

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



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

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA:

PRESENTA
SERGIO SALAS AGUNDIZ

MARIN, N. L.,

AGOSTO DE 1986

T

S663

S2

c.1



1080063080

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

15 MAR 1991

18 MAR 1991

18 MAR 1991

18 MAR 1991

19183
212
52

EVALUACION DEL EFECTO RESIDUAL DEL ABONADO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

SICAS Y QUIMICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA
EN EL CULTIVO DEL TRIGO (Triticum aestivum L.), BAJO RIEGO EN MARIN, N. L.

TESIS QUE PRESENTA
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA



COMISION REVISORA

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

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA
SERGIO SALAS AGUNDIZ

Sergio Salas Agundiz

MARIN, N. L.,

ASESOR ESTADISTICO
AGOSTO DE 1986

006735 *SA*

T
SBL9L
.W5
S2



Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. Tesis



BU Raúl Rangel Frías
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.631

FA10

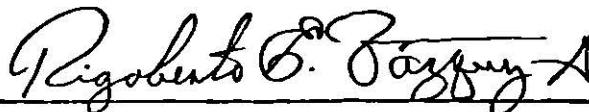
1986

C.5,

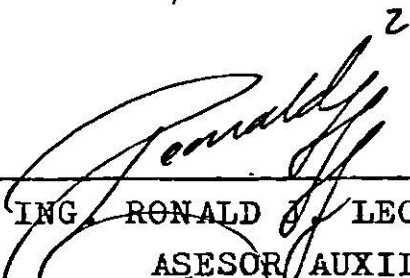
EVALUACION DEL EFECTO RESIDUAL DEL ABONADO
CON COMPOST, EN ALGUNAS CARACTERISTICAS FI
SICAS Y QUIMICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA
EN EL CULTIVO DEL TRIGO (Triticum aestivum
L), BAJO RIEGO EN MARIN, N.L.

TESIS QUE PRESENTA SERGIO SALAS AGUNDIZ,-
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TI
TULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

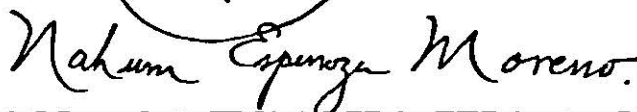
COMISION REVISORA



DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO
ASESOR PRINCIPAL



ING. RONALD LECEA JUAREZ
ASESOR AUXILIAR



ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO
ASESOR ESTADISTICO

CON TODO MI AMOR
A MI MADRE:

Sra. M^{te} RUPERTA AGUNDIZ Vda. DE SALAS
MI ETERNO AGRADECIMIENTO POR QUE
SUPISTE DARME TODO EN LA JUSTA
MEDIDA EN QUE SE DEBEN DAR LAS
COSAS EN LA VIDA.

A MIS QUERIDOS HERMANOS
PRINCIPALMENTE A:

CRISTINA
LEONOR
LUISA Y
MARTHA

POR EL APOYO Y CONFIANZA QUE SIEMPRE ME BRINDARON

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR:

DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO

Por su amistad y apoyo brindada en la elaboración de éste trabajo

A LOS MAESTROS:

ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO

ING. RONALD J. LECEA JUAREZ

Por su amable colaboración en la elaboración de éste trabajo de investigación

AL COMPAÑERO ANTONIO DURON ALONSO

Por su ayuda prestada en el centro de informática de la F.A.U.A.N.L.

A todos mis maestros, amigos y compañeros que me acompañaron a lo largo de mi carrera, así como a todas aquellas personas que de una u otra manera participaron en la realización de éste trabajo.

