abono fue menos aprovechable inicialmente. A adecuados niveles, sin embargo, se volvió aprovechable lo suficientemente rápido para surtir los requerimientos de las plantas extendiéndose el período de adecuada aprovechabilidad mayor que el superfosfato. Es de esperarse un proceso similar con la aplicación de compost.

Guevara Linares (22), menciona que uno de los beneficios del compost es que proporcionan al suelo una mayor capacidad de intercambio catiónico transformando los iones de los coloides del suelo en soluciones fácilmente asimilables por la planta.

Según Buckman y Brady (11), la materia orgánica es responsable; quizá más que cualquier otro factor de la estabilidad de los agregados del suelo. Generalmente se considera que por lo menos un 50% de la capacidad total de intercambio depende de la materia orgánica, así como el 80% del intercambio de gases.

Miller (29), afirma que la capacidad de intercambio catiónico del humus es una de las propiedades más valiosas, ya que por ella retienen los iones que sirven para la nutrición y hacen posible su absorción para la planta.

Existen evidencias que demuestran que la materia orgánica contrarresta los efectos nocivos del sodio intercambiable en los suelos. Bower et. al., citados por Elizondo Solana (15), encontraron que aplicando 123.5 ton/ha de estiércol en un suelo sódico se aumentaba el grado de agregación del suelo y en consecuencia, la velocidad de infiltración casi se triplicó.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Localización del experimento

El presente experimento, se llevó a cabo en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo Leon, ubicada en el municipio de Marín, N.L., el cual se encuentra localizado en las coordenadas geográficas $25^{\circ} 53'$ latitud norte y $100^{\circ} 03'$ longitud oeste; altitud aproximada de 370 m.snm.

4.2 Clima y suelo

El clima que predomina en esta región, según la clasificación de Köppen, - modificado por Enriqueta García es el siguiente:

BS₁ (h') hx' (e')

donde:

BS₁ = Clima seco o árido, precipitación anual promedio de 573 mm distribuidos principalmente en verano, siendo éste el menos seco de los climas BS.

(h')h = Temperatura promedio anual sobre 22°C y bajo 18°C , la temperatura promedio del mes más frío.

x' = El régimen de lluvias se presenta como intermedia entre verano e invierno, con un porciento de lluvia invernal mayor al 18%.

(e') = Muy extremoso, oscilación anual de temperaturas medias mensuales mayor de 14°C (18).

Las características principales del suelo en esta zona, donde se realizó el experimento son: el tipo de suelo es calcáreo, de textura arcillosa, con un pH de 7.5 (poco alcalino), su contenido de materia orgánica es pobre o moderadamente pobre.

4.3 Materiales y Aparatos

Los materiales y aparatos que se utilizaron para llevar a cabo el presente experimento son:

- a) Tractor, rastra, bordeadora, trilladora
- b) Herramientas manuales (azadones, palas, cinta-métrica, etc..)
- c) Bolsas de polietileno y papel
- d) Equipo de laboratorio de suelos
- e) Semilla de trigo variedad Pavon F-76. Esta variable presenta las siguientes características de interés, según el centro de investigaciones de la F.A.U.A.N.L.

Caracteries	Descripción
Días a madurez fisiológica	150
Días a espigamiento	91 - 107
Altura de la planta	100 cm.
Densidad de siembra	120 kg/Ha.
Color del grano	blanco
Reacción a roya	fuerte
Tipo	Harinero
Calidad del gluten	fuerte
Epoca de siembra	10 Dic-5 Ene.
Porcentaje de germinación	95%

Penetrómetro de cono, tipo militar.- Este aparato, sirve como un medio rápido para determinar la resistencia de penetración de un suelo al romper la costra. - Este instrumento consiste en una perilla de apoyo, una varilla de penetración, la - - cual termina en un cono y un anillo indicador cuya deflexión depende de la dureza de la costra y es registrada en la carátula indicadora (Ver Fig. # 3).

Aparato medidor del módulo de ruptura.- Básicamente consiste en una plataforma de madera, la cual tiene acoplado un marco del mismo material y una balanza granatoria. El marco tiene en el travesano una tuerca incrustada, en la cual va rascado libremente un tornillo; a su vez el tornillo lleva soldada una navaja corta-pluma de posición ajustable en forma vertical, de tal manera, que dicha navaja puede regularse hacia arriba o hacia abajo, haciendo girar el tornillo y la navaja a la derecha o izquierda. La función de la navaja es de cortar los pequeños ladrillos, provenientes de las diferentes muestras de suelo y que simulan la costra del campo.

Sobre el centro del plato de la balanza granatoria se acopló una pequeña base que sostiene a los ladrillos, esta base es de madera, en la cual van incrustadas dos navajas en forma paralela sobre las cuales se coloca el ladrillo. La balanza granatoria fué colocada de tal forma, que el centro del plato de ésta quedará justo debajo de la navaja cortante. El aparato se colocó de tal manera que, al agregar peso a la balanza el plato de ésta, se eleve junto con el ladrillo, el cual con un determinado peso, sería quebrado en su parte media al ser presionado en contra de la navaja cortante (Fig. # 4).

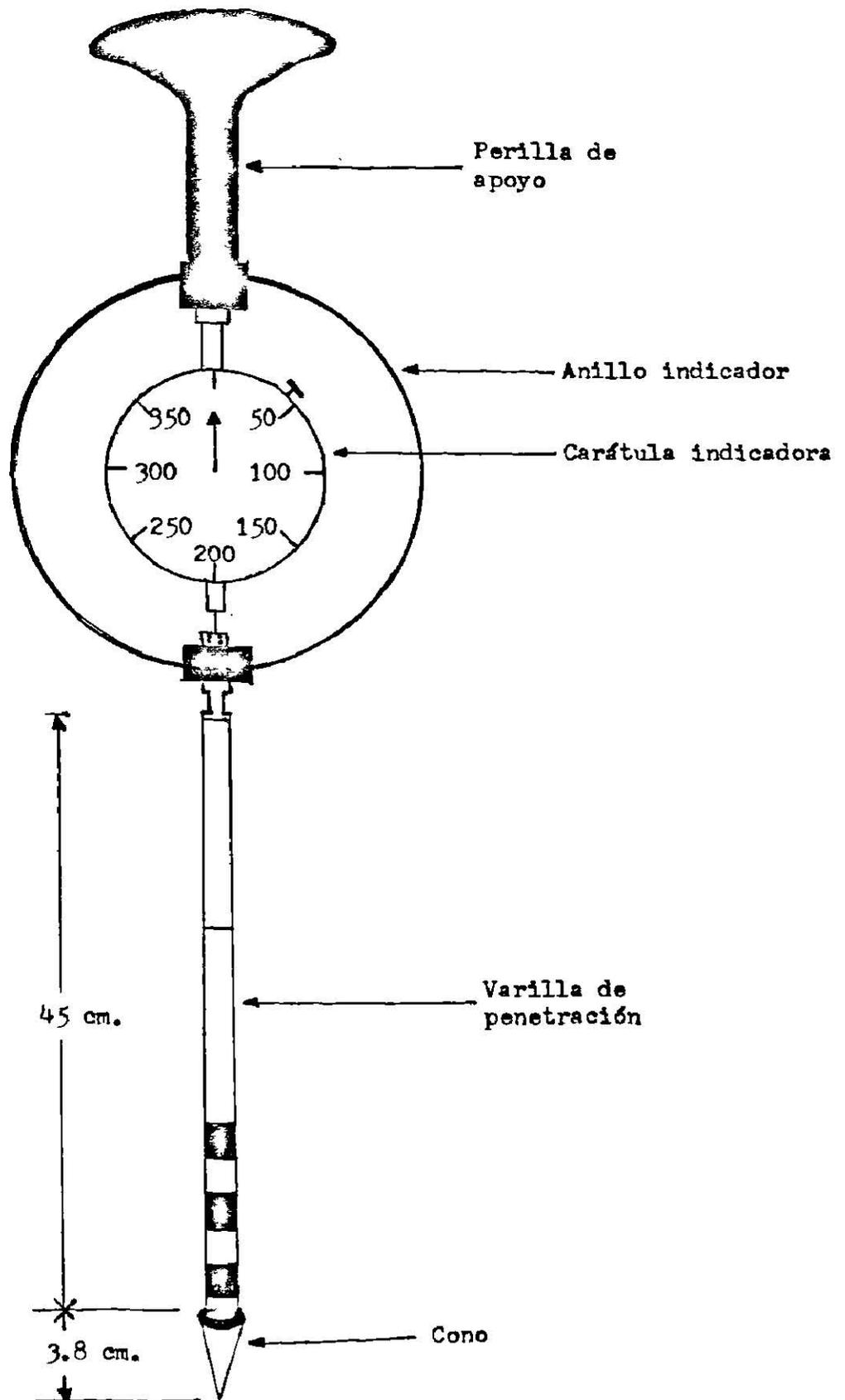


Fig. # 3 Penetrómetro de cono, tipo militar, modelo CN-970

4.4 Descripción del método

4.4.1 Descripción del método usado

Este experimento es una continuación de una serie de experimentos. El presente estudio corresponde al sexto ciclo, los cuales tienen la finalidad de evaluar la residualidad como efecto del abonado con compost en algunas características físicas y químicas del suelo.

El primer ciclo de estudio se inició en el año de 1983 con el cultivo del frijol, delimitándose el lote experimental el 20 de Julio de 1983. La preparación del terreno (un barbecho y dos pasos de rastra), se realizó el 25 de Julio del mismo año. La toma de muestras para determinar el contenido de materia orgánica se hizo el 1 de Agosto. El día 12 del mismo mes y año, se realizó la aplicación de compost, incorporándose el mismo con un paso de rastra. La siembra de frijol se llevó a cabo el 20 de Agosto, así como también la aplicación de la primera mitad del nitrógeno (sulfato de amonio) y todo el fósforo (super fosfato de calcio triple).

A continuación se presenta un resumen de las actividades llevadas a cabo, durante el desarrollo del experimento (en los seis ciclos).

Ciclo	Siembra	cultivo	Variedad
1º	20-VIII-83	Frijol	CIANE
2º	20-XII-83	Trigo	Pavon F-76
3º	9-VIII-84	Frijol	Delicias -71
4º	21-XII-84	Trigo	Pavon F-76
5º	15-VIII-85	Frijol	Pinto amarillo
6º	9-XII-85	Trigo	Pavon F-76

El lote experimental consiste de 3 repeticiones con 13 unidades experimentales en las cuales se aleatorizaron los 13 tratamientos (Fig. # 5).

La preparación del terreno se realizó de la siguiente manera: Se eliminó la maleza en forma mecánica, sacándose la maleza del terreno. Posteriormente se dió un paso de rastra, hacia el lado contrario con el fin de que el suelo quede en su sitio original. Se evitó mover los bordos y se conservó el estacado, evitando así, posibles errores en el terreno que hicieran se confundieran los tratamientos. Mas adelante se trazaron las regaderas utilizando para ello tractor con bordeadora de discos.

En la tabla # 2, se señalan las labores culturales, así como la toma de datos llevados a cabo en el presente experimento.