INDICE

	Página
Lista de tablas.....	I
Lista de figuras.....	II
Lista de abreviaturas.....	III
Summary.....	IV
1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
3. Revisión de literatura.....	5
3.1. Generalidades sobre el cultivo del trigo.....	5
3.1.1. Origen e importancia del trigo.....	5
3.1.2. Taxonomía del trigo.....	6
3.1.3. Características botánicas del trigo.....	6
3.1.4. Fecundación y hábito de crecimiento del trigo.....	8
3.1.5. Condiciones ecológicas y edáficas del trigo.....	9
3.2. Propiedades físicas y químicas de los suelos encostrados.....	10
3.2.1. Propiedades físicas.....	10
3.2.1.1. Estructura del suelo.....	10
3.2.1.2. Textura.....	10
3.2.1.3. Densidad aparente.....	11
3.2.1.4. Infiltración.....	12
3.2.1.5. Permeabilidad.....	12
3.2.1.6. Color.....	13
3.2.2. Propiedades químicas.....	14
3.2.2.1. Conductividad eléctrica.....	14
3.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	14
3.2.2.3. Reacción del suelo (pH).....	15
3.3. Encostramiento superficial.....	16
3.3.1. Generalidades del encostramiento superficial.....	16
3.3.2. Morfología de la costra superficial.....	17
3.3.3. Factores que determinan la formación de las costras	18
3.3.4. Génesis de la costra superficial.....	20
3.3.5. Módulo de ruptura.....	22
3.3.6. Manejo de los suelos y encostramiento superficial..	24
3.4. Materia orgánica del suelo.....	26

	Página	
3.4.1.	Generalidades de la M.O. del suelo.....	26
3.4.2.	Funciones de la M.O. en el suelo.....	26
3.4.3.	Composición de la M.O.....	29
3.4.4.	Descomposición de la M.O. del suelo.....	30
3.4.5.	Conservación de la M.O. del suelo.....	32
3.5.	Organismos que intervienen en la descomposición de la M.O.....	34
3.5.1.	Efecto de los microorganismos del suelo sobre los productos de la descomposición de la M.O.....	36
3.5.2.	Ciclo del nitrógeno.....	36
3.5.3.	Mineralización.....	37
3.5.4.	Desnitrificación.....	40
3.6.	Compost.....	42
3.6.1.	Generalidades sobre el compost.....	42
3.6.2.	Disponibilidad del compost.....	43
3.6.3.	Obtención del compost.....	44
3.6.4.	Composición química del compost.....	49
3.6.5.	Efecto de la aplicación de compost en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo.....	50
3.6.5.1.	Efecto residual del abonado de compost.....	50
3.6.5.2.	Uso del compost para corregir la estructura del suelo.....	53
3.6.5.3.	Efecto de la aplicación del compost en la densidad aparente.....	55
3.6.5.4.	Efecto de la aplicación de compost sobre la infiltración y captación de humedad del suelo.....	55
3.6.5.5.	Efecto de la aplicación de compost en la cantidad y disponibilidad de nutrientes en el suelo.....	57
3.6.5.6.	Efecto de la aplicación de compost sobre la capacidad de intercambio de cationes (C.I.C) del suelo.....	61
4.	Materiales y métodos.....	65
4.1.	Localización.....	65
4.2.	Clima y suelo.....	65
4.3;	Materiales y aparatos.....	66
4.4.	Descripción del método.....	69
4.4.1	Descripción del método usado.....	70

	Página
4.4.2.	Diseño experimental..... 73
4.5.	Procedimiento de recolección de datos..... 76
4.5.1.	Variables consideradas con respecto al suelo..... 76
4.5.2.	Variables con respecto a la planta..... 79
5.	Resumen..... 81
6.	Discusión..... 91
7.	Conclusiones..... 94
	Apéndice..... 96
	Bibliografía citada..... 101