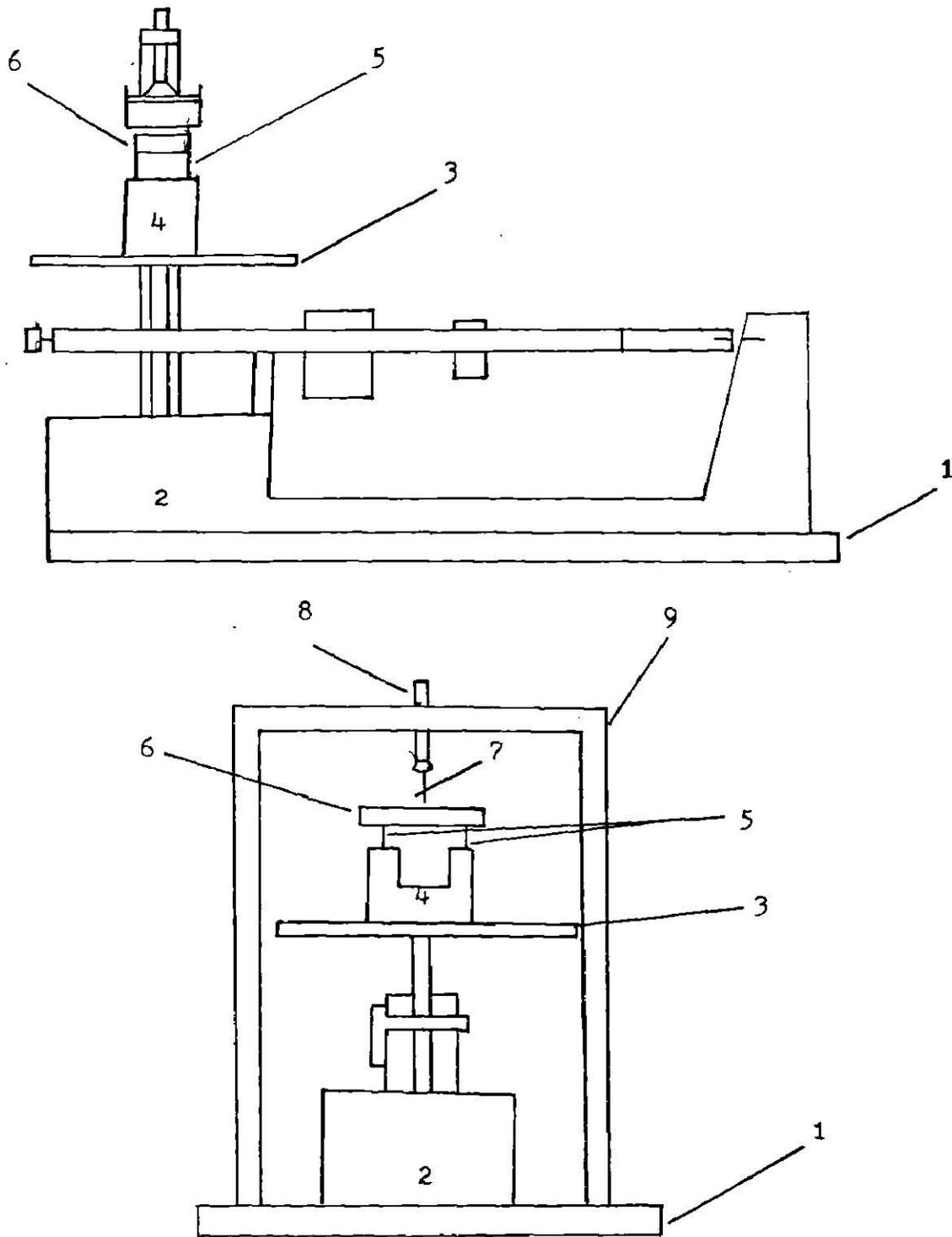
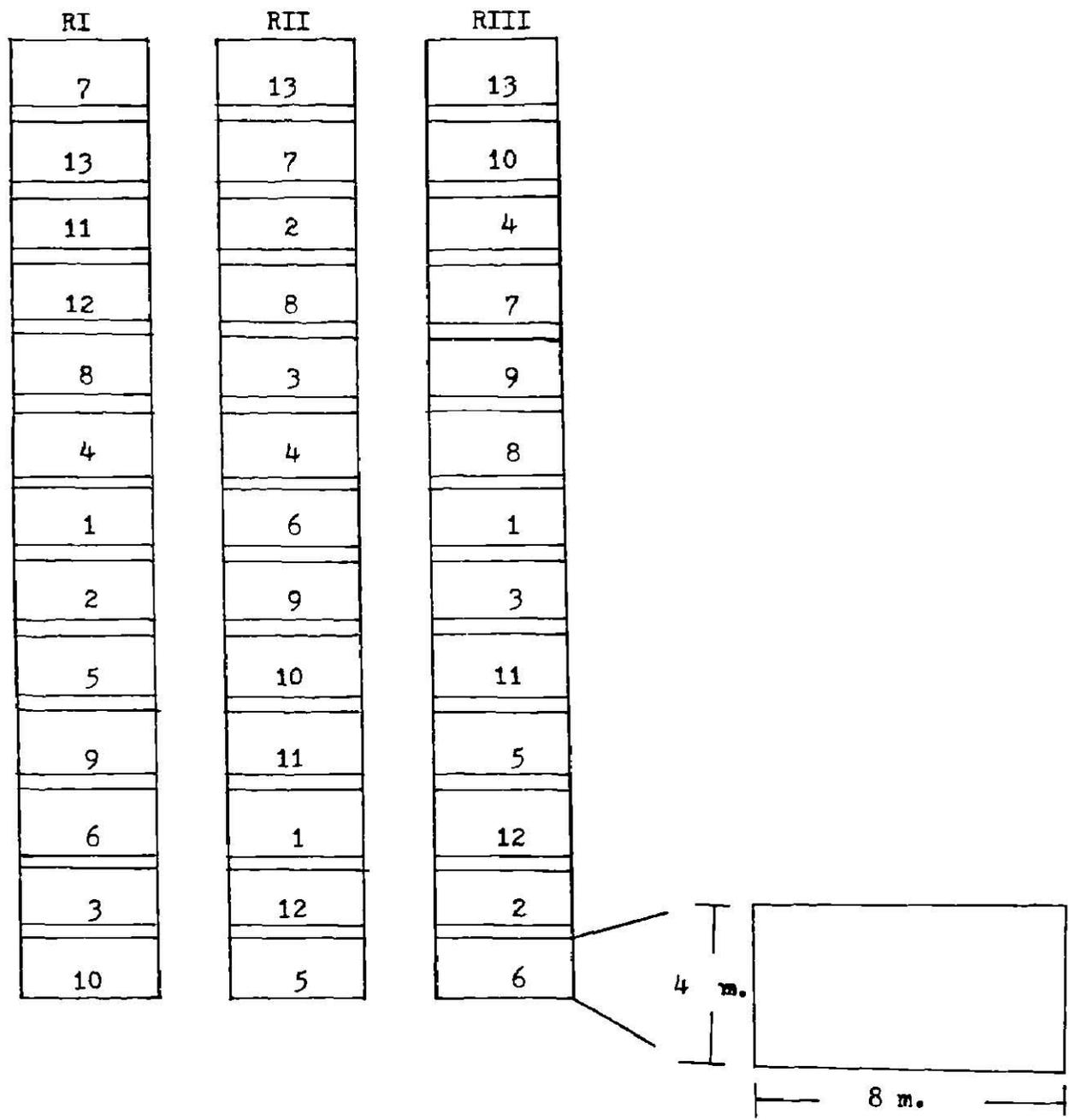


Fig. # 4 Vista lateral y anterior del aparato ideado para hacer las determinaciones de módulo de ruptura. Donde : 1.- base de madera, 2.- báscula granatoria, 3.- plato de la báscula, 4.- soporte de madera, 5.- navajas que sostienen el ladrillo, 6.- ladrillo, 7.- navaja cortadora, 8.- tornillo ajustable, - 9.- travesaño. Escala : 1cm. = 4 cm.



Escala 1 cm. = 400 cm.

Fig. # 5 Croquis de la distribución de parcelas en el campo, con sus tratamientos correspondientes.

Tabla # 2.- Labores realizadas durante el experimento (sexto ciclo)

Fecha	Días transcurridos	Labor reslizada
9-XII-85	-	Siembra
12-XII-85	3	1er. riego
2 I-86	21	Plántulas emergidas
15 I-86	37	2º riego
29 I-86	51	Altura de plantas
13 II-86	66	Altura de plantas
17 II-86	70	3er. riego
28 II-86	81	Altura de plantas
18-III-86	99	4º riego
10 IV-86	121	Muestreo de suelo (D.sp. y Hº)
21 IV-86	132	Penetrómetro
28 IV-86	139	Muestreo de suelo (M.O.)
3 V-86	144	Cosecha

Cabe señalar, que no fué necesario la aplicación de ningún agroquímico, debido a la baja incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo. Por otra parte, se tuvo problemas leves con malezas principalmente en las primeras parcelas de el lado derecho de la repetición II y III, las cuales fueron controladas manualmente.

4.4.2 Diseño experimental

En el presente experimento, se utilizó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones, cada una de las cuales contenía trece unidades experimentales en donde se aleatorizaron los tratamientos. El arreglo de los tratamientos es un cuadro doble (Ver Fig. # 6), este arreglo forma parte de los llamados factoriales parciales o incompletas, el cual consiste en un arreglo factorial 5 por 5 (25 combinaciones) dando por resultado la eliminación sistemática de 12 tratamientos de las 25 combinaciones posibles, de tal manera que los 13 tratamientos restantes, hacen un recubrimiento uniforme del área de exploración, minimizando el sesgo. Todo esto nos permite probar también algunas interacciones compost-fertilizante (Ver tablas 3 y 4), que resultan de interés.

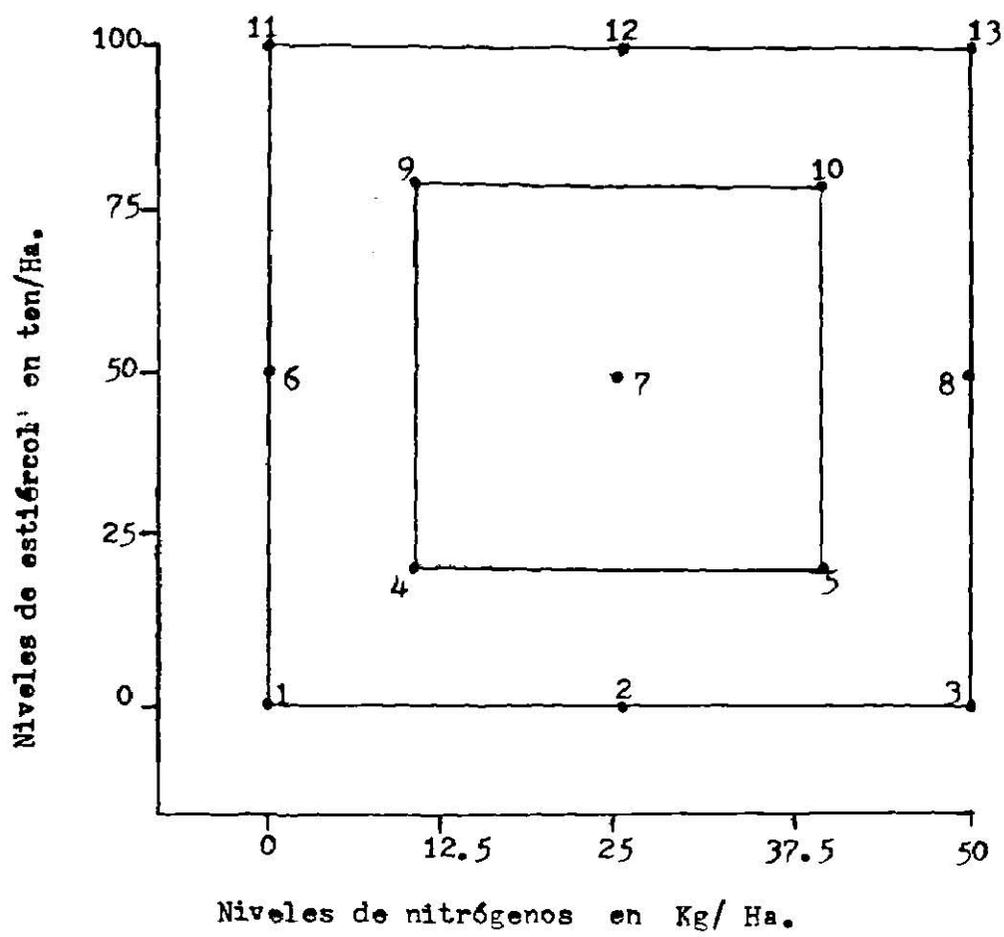


Fig. # 6 Distribución de los tratamientos según el cuadrado doble

Las hipótesis estadísticas planteadas son las siguientes:

H_0 : No existe diferencia significativa entre los efectos residuales del compost de los tratamientos.

H_1 : Sí existe diferencia significativa entre los efectos residuales del compost de los tratamientos.

Modelo propuesto: $Y_k = B_0 + B_1C + B_2N + B_3C^2 + B_4N^2 + B_5CN + e_k$

donde:

y_k = Media del K-esimo tratamiento

B_0 = Constante paramétrica

B_1 = Efecto lineal del compost

B_2 = Efecto lineal del nitrógeno

B_3 = Efecto cuadrático del compost

B_4 = Efecto cuadrático del nitrógeno

B_5 = Efecto de la interacción compost-nitrógeno

C = Compost

N = Nitrógeno

e_k = Error aleatorio de la media del K-esimo tratamiento. $E(e) = 0$, $E(e^2) = \sigma^2/r$; donde σ^2 , es la varianza teórica del error experimental y r = número de repeticiones por tratamiento.

Tabla # 3 Dosis de compost y nitrógeno correspondientes a cada tratamiento.

Tratamiento	Compost	Nitrógeno (S.R.)	Fósforo (S.C.T.)
1	0 Ton/Ha.	0 Kg/Ha.	50 kg/Ha.
2	0	50	50
3	0	100	50
4	25	25	50
5	25	75	50
6	50	0	50
7	50	50	50
8	50	100	50
9	75	25	50
10	75	75	50
11	100	0	50
12	100	50	50
13	100	100	50

S.A. = Sulfato de amonio

S.C.T. = Super fosfato de calcio triple

Table # 4 Dosis de compost, aplicadas el verano de 1983 en cada parcela experimental de 32 m².

Nivel de Compost	Fg. de compost/parcela
0	0
25	80
50	160
75	240
100	320

4.5 Recolección de datos

4.5.1 Variables con respecto al suelo

Densidad aparente (D.A.) Se tomaron muestras de suelo de la parcela útil a dos profundidades 0-15 cm. (DA1) y 15-30 cm. (DA2), se colocaron en frascos, se etiquetaron y se metieron en la estufa de secado, durante 24 horas, una vez secas las muestras, se calculó la densidad aparente dividiendo el peso de la muestra (seco) entre el volumen de la barrena utilizada para obtener dichas muestras. La densidad se expresó en gr/cm^3 .

Contenido de materia orgánica (M.O.) Se obtuvo al final del ciclo de dos muestras obtenidas de la parcela útil, a dos profundidades 0-15 cm (MO1) y 15-30 cm. (MO2), suelo y subsuelo respectivamente. Esto se realizó utilizando la barrena de caja. El método de laboratorio utilizado para determinar el contenido de M.O., fúé el de Walkley y Black. Se realizó el análisis de varianza con los datos transformados de la siguiente manera: $\text{Sen}^{-1}\sqrt{P}$, donde Sen^{-1} , es la función seno inversa y P, es el contenido de M.O. expresado como proporción.

Dureza de la costra, medida con el penetrómetro (PE) Esta variable se determinó utilizando un penetrómetro de cono, modelo CN - 970, con el fin de evaluar la dureza de la costra, se obtuvo del promedio de cinco lecturas, tomadas para cada parcela útil y los datos fueron ajustados (Lb/plg^2), utilizando la gráfica del anillo probador. Para efecto de análisis de varianza los datos fueron transformados a Bares.

Módulo de Ruptura (MR) La determinación del módulo de ruptura, se realizó con el fin de medir la resistencia mecánica de la costra. Para esta determinación se tomaron en cuenta dos profundidades 0-15 cm. (MR1) y 15-30 cm. (MR2). Estas muestras fueron obtenidas de todos los tratamientos de cada bloque experimental. Dichas muestras fueron tamizadas (malla # 20) y se llenaron 5 moldes, obteniéndose 5 ladrillos de cada parcela experimental. Cada reja que contenía 98 pequeños moldes (3.5 cm. x 7 cm. x 1 cm.), se colocó sobre una plataforma de lámina se procedió al llenado de los moldes con las muestras de suelo correspondiente. Una vez llenados los moldes, se humedecieron por trasporo, lo cual se logró aplicando agua que pasaría por debajo de los moldes de tal manera que las muestras se humedecieron a través de la malla mosquitera que servía del piso al molde. Las muestras humedecidas se trasladaron al cuarto de secado en donde eran secados a una temperatura de 50-55 °C hasta peso constante el cual se obtenía en 48 horas aproximadamente.

Una vez secas las muestras, se colocaban en el aparato, ideado para determinar el módulo de ruptura. La báscula granatoria se ajusta a cero. La navaja se coloca de tal forma que solo roce justo a la mitad del ladrillo. En seguida se añadía peso a la báscula y se registraba el peso necesario para romper cada ladrillo. Se saca un promedio de los 5 ladrillos fabricados de la muestra de suelo y los datos fueron sustituidos en la fórmula siguiente:

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

donde:

F = Fuerza de ruptura en el centro del ladrillo

L = La distancia entre los soportes que sostienen al ladrillo (5.08 cm).

b = Ancho del ladrillo (3.5cm.)

d = Espesor del ladrillo (1 cm.)

Si F, se expresa en dinas (gramos - peso \times 980 cm./seg.) y L, b y d en cm., el módulo de ruptura (S), estaría expresado en dinas. Sin embargo, el módulo de ruptura también puede expresarse en bares o milibares (1 Bar = 100 milibares = 10^6 dinas/cm²).

$$\text{Ejemplo: } S = \frac{3 FL}{2bd^2}$$

$$F = 2000 \text{ gr.}$$

$$S = \frac{3 (2000 \text{ gr}) (5.08 \text{ cm})}{2 (3.5 \text{ cm}) (1 \text{ cm}^2)}$$

$$= 4354.285 \text{ gr/cm}^2 (980 \text{ cm/seg}^2)$$

$$= 4267200 \text{ dinas/cm}^2$$

$$= 4.267 \text{ Bares}$$

Humedad del suelo (HS). La determinación de la humedad del suelo, se llevó a cabo a dos profundidades 0-15 cm (HS1) y 15-30 cm. (HS2), ambas muestras fueron de cada unidad experimental con ayuda de la barrena. Dichas muestras fueron medidas en sus respectivos frascos, los cuales, se pesaron y etiquetaron respectivamente. Los frascos con la muestra se pesaron para obtener el peso del suelo húmedo, posteriormente se metieron en la estufa de secado a una temperatura de 50 °C, durante un tiempo de 24 hrs. La muestra ya seca, se pesa nuevamente obteniéndose de esta manera el valor del peso del suelo seco. Los datos obtenidos se sustituyeron en la fórmula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

De esta manera, se obtiene el contenido de humedad expresada en porcentaje. Esta determinación se llevó a cabo hasta el final del ciclo. Para llevar a cabo el análisis de varianza los resultados fueron transformados así:

$$\text{Sen}^{-1} \sqrt{P} \quad \text{donde: } \text{Sen} = \text{Seno inverso}$$

$$P = \text{Porcentaje de humedad}$$

Reacción del suelo (pH) Este análisis se realizó de las mismas muestras de suelo 0-15 cm y 15-30 cm. de profundidad. La determinación fué realizada por medio del potenciómetro digital marca Corning Mod. 105.

Conductividad eléctrica (CE) Se realizó para el suelo y subsuelo por medio del puente de Wheatstone siguiendo la marcha que presenta el laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L.

4.5.2 Variables con respecto a la planta

Número de plántulas emergidas por metro cuadrado (NPE). Esta variable se obtuvo al realizar un conteo del número de plántulas que emergieron a los 32 días después de la siembra. Cabe mencionar que el conteo se realizó únicamente de las plántulas que se encontraban dentro de un metro cuadrado, anteriormente delimitado en cada parcela experimental.

Número de espigas por metro cuadrado (NE) Se obtuvo esta variable al realizar un conteo del número de espigas de todas las plantas que se tenían en un metro cuadrado delimitado en c/u de las parcelas experimentales. Para efecto de la realización del análisis de varianza los datos fueron transformados:

$$NE + 1 \quad \text{donde; } NE = \text{Número de espigas}$$

Peso de paja (PP) Esta variable se obtuvo de la diferencia de peso, con grano y sin grano de todas las plantas cosechadas en un metro cuadrado localizado al centro de cada una de las parcelas experimentales, la cual fué expresada en gramos.

Altura de la planta (AP) Se tomaron tres medidas de altura de planta. Las mediciones se hicieron con una regla de madera, desde la base de la planta hasta la punta de la espiga. Dichas medidas fueron obtenidas de cada unidad experimental, tomándose en cuenta 10 plantas al azar, se midieron y posteriormente se obtuvo la media de los mismos.

Rendimiento de grano por metro cuadrado (RG1) Esta variable se obtuvo al pesar el grano de todas las plantas cosecha en un metro cuadrado, el cual fué delimitado al centro de cada parcela. Estos valores fueron expresados en gramos.

Rendimiento de grano por hectárea (RG2) Esta variable se obtuvo al pesar el grano de todas las plantas cosechadas de la parcela útil ($8.6m^2$), el resultado obtenido se transformo a toneladas por hectárea.

5. RESULTADOS

- SCT = Suma de cuadrados de los tratamientos
 SCE = Suma de cuadrados del error
 F cal = El valor de la F calculada
 \bar{X} Gral = Media general de cada variable bajo estudio
 % C.V. = Coeficiente de variación en por ciento
 g.l. = Grados de libertad para cada fuente de variación
 NS = No hay efecto significativo entre tratamientos
 * = Existe diferencia significativa entre tratamientos
 ** = Existe diferencia altamente significativa entre tratamientos

Como se observa en la tabla # 5, para la variable MR2 (Módulo de ruptura - del subsuelo), se detectó diferencia altamente significativa. Como existía efecto - significativo, es decir que sí hay diferencia entre tratamientos, habría que buscar cual de los tratamientos es el mejor, por medio de la comparación de medias en este caso fué utilizada el método Tuckey.

También para la variable RG2 (Rendimiento en grano de trigo por M²), se detectó diferencia significativa entre tratamientos, según el análisis de varianza -- (ANVA), por lo que se prosigue a conocer cual de los tratamientos es mejor por medio de la comparación de medias.

Las restantes variables en estudio resultaron no significativas.

Tabla # 5 Se hace referencia a los resultados donde se muestra un resumen de los análisis de varianza de las variables estudiadas.

Variable	SCT	SCE	F cal	Sig.	\bar{X} Gral.	% C.V.
g.l.	12	24				
NPE	44957.738	98589.344	0.550	NS	233.49	27.46
AP1	14.155	59.963	0.912	NS	23.47	6.73
AP2	134.643	175.820	0.180	NS	38.14	7.09
AP3	158.857	344.521	0.541	NS	64.78	5.84
NE	252198.312	308364.156	0.147	NS	648.46	17.48
HS1	7.873	39.614	0.950	NS	8.55	15.02
HS2	49.284	54.273	0.103	NS	12.05	12.47
DA1	0.167	0.415	0.699	NS	1.42	9.63
DA2	0.206	0.473	0.585	NS	1.43	9.88
MR1	1.853	8.340	0.928	NS	2.85	20.69
MR2	13.144	6.457	0.002	**	3.52	14.73
PE	0.427	1.090	0.662	NS	4.00	5.30
pH1	0.240	1.140	0.940	NS	7.41	2.95
pH2	0.697	0.692	0.070	NS	7.32	2.32
CE1	0.602	1.331	0.556	NS	1.21	19.38
CE2	1.294	2.684	0.506	NS	1.00	33.46
MO1	2.413	5.194	0.535	NS	2.29	20.29
MO2	4.146	3.574	0.053	NS	2.08	18.55
PP	192127.797	254037.125	0.187	NS	605.94	16.02
RG1	104988.516	74269.781	0.015	*	388.52	14.32
RG2	5568883.500	6716033.00	0.141	NS	3429.80	15.42

Podemos concluir con un 99% de seguridad, que solamente existe diferencia en cuanto a efecto en los tratamientos 13 y 9 con respecto a los demás tratamientos.

En la tabla # 6, se indica la comparación de medias para la variable MR2 (Módulo de ruptura del subsuelo), donde los tratamientos 1,2 y 3 presentan los valores más altos, es decir son los que presentan mayor resistencia a el rompimiento de la costra del suelo. Por el contrario, los tratamientos 5,9 y 13 presentan los valores más bajos. Estos resultados concuerdan de una forma satisfactoria con los esperados según la aplicación realizada a cada tratamiento.

Tabla # 6 Comparación de medias por Tuckey, para la variable MR2, la cual resultó altamente significativa entre tratamientos.

Tratamiento	Media	$\alpha .01$	$\alpha .05$
2	4.73		
3	4.08		
1	3.99		
10	3.86		
11	3.74		
8	3.68		
7	3.60		
6	3.46		
12	3.21		
4	2.99		
5	2.93		
13	2.67		
9	2.66		

En la tabla # 7, se observa la comparación de medias para la variable RG1 (Rendimiento del grano por metro cuadrado), se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Los valores más altos fueron el tratamiento 4 (443.10), el 6 (433.17), el 12(430.12) y el 9(426.69). Por otro lado los tratamientos más bajos fueron el 2(366.49), el 8(316.51) y el 13(251.73). Aquí habría que explicar que el tratamiento 13 fué el más bajo, debido a que esta parcela tuvo problemas con malezas.

Tabla # 7 Comparación de medias (Tuckey), para la variable RG1 (Rendimiento de grano por metro cuadrado, la cual resultó significativa entre tratamientos.

Tratamiento	Medias	$\alpha .01$	$\alpha .05$
4	443.10		
6	433.17		
12	430.12		
9	426.69		
11	419.73		
5	416.19		
10	408.30		
1	392.17		
3	374.72		
7	371.73		
2	366.49		
8	316.51		
13	251.73		

Podemos concluir con una seguridad del 95% que solo existe diferencia significativa entre el tratamiento 13 con respecto a los demás tratamientos.

En la tabla # 8, se presenta el resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables analizadas. Observando la actuación de las variable materia orgánica encontramos valores que considero extremos con mínimo de 1.17 y un máximo de 3.29 en comparación con la media general que se encuentra en 2.0-2.2%. La explicación lógica sería que el valor mínimo se encuentre en el testigo (sin aplicación de compost) y el máximo en la parcela de mayor aplicación de materia orgánica.

La variable PE (Penetrómetro) muestra un valor mínimo de 3.51 y un máximo de 4.68, el NPE (Número de plantas emergida en un metro cuadrado con un mínimo de 72 y un máximo de 360. Con la observación de estas variable, se concluye que la dureza de la costra está aumentando conforme se degrada el efecto residual del compost.

Tabla # 8 Resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento (sexto ciclo) a los 1040 días después de la incorporación del compost.

Variable	\bar{X} General	Mínimo	Máximo	D. estandar	% Coef. Desv.
NPE	233.49	72.0	360.0	66.354	27.45
AP1	23.47	19.80	26.45	1.649	6.73
AP2	38.14	30.40	44.20	3.225	7.09
AP3	64.78	52.20	72.90	3.792	5.84
NE	648.46	240.0	998.0	136.633	17.48
HS1	8.55	6.24	11.90	1.323	15.02
HS2	12.05	9.32	15.52	1.676	12.47
DA1	1.42	1.02	1.67	0.135	9.63
DA2	1.43	1.09	1.70	0.134	9.88
MR1	2.85	1.86	4.10	0.532	20.69
MR2	3.52	1.93	5.11	0.718	14.73
PE	4.00	3.51	4.68	0.219	5.30
pH1	7.41	6.90	7.76	0.205	2.95
pH2	7.32	6.83	7.74	0.225	2.32
CE1	1.21	0.80	1.80	0.249	19.38
CE2	1.00	0.45	2.17	0.325	33.46
MO1	2.29	1.17	3.29	0.528	20.29
MO2	2.08	1.173	2.89	0.501	18.55
PP	605.94	373.74	859.08	131.624	16.97
RG1	383.52	204.90	505.79	74.743	14.32
RG2	3429.80	1681.53	4276.92	582.439	15.42

En la table # 9, muestra los resultados obtenidos de la variable número de espigas de trigo. Se observa que el número de espigas a ido en aumento en los siguientes ciclos con respecto al segundo ciclo; esto, en función a que también se presentó un incremento en el número de plántulas emergidas, a causa de los efectos directos de la materia orgánica, como es reducir la resistencia de la costra del suelo.

DPIC = Días posteriores a la incorporación del compost.

Tabla # 9 Resultados obtenidos para la variable número de espigas de trigo por metro cuadrado en los diferentes ciclos de cultivos.

NUMERO DE ESPIGAS

	2º CICLO	4º CICLO	6º CICLO
DPIC	105	648	994
Tratamiento			
1	344	521	596
2	336	388	606
3	366	506	612
4	437	432	746
5	330	467	737
6	367	468	670
7	421	517	726
8	406	352	620
9	381	535	686
10	375	503	654
11	355	502	629
12	440	441	630
13	420	525	535
\bar{x}	383	473.915	649.792

* DPIC = Días posteriores a la Incorporación del Compost

La tabla # 10, muestra una comparación de los resultados obtenidos para la variable densidad aparente se observa que; la media densidad aparente del suelo - - (0-15 cm) va incrementándose en cada ciclo de estudio (1.25 gr/cm^3 - 1.30 gr/cm^3). Se concluye que ésto es debido al bajo porcentaje de M.O., existente en las parcelas. - Para densidad aparente del subsuelo (15-30), se observa que también existe un aumento (1.35 gr/cm^3 - 1.43 gr/cm^3), esto se considera lógico, debido a que la densidad aparente aumenta con la profundidad del suelo, ya que el porcentaje de materia también disminuye.

Tabla # 10 Densidad aparente del suelo 0-15 cm y subsuelo 15-30 cm. Estos valores - están expresados en gr/cm^3 .

T	D.A. SUELO				D.A. SUBSUELO			
	3er Ciclo	4º Ciclo	5ºCiclo	6ºCiclo	3er. Ciclo	4ºCiclo	5ºCiclo	6ºCiclo
DPIC	483	614	851	971	483	625	851	971
1	1.24	1.29	1.27	1.39	1.39	1.31	1.37	1.39
2	1.37	1.21	1.27	1.47	1.36	1.29	1.34	1.46
3	1.24	1.81	1.37	1.43	1.41	1.27	1.39	1.47
4	1.20	1.25	1.35	1.42	1.37	1.31	1.39	1.47
5	1.28	1.22	1.30	1.37	1.33	1.28	1.41	1.27
6	1.26	1.17	1.25	1.41	1.28	1.28	1.37	1.53
7	1.33	1.21	1.21	1.45	1.39	1.28	1.41	1.46
8	1.36	1.81	1.24	1.54	1.33	1.36	1.44	1.46
9	1.24	1.17	1.32	1.26	1.39	1.32	1.41	1.30
10	1.18	1.18	1.34	1.41	1.32	1.36	1.34	1.47
11	1.26	1.10	1.26	1.45	1.39	1.31	1.37	1.37
12	1.16	1.30	1.26	1.51	1.33	1.35	1.39	1.47
13	1.25	1.26	1.28	1.42	1.26	1.23	1.42	1.48
\bar{x}	1.25	1.30	1.29	1.42	1.35	1.29	1.390	1.43

En la tabla # 11, se comparan los resultados obtenidos en la variable módulo de ruptura, como se observa los valores de las medias aumentan en cada ciclo, tanto para el suelo (2.674 a 2.846 bares) como para el subsuelo (3.33 a 3.51 bares).

La explicación a esto es que el efecto residual de la M.O. ha ido en decadencia provocando un suelo más compactado.

Tabla # 11 Resultados obtenidos para la variable módulo de ruptura para el suelo - - (0-15 cm) y subsuelo(15-30 cm). Valores expresados en bares.

T	M. R. SUELO				M. R. SUBSUELO			
	3er Ciclo	4ºciclo	5ºciclo	6ºciclo	3er. ciclo	4ºciclo	5ºciclo	6ºciclo
DPIC	501	632	869	990	501	632	869	990
1	3.470	2.960	3.270	2.819	2.990	3.773	5.573	3.991
2	3.486	2.636	2.730	2.610	2.910	4.553	5.593	4.737
3	3.103	3.096	3.113	2.734	3.213	3.840	5.225	4.098
4	2.353	2.723	3.447	3.291	3.130	3.250	4.440	2.992
5	2.550	2.803	2.974	3.071	3.343	2.983	4.050	2.935
6	2.736	2.436	3.174	2.921	2.580	2.350	6.361	3.461
7	2.023	3.123	2.356	3.121	2.353	2.350	4.440	3.606
8	2.813	2.713	3.453	2.984	3.793	3.333	6.160	3.680
9	2.403	3.040	2.913	2.827	2.340	3.653	4.445	2.662
10	2.880	2.343	2.326	2.713	4.030	2.086	4.311	3.867
11	2.686	2.950	2.718	2.633	4.550	3.946	5.000	3.742
12	2.390	2.453	3.005	2.485	3.636	3.543	5.320	3.212
13	1.960	2.383	2.701	2.788	4.430	2.720	4.000	2.670
\bar{x}	2.674	2.743	2.937	2.846	3.330	3.260	4.993	3.51

La tabla # 12, muestra los valores de la variable penetrómetro en los ciclos de estudio, en los cuales se puede observar un aumento de las medias, concluyendo que aumentó la dureza de la costra a consecuencia de la degradación que ha sufrido el compost.

Tabla # 12 Resultados obtenidos para la medición de la dureza de la costra por el penetrómetro, después de 982 días de incorporado el compost.

PENETROMETRO				
T	3er Ciclo	4ºCiclo	5ºCiclo	6ºCiclo
1	2.684	3.812	3.903	3.976
2	2.846	3.943	3.871	3.940
3	2.406	3.852	4.102	3.956
4	2.800	4.050	4.011	3.948
5	2.615	3.606	4.079	3.977
6	2.337	3.928	3.929	3.977
7	2.499	4.107	4.079	4.250
8	2.291	3.859	3.973	4.029
9	2.291	3.820	4.033	3.873
10	2.707	4.706	3.996	3.903
11	2.430	3.887	3.933	4.030
12	2.430	3.873	4.108	4.025
13	2.129	3.654	3.958	4.070
\bar{X}	2.497	3.882	4.001	4.024

Tabla # 13 Resultados obtenidos para la variable materia orgánica presente en el suelo (0-15 cm.) y subsuelo (15-30 cm.) en el 6° ciclo, después de 990 días de aplicado el compost.

Tratam.M.O. %	Suelo	Tratam.M.O. %	Subsuelo
DPIC	990		990
10	2.72	13	2.50
13	2.64	7	2.41
12	2.55	10	2.25
4	2.46	11	2.20
9	2.36	12	2.09
7	2.27	4	2.07
3	2.27	9	2.04
8	2.24	5	2.04
11	2.07	8	2.02
6	2.07	6	1.95
1	1.93	2	1.81
2	1.92	1	1.74
5	1.88	3	1.24
\bar{X}	2.28		2.08

Clasificación: Según Aguirre Cossio (3)

Ext. pobre	0.0 - 0.60
Pobre	0.61- 1.20
Median. pobre	1.21- 1.80
Medio	1.81- 2.41
Median. rico	2.42- 3.00
Rico	3.01-4.20
Ext. rico	4.21 en adelante

En la tabla # 14, se hace una comparación del contenido de M.O., registrada en los ciclos anteriores con el ciclo actual (6° ciclo), después de 990 días de incorporado el compost.

De acuerdo a los resultados encontrados, se observa que el porcentaje de materia orgánica, se incrementó en los primeros ciclos, alcanzando el mayor promedio en el cuarto ciclo, después de este ciclo ha disminuido el efecto residual de la materia orgánica encontrando un valor semejante en este último ciclo (secto) con respecto al primer ciclo, es decir que ha terminado el efecto del compost.

Tabla # 14 Contenido de M.O. existente en el suelo (0-30 cm), en los ciclos anteriores y después de este experimento.

MATERIA ORGANICA %						
T	1er Ciclo	2° Ciclo	3er. Ciclo	4° Ciclo	5° Ciclo	6° Ciclo
DFIC	100	264	501	640	874	990
1	1.88	2.02	1.90	2.52	1.95	1.86
2	1.80	1.99	1.50	2.53	1.73	1.86
3	2.11	1.83	1.60	2.45	1.90	1.89
4	2.32	2.11	2.12	2.94	1.69	2.26
5	2.27	2.16	1.70	2.91	2.27	1.96
6	2.11	2.71	2.27	2.58	2.58	2.01
7	1.88	2.15	1.94	2.53	2.00	2.34
8	2.11	2.04	1.82	2.82	1.88	2.13
9	2.46	2.22	1.48	2.74	1.71	2.20
10	2.48	2.36	2.29	2.65	2.00	2.48
11	2.30	2.59	2.05	2.74	2.11	2.16
12	2.11	2.59	1.94	2.81	2.33	2.18
13	2.59	2.13	1.96	2.86	2.19	2.57
\bar{x}	2.18	2.22	1.89	2.69	2.02	2.18

En la tabla # 15, se comparan los rendimientos obtenidos de los diferentes cultivos durante el experimento, pudiéndose observar un incremento promedio tanto para el cultivo del frijol como en el cultivo del trigo.

Este resultado era de esperarse, debido a los nutrientes que contiene el compost y a las modificaciones sufridas en las propiedades del suelo al incorporar el compost.

Tabla # 15 Valores obtenidos para el rendimiento del grano de trigo por hectárea en los diferentes ciclos de estudio, después de 994 días de incorporado el compost.

RENDIMIENTO DEL GRANO (Kg/Ha)						
T DPIC	1er. Ciclo Frijol 105	2ºCiclo Trigo 272	3er Ciclo Frijol 467	4ºciclo Trigo 637	5ºciclo Frijol 835	6ºciclo Trigo 994
1	675.60	2613.90	832.63	3528.40	1023.3	3685.12
2	660.16	2470.20	905.65	3683.30	1165.91	3177.69
3	850.56	2623.70	876.73	3277.70	1055.32	3673.84
4	905.90	2975.90	927.42	3509.50	1313.28	3355.12
5	776.30	2443.30	1207.98	3888.80	1704.00	3842.05
6	575.66	2492.50	1070.83	3261.00	1077.00	3525.38
7	996.53	2706.30	1142.01	4028.10	1467.72	3103.84
8	1447.90	2814.60	1042.97	3742.10	1695.55	3616.40
9	567.83	2822.90	1047.56	3740.60	908.76	3785.64
10	427.52	2575.60	1053.46	4042.90	1473.10	4185.38
11	752.90	2714.20	1003.12	4319.20	1550.60	3947.69
12	922.86	2951.47	1153.47	4218.10	1829.49	3816.92
13	946.76	2900.10	858.33	3920.70	1614.06	2639.48
\bar{x}	808.19	2700.33	1009.24	3781.56	1375.07	3565.73

$$Y = 380.8636 + 1.1589 C + 1.666 N - 0.0176 C^2 - 0.0201 N^2 - 0.000785 CN$$

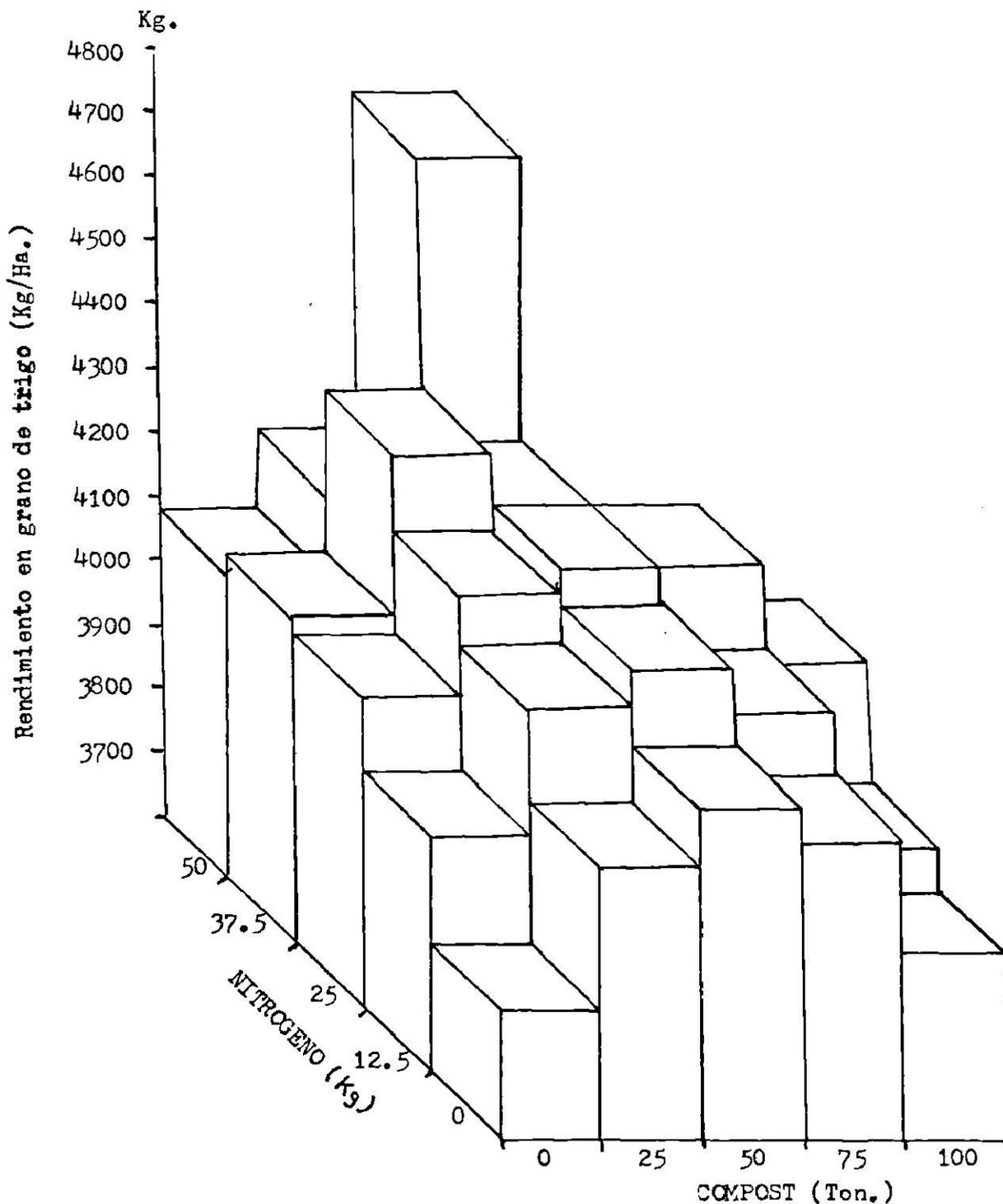


Fig. # 7 Respuesta al rendimiento en grano de trigo con las variables nitrógeno y compost aplicados de una muestra de 1 m² por parcela. 6^o ciclo a 994 días después de la aplicación de los tratamientos.

La figura # 7, nos permite observar que existe un ascenso conforme aumenta la dosis de compost hasta 50 ton/Ha., después de esta dosis se aprecia un descenso en la gráfica. El comportamiento del nitrógeno es muy similar a el del compost, ya interactuando el CN, se ve que el mayor rendimiento se da con 50 ton.de compost/Ha y 50 kgs. de nitrógeno/Ha.

5.1 Resumen de los resultados en los ciclos anteriores

Unicamente se tomaran en cuenta algunos aspectos importantes de los ciclos anteriores. El tercer ciclo fué realizado con el cultivo del frijol, en este ciclo se encontró que las variables dureza de la costra medida con el penetrómetro y la densidad aparente del suelo resultaron significativos según el estudio del análisis de varianza (ANVA). Los valores más bajos de dureza de la costra fueron presentados por el tratamiento 13 y 9 basados en la comparación de medias Tuckey, ésto era de esperar se por ser de los tratamientos que mayor contenido de compost recibieron. Por medio del procedimiento de todas las regresiones posibles, se encontró que la regresión para esta variable es significativa y que es el efecto lineal del compost el que presentó mayor efecto con una $R^2 = 0.1201$, sin embargo, es considerado como un porcentaje bajo para explicar la variación entre tratamientos; para este caso no fué necesario realizar la falta de ajuste, por lo que la ecuación de regresión sería...

$$Y = 2.693639 - 0.003254619 X_0$$

El hecho de que la R^2 , sea baja es debido en gran parte a que el efecto lineal de nitrógeno, ha contribuido a aumentar el porcentaje de la R^2 en forma significativa, lo cual se explica por el hecho de que el fertilizante químico de nitrógeno se aplicó hace un año y obviamente no posee el mismo efecto residual del compost.

La densidad aparente del suelo presentó los valores más bajos en los tratamientos 12 y 10, mientras que los más altos los reportan el tratamiento 2, 8 y 7. La regresión para esta variable, no fué significativa no explicando la variación entre los tratamientos.

En el cuarto ciclo, se trabajó con el cultivo de trigo a los 648 días de incorporado el compost, se encontró únicamente diferencia significativa para la variable módulo de ruptura del subsuelo, es decir que sí existe diferencia entre los tratamientos. Se hizo una correlación para las variables estudiadas encontrando que el penetrómetro resultó altamente significativa con la variable materia orgánica del suelo ($p \leq .01$) - 0.4978. De igual manera esta misma variable correlacionó significativamente con la materia orgánica del subsuelo ($p \leq .05$) - 0.3181. Por otra parte la M.O. del suelo resultó significativa ($p \leq .01$) - 0.3064 con la variable M.O. del subsuelo.

De acuerdo con el procedimiento de todas las regresiones posibles, se encontró que el efecto lineal y cuadrático para compost y nitrógeno, así como la interacción, resultaron no significativas (Ver tabla 1 del apéndice), por lo que no explicó la variación de tal manera que se obtuviera un modelo general. Se procedió a utilizar otros modelos llevando a cabo regresiones individuales haciendo variar los niveles de nitrógeno y manteniendo fijos los de compost, encontrándose que para los niveles 50 y 75 Kg. de N/Ha. una respuesta cuadrática significativa obteniendo los modelos siguientes:

$$\begin{aligned} &\text{Nivel 50 Kg de N/Ha.} \\ &Y = 4.553333 - 0.08086658 X_1 + 0.0007373324 X_1^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Nivel 75 Kg de N/Ha.} \\ &Y = 3.79423 - 0.0341594 X_1 + 0.00006892569 X_1^2 \end{aligned}$$

El quinto ciclo, se inició el 12 de Agosto de 1985, con la siembra del cultivo del frijol. El análisis de varianza para las variables en estudio, reporta que la densidad aparente del suelo y pH del suelo y subsuelo resultaron significativas ($p \leq .05$).

La comparación entre las variables con mayor correlación fueron: porcentaje de humedad (0-15 cm) comparada con M.O. (0-15), donde el modelo propuesto de la regresión cuadrática fué el que mejor explicó la variación entre tratamientos con una $R^2 = 19\%$. La D.A. (0-15) con respecto al penetrómetro, es el modelo de regresión cuadrático el que mejor explica la variación ($R^2 = 18\%$).

El análisis de regresión para las variables significativas D.A. (0-15 cm), pH (0-15), (15-30), resultaron no significativas (Ver tablas 2,3 y 4 del apéndice) para los efectos lineal, cuadrático del compost y nitrógeno, así como para la interacción CN. Por lo que no explicó la variación de tal manera que se obtuviera un modelo general. No obstante se puede obtener un modelo que explicara el efecto.

6. DISCUSION

Una vez concluidos los análisis químicos, físicos y estadísticos llevados a cabo en el presente experimento, es posible realizar algunos comentarios o discusiones al respecto.

Uno de los objetivos que fueron la base para este trabajo, es determinar si aún existe efecto residual del compost después de 994 días de aplicado (sexto ciclo), para esto se plantearon hipótesis estadísticas (Ver punto 4.4.2). Apoyándose en los resultados obtenidos, se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H_0) que se planteó y por consiguiente si existe efecto residual del compost después de 994 días de haberse incorporado al suelo. Esta afirmación se hace en base a los resultados del análisis de varianza llevados a cabo para cada una de las 21 variables estudiadas, como se muestra en la Tabla # 5. Únicamente se encontró diferencia significativa para la variable módulo de ruptura del subsuelo (MR2) y rendimiento en grano de trigo (RG1). En lo que respecta a las variables restantes, no sufrieron cambios lo suficientemente grandes como para dar resultados significativos. La explicación a esto es que el efecto residual que aún existe, es demasiado bajo o nulo, pero ya en la práctica, debemos considerar que la hipótesis H_0 , es la que debe ser aceptada, es decir que ya no existe efecto residual del compost. Algunos autores señalan que se puede obtener mayor aprovechabilidad de los abonos orgánicos si se incorpora en cantidades pequeñas a intervalos cortos, que si se incorpora una cantidad elevada en una sola aplicación como se realizó en este experimento.

Como nuestros cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo se inician con la incorporación del compost, es importante conocer la forma en que actuó a través del tiempo transcurrido, aunque esta variable materia orgánica no presentó efecto significativo por el ANVA, es considerada como una de las variables en estudio de mayor importancia. En los terrenos de Marín, N.L. y sus alrededores existen muchos tipos de suelo donde el contenido de materia orgánica fluctúa entre 1.8 y 2.0 % raramente es mayor, en nuestro trabajo se observó que el porcentaje de materia orgánica fué incrementándose a través de los ciclos de cultivo conforme iba haciendo efecto el compost aplicado (Tabla 13).

El mayor valor, se presentó en el cuarto ciclo a los 640 días de incorporado, después de este ciclo ha ido decreciendo hasta igualar en este sexto ciclo el valor presentado en el primero.

Para la M.O., podemos concluir que cumplió satisfactoriamente con sus funciones como la de ayudar a estabilizar la estructura del suelo favoreciendo una buena agregación y permeabilidad del suelo, al incrementar la capacidad de retención de agua, disminuir la resistencia de la costra y la formación de grandes terrones compactados fuertemente.

Una importante observación es que las altas temperaturas provocaron una degradación más rápida del compost es por eso, su poca duración del efecto residual. Por lo tanto puede concluirse que para los suelos calcáreo-arcillosos de esta región es recomendable hacer incorporaciones pequeñas a intervalos cortos para lograr obtener un mayor efecto residual.

El valor de la densidad aparente tanto del suelo como del subsuelo, fué aumentando desde los primeros ciclos hasta el último ciclo a los 971 días de incorporado el compost (Tabla # 10).

Normalmente la densidad aparente de los suelos arcillosos varía entre 1.0 a 1.6 gr/cm³. En promedio los suelos de esta región sin aportaciones de M.O., presentan un valor de 1.2 gr/cm³, en el presente trabajo con las diferentes incorporaciones de compost el porcentaje se elevó hasta 1.4 gr/cm³ indicando un aumento en la D.A., - es decir el suelo se compactaba conforme transcurrían los ciclos del experimento.

Las densidades aparentes aumentan con la profundidad en el perfil del suelo, esto se debe a niveles más bajos de M.O., menor agregación y una mayor compactación. Por lo anterior concluyó que las aportaciones de compost disminuyen la densidad aparente al aumentar el espacio poroso del suelo logrando una infiltración del agua hacia el suelo más eficiente.

Se recomienda a aquellos que no tengan los recursos disponibles para aplicar compost, presten mayor cuidado en la preparación del terreno y las labores de cultivo, ya que si se realizan en una forma un tanto más eficiente, aumentarán el espacio poroso y reducirán la densidad aparente.

El penetrómetro es un aparato que sirve para medir la dureza de la costra. Según los resultados obtenidos en cada ciclo de esta serie de experimentos indican -- que en los primeros ciclos la dureza de la costra es menor en comparación con el quinto y sexto ciclo que presentan los valores más altos (Tabla 12).

Esto se puede explicar en base a que el efecto del compost ha concluido casi en su totalidad, comenzando a presentar el suelo sus características originales como es la misma dureza de la costra y la formación de grandes terrones.

En cuanto al módulo de ruptura, esta variable resultó significativa para el subsuelo por lo que se procedió a realizar la comparación de medias (Tuckey) conociendo así el comportamiento de los tratamientos (Tabla # 6).

Los tratamientos con valores más altos resultaron el 1,2 y 3 mientras que los valores más bajos los presentaron el tratamiento 12 y 13, esto era de esperarse porque los primeros tratamientos no recibieron aportación alguna de compost, es por esta razón que presentan mayor resistencia al rompimiento de la costra.

Siguiendo el procedimiento de todas las regresiones posibles, se encontró que los efectos lineal y cuadrático del nitrógeno, el efecto cuadrático del compost, así como la interacción del compost-nitrógeno resultaron no significativas. Mientras que el efecto lineal del compost resultó significativa, por lo que se considera a este efecto como el causante de la variación entre los tratamientos, no siendo necesario realizar la falta de ajuste por resultar no significativa (Tablas 17 y 19).

Se obtuvo después el modelo completo y reducido de la regresión, el cual se observa en la Tabla # 17.

En lo que respecta a la variable rendimiento en grano de trigo (RG1), presentó efecto significativo (ANVA), al realizar la comparación de medias (Tabla 7), se observó que los tratamientos 4,6 y 12 fueron los que mejores resultados presentaron. Se puede discutir que más o menos se adapta a lo esperado, ya que entre los mejores cinco tratamientos (4,6,12,9,11), se encuentran los que mayor aportación de compost recibieron (Tabla 3), el único tratamiento que se sale fuera de lo normal, es el cuarto, debido a que se esperaba que en primer término se encontrara el tratamiento 6,9

6 el tratamiento 11 porque según el cálculo de la D.O.F., su máximo efecto es con 57 ton/Ha. de compost y cero de nitrógeno.

Cabe mencionar que el tratamiento 13 fué el de menor rendimiento, debido a problemas con malezas no controladas a tiempo.

Para esta variable, se observó la correlación con respecto a el pH del subsuelo, presentando una correlación de -0.4665, después se procedió a realizar el análisis de regresión correspondiente proponiendo el modelo de regresión lineal, cuadrático, exponencial y logarítmico siendo el modelo cuadrático el que mejor explica la variación (Ver tabla 16).

El análisis de regresión por medio del procedimiento de todas las regresiones posibles, resultó significativo para los efectos lineal y cuadrático del compost y nitrógeno, así como para la interacción C:N .

Encontrando que el efecto lineal del compost es el que mejor explica la diferencia entre tratamientos con una $R^2 = 31\%$ (Tabla 20). Se obtuvo después el modelo completo y reducido de la regresión, el cual se observa en la tabla 18.

Por último, se obtuvo la dosis óptima económica y fisiológica.

En general se puede recomendar y concluir que la aportación de compost al suelo resulta ventajosa, ya que como se observa en el rendimiento del cultivo de frijol como en el cultivo de trigo (Ver tabla 15), se obtuvo un incremento respectivamente debido a que con las aportaciones de compost proporciona elementos nutritivos y además un mejor uso de estos. Por último recomendaría que las aplicaciones sean en cantidades pequeñas y a intervalos cortos para así lograr un mayor efecto residual.

En la tabla # 16, se muestran los modelos propuestos regresión lineal, cuadrático, exponencial y logarítmico para explicar la variación existente entre las variables seleccionadas con respecto a su correlación.

Se observó la correlación existente entre la variable conductividad eléctrica del suelo con respecto a la variable humedad del suelo, registrando para dicha correlación un valor de - 0.4399, después se procedió a realizar el análisis de regresión correspondiente encontrando que el análisis de regresión logarítmica explica mejor dicha variación correlación, sin embargo, el modelo logarítmico propuesto, sólo explica un 20% la variación ($R^2 = 0.20638$)

El modelo logarítmico obtenido es el siguiente:

$$Y = B_0 + \ln B_1 X_1$$

$$Y = 2.803 + (-0.74579) \log X_1$$

También se estudió el efecto de la variable rendimiento del grano/Ha. con respecto a el pH del subsuelo. Esta comparación presentó una correlación del 46%, en su análisis de regresión se obtuvo que el modelo de regresión cuadrático fué el que mejor explicó dicha variación con una $R^2 = 0.21916$

Modelo cuadrático

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_3 X_1^2$$

$$Y = 7863.250 - 82.75744 X_1^2$$

Así mismo se estudió el efecto de la variable materia orgánica del suelo con respecto a cond. eléctrica del suelo. Presentaron una correlación del 34%, en su análisis de regresión, se obtuvo que el modelo de regresión logarítmico, fué el que mejor explicó dicha variación con una $R^2 = 0.13868$

Modelo logarítmico

$$Y = B_0 + \ln B_1 X_1$$

$$Y = 2.117262 + (0.9907027) \text{ Log } X_1$$

Tabla # 16 Modelos propuestos para las variables más altamente correlacionadas en el presente experimento (sexto ciclo), después de 1058 días.

Mod. Propuestos	X ₁₅ * X ₀₆	X ₂₁ * X ₁₄	X ₁₇ * X ₁₅
Reg. Lineal			
R. Cuadrática		$R^2=0.21916$	
R. Exponencial			
R. Logarítmica	$R^2=0.20638$		$R^2=0.13868$
F cal	8.877	10.292	5.096

Donde. X06 = Porcentaje de humedad (0-15 cm).

X14 = pH (15-30 cm)

X15 = Conductividad eléctrica (0-15 cm).

X17 = Materia orgánica (0-15 cm).

X21 = Rendimiento del trigo por Ha.

En la tabla # 17, se muestra el modelo completo de regresión para la variable significativa módulo de ruptura del subsuelo, así mismo se observa la falta de ajuste obtenida, con un valor de 2.36 resultando N.S. La F calculada de la regresión fué de 2.716, siendo ésta; significativa, lo cual indica que el modelo propuesto es el adecuado, ya que explica correctamente la variación existente entre los tratamientos y no es necesario realizar la falta de ajuste.

Tabla # 17 Modelo completo y reducido de la regresión para la variable significativa MR2 (Módulo de ruptura del subsuelo) para el 6^o ciclo.

Variable	Modelo completo	Modelo reducido
Bo	3.130064	3.130064
N	0.0121314	0.0121314
CN	-0.0001291	-0.0001291
C ²	0.0001570	0.0001570
C	-0.0100372	
N ²		
F	2.71628	
R ²	0.21415	
F de ajuste	2.360 N.S.	

La Tabla # 18, indica el modelo completo de regresión para la variable -- significativa rendimiento de trigo, se realizó la prueba de falta de ajuste resultan- do en grano de trigo, se realizó la prueba de falta de ajuste resultando ésta no sig- nificativa (N.S.) La F de ajuste obtenida fué de 0.118 N.S. y la F calculada de la - regresión fué de 3.366 siendo ésta significativa, lo cual indica que el modelo pro- puesto es el adecuado, ya que explica correctamente la variación existente entre los tratamientos y no es necesario realizar la falta de ajuste.

Tabla # 18 Modelo completo y reducido de la regresión para la variable significativa RG2 (Rendimiento del grano de trigo por hectárea) para el sexto ciclo.

Variable	Modelo completo	Modelo reducido
Bo	380.8636	380.8636
N ²	-0.020154	-0.020154
N	1.666015	1.666015
CN	-0.007859	-0.007859
C ²	-0.010769	
C	1.158921	
F	3.05304	
R ²	0.31628	
F de ajuste	2.20 N.S.	

En las tablas 19 y 20, se presentan los resultados del análisis de regresión con todas las regresiones posibles, para de esta manera conocer los efectos lineales cuadráticos y su interacción. En la tabla 19, la variable MR2, resultó significativa para el efecto lineal del compost. En la tabla 20, la variable RG1, resultó significativa indicando que el efecto lineal del compost es el que mejor explica la diferencia de tratamientos con un 21%.

Tabla # 19 Análisis de varianza de la regresión para la variable módulo de ruptura - del subsuelo (MR2) en el sexto ciclo.

Variables	S.C. Regresión	S.C. Error	F. cal	Sig.	R ²
N	1.69009	17.91802	3.48996	NS	0.08619
CN	2.41645	17.19166	2.53007	NS	0.12324
C ²	3.81944	15.78867	2.82228	NS	0.19472
C	4.19903	15.40908	2.71628	*	0.21415

Tabla # 20 Análisis de varianza de la regresión para la variable rendimiento en grano de trigo (RG1) en el sexto ciclo.

Variable	S.C. Regresión	S.C. Error	F. cal	Sig.	R ²
N ²	42556.29819	169723.24042	9.279	*	0.20051
N	51947.91048	160341.62813	5.831	*	0.24470
CN	61816.57479	150472.96381	4.792	*	0.29119
C ²	62236.90434	150042.63427	3.525	*	0.29317
C	67142.36281	145147.17579	3.053	*	0.31628

7. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

- 1.- De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente experimento, se concluye que el efecto residual de la incorporación del compost al suelo, es considerado como inexistente o nulo; por lo que se acepta la hipótesis H_0 : No existe efecto residual del abonado de compost, después de 994 días (sexto ciclo) de incorporado al suelo.
- 2.- En el presente experimento se obtuvo que la variable módulo de ruptura del subsuelo, fué altamente significativa, la variable rendimiento en grano de trigo por metro cuadrado, resultó significativa, el resto de las variables en estudio no presentaron significancia. El análisis físico del suelo, en cuanto a la fuerza necesaria para romper la costra simulada mediante un bloquecito de suelo, se realizó a los 990 días de aplicado el compost.
- 3.- Los resultados de los mejores tratamientos en las variables que presentaron significancia son: para Módulo de ruptura, el tratamiento 9 (2.66 bar), el 13 (2.67 bar) y el tratamiento 5 con (2.93 bar). Para el rendimiento en grano de trigo/m² lo fueron el tratamiento 4 (443.10 gr), el 6 (433.17gr) y el tratamiento 12 (430.12gr).
- 4.- El mejor efecto del compost durante el desarrollo del experimento, basado en los resultados de cada ciclo, indican que fué en el tercer y cuarto ciclo de estudio los que reportan la máxima eficiencia en efecto del compost. En los dos últimos ciclos se observó que a venido disminuyendo su efecto, llegando a presentar algunos valores semejantes a el primer ciclo.
- 5.- En todo el experimento, los tratamientos que mayor efecto producían al suelo, eran aquellos que contenían arriba de 50 ton/Ha. (50, 75 o 100 ton/Ha), rara vez en menor cantidad provocaban resultados satisfactorios.
- 6.- El análisis de regresión para la variable módulo de ruptura del subsuelo por medio del procedimiento de todas las regresiones posibles indica que el efecto lineal del compost es el que explica de mejor forma la diferencia entre tratamientos con una $R^2 = 21\%$, la cual es considerada como un porcentaje bajo. El análisis de regresión para el rendimiento en grano, resultó significativa siendo el efecto lineal del compost el que explica mejor la variación con una $R^2 = 31\%$, considerada como baja.
- 7.- No se encontró efecto residual significativo en la mayoría de las variables estudiadas. Esto se debió probablemente a que las dosis aplicadas no fueron lo suficientemente altas en relación a la pobre calidad de los suelos de esta región (Marín, N.L.) para lograr un efecto residual o por el contrario alargar más el efecto. Esto se puede atribuir a que el efecto del nitrógeno es muy corto, debido a la volatilización del amoníaco.
- 8.- Se detectó un incremento en el contenido de materia orgánica a través de los primeros cuatro ciclos, presentando en el cuarto el porcentaje más alto con 2.69%, después de este ciclo ha disminuido considerablemente como consecuencia a que el efecto del compost también a decrecido.
- 9.- La dureza de la costra del suelo medida con el penetrómetro, se observó que fué en el tercer ciclo cuando menos resistencia presentó (2.49 bares) a la ruptura, después de este ciclo la costra del suelo se ha presentado más resistente alcanzando hasta 4.0 bar por poder romperla,

10.- El número de espigas por metro cuadrado, viene a contradecir el punto anterior, ya que se detectó que aumentó proporcionalmente en cada ciclo donde se trabajó con trigo, la única explicación a esto es que el número de plántulas emergidas en el sexto ciclo, sea similar en promedio a los ciclos 2 y 4, pero que gracias a las condiciones climáticas favorables presentadas en el invierno de 1985, haya presentado un mayor macollamiento, lo cual dió lugar a aumentar el rendimiento.

11.- En cuanto al rendimiento en grano de trigo por hectárea, se considera como un beneficio que auxilia económicamente de una manera importante al agricultor en la aplicación de compost, para que de este modo pueda ser redituable la incorporación al presentar rendimientos elevados, después de 994 días de aplicado el compost.

12.- En forma general, considero que el experimento cumplió con los objetivos presentados en su inicio. Lo único en que no estoy de acuerdo son las altas cantidades que hay que aplicar, lo cual implica una fuerte inversión, por lo que sugiero que los agricultores realicen preparaciones de compost u otros abonos orgánicos a nivel granja. Cabe mencionar que en este experimento se utilizaron dosis altas de compost porque las propiedades físicas y químicas del suelo son deficientes.

Con respecto a las sugerencias a los agricultores aledaños a la zona donde se desarrolla el presente experimento, se pueden hacer las siguientes sugerencias; para el uso del material orgánico (compost) manifestó altos efectos residuales cuando se aplicó en grandes dosis. Esto representa un problema de tipo económico, pues una primera aplicación a un alto nivel no es pagada por la primer cosecha, mas sin embargo, se tiene la ventaja de los efectos residuales, lo cual implica que no se requiere comprar dicho producto en años posteriores y de esta manera se tiene un ahorro, debido a los nuevos costos del producto.

Los beneficios se pueden observar en cuanto a la aplicación de nutrientes para los cultivos, capacidad de retención de humedad del suelo, modificación de la estructura del mismo, dando la mejor cama de siembra para los nuevos cultivos. Estos serían algunos de los beneficios observados del compost en cuanto a las características del suelo y sus efectos en las plantas. En cuanto a las dosis que se sugiere sean utilizadas son del orden de 50 ton/Ha. para un efecto residual de tres años. Si en un momento no es factible hacer una aplicación total de esta magnitud, se sugiere hacer aplicaciones parciales por año de 15 a 16 ton/año, lo cual es más accesible para los productores que no puedan absorber los costos que implica la aplicación y el flete de dichos materiales al terreno del cultivo.

Se sugiere que la incorporación de dichos materiales se haga un mes antes de la fecha de siembra con el objeto de evitar que el proceso de mineralización vaya a afectar las semillas que se siembren. Por medio de lo anterior se garantiza el tiempo suficiente para que el material orgánico que se aplicó pueda aportar nutrientes al nuevo cultivo y de esta forma no sería necesario aportar nitrógeno para acelerar la descomposición de dichos materiales.

Una alternativa para tener un uso más eficiente de los materiales orgánicos es por medio de su aplicación en bandas a el lado de las plantas por medio de lo cual se reducen drásticamente las dosis que se deben aplicar, esta etapa de investigación se encuentra actualmente en proceso y posteriormente el proyecto Fertilización Estatal de los principales cultivos básicos podrá dar información al respecto.

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

- 1.- Abbot, J.L. y T.C. Tucker. 1973 Persistence of Maure Phosphorus availability in calcareous soil. Soil Sci. Am. p.37: 60,61
- 2.- Acosta S., R. 1975 Efecto residual de las aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos sobre la producción de cosechas. VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. pp. 342,347,348,349.
- 3.- Aguirre C., J.E. 1979. Manual de prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelos . F.A.U.A.N.L., p. 11,23,35,39,42,46,52,64,68.
- 4.- Alemán G., V.H.1986. Estudio de diferentes niveles de gallinaza en el control de formación de costra en el suelo y en el establecimiento de un cultivo p. - 8-37.
- 5.- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo, trad. del inglés por J.J. Pena C., AGT Editores. México, D.F. p. 24,124-144,279-306.
- 6.- Anónimo. 1983 Biblioteca práctica agrícola y ganadera. Los fundamentos de la agricultura Ed. Oceano P. 46.
- 7.- Arreola S.R., 1984. Efecto residual de mezclas de abonos orgánicos con fertilizantes químicos en un suelo calcimórfico. Tesis U.A.CH. Mex. p. 8-20
- 8.- Bastidas, V. y S Lavín, 1974. Procesos bioquímicos en la humidificación de residuos sólidos VII Congreso Nacional de la Ciencia del suelo p. 378-386.
- 9.- 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 p. 43,92.
- 10.- Baver, L.D., W.H. Gardner, 1973. Física de suelos. Trad. del inglés por J. M. Rodríguez U.T.E.H.A. Méx. D.F. p. 91,138-143, 218-236.
- 11.- Buckman y Brady, N.L. 1966 Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simons, S.A. Primera edición, Barcelona España p. 20,23,112,141-144,426.
- 12.- Cook, R.L. and Davis, J.D. 1957. The residual effect of fertilizer. Advances in Agronomy, Vo. IX; 205-217, New York Academic Press.
- 13.- Cotta, E. y S. Lavín. 1975, Mineralogía de compuestos húmicos por acción micro biológica en la humidificación de residuos sólidos. VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo p. 42,43.
- 14.- Collis, N. y G. Davey. 1971. Suelo, Atmósfera y Fertilidad. Ed. Aedos. Barcelona, España. p. 75
- 15.- Elizondo S., D. Rubio, R. Alonso. 1974. Evaluación de residuos estabilizados (compost), obtenidos del basurero de Mty., N.L., desde el punto de vista de su utilización agrícola. VII Congreso Nacional de la Ciencia del suelo Mex. 2:211, 212.

- 16.- Fromm Z., R.A. 1974. Efecto de la aplicación de cinco niveles de compost sobre las características agronómicas de la Soya bajo condiciones de invernadero. Tesis I.T.E.S.M.
- 17.- Gadea, M. 1954. Trigos españoles. Instituto de Investigaciones Agronómicas, Españoles. p. 25.
- 18.- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen U.N.A.M. Mex., D.F. p. 151.
- 19.- García B.G. 1976. El empleo de radiotrazadores Zn en el estudio de los compuestos orgánicos del Zn en la gallinaza y sus incorporaciones al ser incorporada a un suelo arenoso (Vitrand EPT) Tesis . M.C. Colegio de postgraduados Chapingo Méx. p. 140,165.
- 20.- Gaucher G. 1971. El suelo, sus características agronómicas. Ed. Omega, S.A., - Barcelona España, p. 91,94,180,211,540.
- 21.- Gerard, C.J. et.al.1982. Physical factors influencing soil strength and root growth. Agronomy Journal. Vol. 74 p. 875-879.
- 22.- Guevara L., J.A. 1980. Efectos comparativos entre dos fuentes diferentes de materia orgánica compost y estiércol y determinación del mejor nivel de compost en el cultivo del melón (Cucumis melo L.), variedad gusto 45, bajo las condiciones de Apodaca, N.L., p. 21,54,55.
- 23.- González N. J. 1984. Efecto de encostramiento de los suelos en la germinación y emergencia de las plántulas. Seminario de Tesis. F.A.U.A.N.L., p. 50-53
- 24.- Goss, D.W., E.A. Stewart. 1979. Efficiency of phosphorus utilization by alfalfa from manure and super phosphate So. Sci. Am. J. 21:982
- 25.- Hommerton, J.C. 1961. Estudios of the effects of soil agregate size on the emergence and growth of beet (Beta vulgaris) Journal Agricultural Science vol. 56 p. 213-218.
- 26.- López R.J. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. Tercera edición p.174-178.
- 27.- Maitf, R.K. 1984 Establecimiento de cultivos en el trópico semiárido del noreste de México, una síntesis práctica F.A.U.A.N.L., p. 47-50.
- 28.- Mendoza T., N. 1986. Efecto residual del abonado con compost, en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su influencia en el cultivo del frijol (Phaseolus Vulgaris) bajo riego en Marín, N.L. Tesis F.A.U.A.N.L., p. 86, 92, 94,100,106.
- 29.- Millar, C.E., L.M. Tuck y H.D. Forth. 1980 Fundamentos de la ciencia del suelo Trad. del inglés por Ramón Fernández Gzz. C.E.C.S.A. México, D.F. p. 230-240.
- 30.- Nieto G., L.A. 1986. Efecto residual del abonado con estiércol de ganado vacuno, en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su influencia en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris) bajo riego en el municipio de Marín, N.L., Tesis F.A.U.A.N.L., p. 14,15,65,71,74.

- 31.- Núñez R., J. 1986. Problemas del encostramiento del suelo en relación con la producción de algunos cultivos básicos en Galeana, N.L. p. 23-32.
- 32.- Núñez, E.M. y H. Castro. 1977. Efecto residual de fertilizantes químicos y gallinaza en maíz de temporal en el sureste del valle de México. Avance en la enseñanza e investigación U.A.CH., Méx.
- 33.- Ortiz V., B. y C.A. Ortiz S. 1980 Edafología. U.A.CH., Méx. p. 70,71,76,96,97, 102,103,127.
- 34.- Parra S., J.M. 1985. Efecto de la residualidad de la gallinaza en el cultivo del trigo (Triticum vulgare L.) en suelos de Marín, N.L., Tesis F.A.U.A.N.L. p. 26,27.
- 35.- Robles S., R. 1979 Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa Méx., D.F. - p. 183,212.
- 36.- 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.
- 37.- Salinas F. del C., N. Aguilera. 1974. Humidificación de fibras Agave tequilana método compost VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. p. 388.
- 38.- Shairer, E. 1957. Bode Kundliches uber forstliche Dungun gsuersuche im...Schwarzwald und in Oberschwaben (Ensayos pedológicos y de fertilización en la Selva Negra y Swabia superior), Dung Forstw. p. 30-35
- 39.- Stallings J., H. 1962. El suelo, su uso y mejoramiento. Ed. CECSA p. 76-79.
- 40.- Tomhane, R.V., D.P. Montiramani. 1978. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. Trad. del inglés por A. Romeo del V., Diana Méx., D.F. p. 65, - 232,233,236,242,246,255,257,264,289,292.
- 41.- Teuscher, H., y R. Adler. 1965. El suelo y su fertilidad. Cía. Ed. Continental S.A. p. 320-326
- 42.- Tisdale, S.L. 1982. Fertilidad de los suelos y Fertilizantes. UTEHA. Primera edición Méx. p. 635,637.
- 43.- Treviño O., J.A. 1980. Prueba de diferentes niveles de compost, en el cultivo de trigo de la Hacienda San Isidro Mpo. de Ramones, N.L., F.A.U.A.N.L. p. 3-8.
- 44.- Villarreal A., J.M. 1979. Respuesta de maíz y frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en suelos de Cd. Serdán, Puebla bajo condiciones de campo y de invernadero. Tesis de Maestría Colegio de postgraduados. Chapingo, Méx. p.176-184.

A P E N D I C E

Observaciones climáticas registradas durante el ciclo del cultivo del experimento que abarca desde Diciembre de 1985, hasta Abril de 1986.

Días	Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	T °C	PP(mm)	T °C	PP (mm)	T °C	PP(mm)	T °C	PP(mm)	T °C	PP(mm)
1	21.0		13.0		20.5		14.5		24.3	
2	11.5		13.5		20.5		19.0		27.0	
3	10.0		12.0		22.0		22.0		26.0	
4	15.0		18.5		17.0		19.0	9.8	25.7	
5	15.5		12.0		18.0		20.3		26.0	
6	10.5		10.5		15.5		21.0		25.5	
7	13.5		15.0		15.0		20.0		26.0	
8	15.2		3.5		16.5		22.5		26.5	
9	20.0		7.0		10.0	.6	26.0		24.8	
10	20.0		9.0		10.0		24.0		24.2	
11	19.5		11.0		6.5		28.0		26.0	
12	7.5		12.5		6.3	1.7	24.5		29.0	
13	8.0		12.0		10.0	.2	23.5		29.5	
14	5.5		11.0		18.5		22.0		28.0	
15	7.2		12.0		22.0		22.5		24.0	
16	8.5		15.0		24.0		22.0		22.5	
17	9.5		17.0		28.0		25.5		25.5	
18	15.2		18.0		23.5		23.0		24.0	
19	9.5		18.5		27.0		16.5		28.0	
20	10.8	2.6	17.5		25.0		17.0		25.5	
21	14.0	3.8	18.5		19.0		14.0		25.0	
22	16.2		18.0		19.0		17.0		24.0	
23	17.2		16.0		14.5		18.0		23.0	
24	14.0		19.0		19.0		20.0		24.0	
25	9.0		18.5		19.3		21.3		25.0	
26	13.2		16.0		22.5		22.0		25.5	
27	15.2		9.0		20.3		22.0		28.5	
28	15.0		12.0		16.5		23.5		26.0	11.4
29	7.3		19.0				22.0		24.0	12.5
30	20.0		18.0				22.3		24.0	
31	20.5		18.0				24.0			

$$Y = 2.713466 - (0.004387679) C + (0.006196476) N + (0.000002957) C^2 \\ + (0.00008570916) N^2 + (0.0000226612) CN.$$

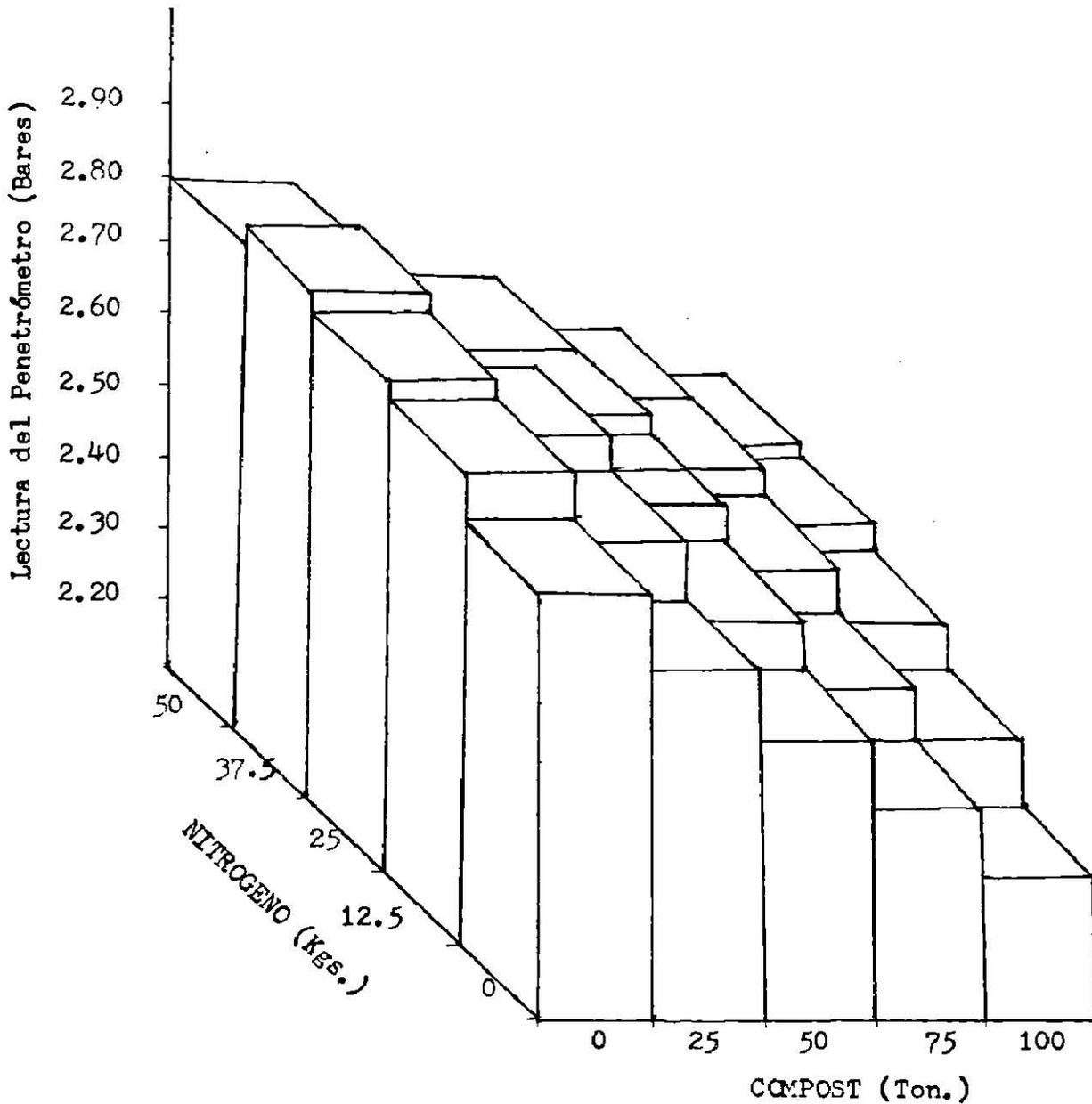


Fig. # 1 de Apéndice

Respuesta a la lectura del penetrómetro con las variables Nitrógeno y Compost en el tercer ciclo, a 500 días de la aplicación de compost a los tratamientos.

Tabla # 1 de Apéndice. Análisis de regresión para la variable módulo de ruptura del subsuelo MR₂ en el 4^o ciclo.

Var.	SCR	SCE	F. cal	SIG.	R ²	R. Mult.
CN	1.50646	39.02524	1.42829	N.S.	0.03717	0.192790
N ²	5.75649	34.77522	2.97961	N.S.	0.14202	0.376860
C	6.71812	33.81358	2.31795	N.S.	0.16575	0.407120
C ²	6.76092	33.77078	1.70170	N.S.	0.16681	0.408420

Tabla # 2 de Apéndice. Análisis de varianza de la regresión para la variable densidad aparente (0-15), en el 5^o ciclo, de cultivo.

Var.	SCR	SCE	F. cal	SIG.	R ²
C	0.01259	0.15774	0.67848	N.S.	0.07392
N	0.00443	0.16590	0.98793	N.S.	0.02601
C ²	0.01098	0.15936	0.80369	N.S.	0.06445
N ²	0.01303	0.15730	0.54687	N.S.	0.07652
CN	0.01073	0.15961	1.20973	N.S.	0.06297

Tabla # 3 del Apéndice. Análisis de varianza de la regresión para la variable pH (0-15 cm), en el 5^o ciclo.

Var.	SCR	SCE	F. cal	SIG.	R ²
C	0.02789	0.16671	1.95168	N.S.	0.14331
C ²	0.02081	0.17379	2.15586	N.S.	0.10696
N ²	0.020800	0.16660	1.42846	N.S.	0.14388
CN	0.01836	0.17624	3.85366	N.S.	0.09433

Tabla # 4 del Apéndice. Análisis de varianza de la regresión para la variable pH (15-30 cm) en el 5^o ciclo.

Var.	Regresión	Error	F. cal.	Sig.	R ²
C	0.00611	0.38963	0.10349	N.S.	0.01544
N	0.00502	0.39072	0.23143	N.S.	0.01259
C ²	0.00573	0.39001	0.17141	N.S.	0.01448
N ²	0.00595	0.38980	0.12967	N.S.	0.01503
CN	0.00354	0.39221	0.33359	N.S.	0.00894

Cálculo de la Dosis Óptima Fisiológica (DOF)
para el rendimiento en grano de trigo por m² en el 6^o ciclo.

$$Y = B_0 + B_1C + B_2N + B_3C^2 + B_4C^2 + B_5CN$$

$$\frac{dc}{y} = B_1 + 2B_3 C + B_5N$$

$$\frac{dn}{y} = B_2 + 2B_4N + B_5C$$

$$\frac{dc}{y} = 1.158921 - 0.02153992 C - 0.007859447 N$$

$$\frac{dn}{y} = 1.666015 - 0.04030922 N - 0.007889447 C$$

$$1.158921 - 0.02153992 C - 0.007858447 N = 0$$

$$1.666015 - 0.04030922 N - 0.007889447 C = 0$$

$$-0.02153992 C - 0.007859447 N = 1.158921$$

$$-0.007889447 C - 0.04030922 N = -1.666015$$

$$0.000868257 C + 0.000316808 N = 0.046715202$$

$$-0.000062007 C - 0.000316808 N = 0.000527807$$

$$0.00080625 C = 0.046187395$$

$$C = \frac{0.046187395}{0.00080625} = 57.286$$

$$\text{DOF } c = 57.286 \text{ Ton/Ha.}$$

$$\text{DOF } n = -9.542 \approx 0 \text{ Kg/Ha.}$$

Cálculo de la Dosis Óptima Económica (DOE)
para el rendimiento en grano de trigo/m² en el sexto ciclo

Precios de Mayo de 1986

Precio del trigo por tonelada	\$	48,000.00
Costo de cosecha y acarreo	\$	8,000.00
	\$	<u>40,000.00</u>

Costo del Kg. de compost	\$	2.50
Costo de aplicación y acarreo?kg.	\$.25
	\$	<u>2.75</u>

Costo del Kg. de N (S.A.)	\$	34.07
Costo de aplicación y acarreo?kg.	\$	6.78
	\$	<u>40.85</u>

RIPC = Relación Inversa de Precios para el Compost
RIPN = Relación Inversa de Precios para el Nitrógeno

$$RIPC = \frac{2.75}{40,000} = 0.00006875 \quad RIPN = \frac{40.85}{40,000} = 0.00102125$$

$$1.158921 - 0.02153992 C - 0.007859447 N = 0.00006875$$

$$1.666015 - 0.007889447 C - 0.04030922 N = 0.00102125$$

$$0.000868257 C + 0.000316808 N = 0.04671243$$

$$-0.000062007 C - 0.000316808 N = 0.01308593$$

$$0.00080625 C = 0.033665$$

$$C = \frac{0.033665}{0.00080625} = 41.70$$

DOE c = 41.70 Ton/Ha.
DOE n = 33.16 Kg./Ha.