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página	
1	Resumen de las actividades llevadas a cabo (siembra, cultivo y variedad) durante los cuatro ciclos de estudio.	70
2	Labores realizadas durante el presente experimento -- (toma de muestras, riegos, cosecha, etc.).	71
3	Dosis de compost y nitrógeno utilizadas en cada tratamiento.	74
4	Dosis de compost, aplicadas el verano de 1983, en cada unidad o parcela experimental de 32 m ²	74
5	Resumen de los análisis de varianza de las variables estudiadas.	81
6	Prueba de medias Dumcan, para la variable Módulo de ruptura del subsuelo.	82
7	Rendimientos obtenidos en los 4 ciclos consecutivos -- los cuales comprenden éste experimento.	83
8	Densidad aparente del suelo (0-15cm) y subsuelo (15 - 30cm) del 3º y 4º ciclo.	84
9	Resultados obtenidos para la variable Módulo de ruptura para suelo y subsuelo, antes y después de éste experimento.	85
10	Valores obtenidos mediante el penetrómetro antes y -- después del presente experimento.	86
11	Resumen del contenido de M.O. presente en el suelo y subsuelo en el 4º ciclo.	87
12	Contenido de M.O. existente en el suelo de los 4 ciclos estudiados.	88
13	Observaciones climatológicas; temperatura (T ^o C) y precipitación pluvial (pp mm), registradas durante el ciclo del cultivo.	97
14	Correlaciones de las variables consideradas en el -- presente experimento.	98
15	Gráfica del anillo probador para penetrómetro modelo-CN-970.	99
16	Análisis de regresión para la variable Módulo de Ruptura del subsuelo.	100

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ciclo del Nitrógeno.	37
2	Esquema de la micela húmica con algunos cationes ad -- sorbido.. . . .	62
3	Vista lateral y anterior del aparato ideado para me--- dir el módulo de ruptura	67
4	Penetrómetro modelo CN-970	68
5	Distribución espacial de los tratamientos empleados,-- de acuerdo a el arreglo de un cuadrado doble	75
6	Croquis del experimento en el campo, distribución de - los tratamientos y dimensiones de las unidades experi- mentales.	72

LISTA DE ABREVIATURAS

- RG₁ = Rendimiento de grano por hectárea
- RG₂ = Rendimiento de grano en un metro cuadrado
- NE = Número de espigas en un metro cuadrado
- PP = Peso de paja en un metro cuadrado
- AP₁ = Altura de la planta (llenado de grano)
- AP₂ = Altura de la planta (estado masoso)
- MO₁ = Contenido de materia orgánica en el suelo (0-15cm)
- MO₂ = Contenido de materia orgánica en el subsuelo (15-30cm)
- DA₁ = Densidad aparente del suelo (0-15cm)
- DA₂ = Densidad aparente del subsuelo (15-30cm)
- HS₁ = Contenido de humedad en el suelo (0-15cm)
- HS₂ = Contenido de humedad en el subsuelo (15-30cm)
- PE = Dureza de la costra medida con el penetrómetro
- MR₁ = Módulo de Ruptura del suelo (0-15cm)
- MR₂ = Módulo de Ruptura del subsuelo (15-30cm)

S U M M A R Y

Evaluation on the Residual Effects of Compost on some Physical and Chemical Properties of Soil and its Influence on Irrigated Wheat (Triticum aestivum L.) under watering in Marín, N.L.

Tesista: SERGIO SALAS AGUNDIZ

The present experiment was carried out in the Experimental Station of Agronomy Faculty of the U.A.N.L. in Marín, N.L. on a poor inorganic matter and high pH.

The objective of this work were:

- To observe if there exists significant residual effects of mineralized compost and chemical fertilizer, carried out on the reactions of some physical and chemical characteristics of the soil to observe and register the effects that can be produced on these changes in the irrigated wheat.
- Determine which dose has better residual effects on the soil.

The sowing date was on the 21st of December of 1984 and -- was harvested the 30th of April of 1985 and the parameters considered were:

Organic matter modulus of rupture, soil humidity, bulk density and for these variables two samples were taken at 0-15cm (soil) and 15-30 (subsoil). Crust hardness was directly at the field with the soil penetrometer grain yield by two methods, square -- and by a sampling area spike number and straw weight by square -- metre and height of plant (at full of grain and mass stages). we have seen that the square metre for these variables were taken at the center of each sampling area.

The analysis of variance demonstrated great significance, only for the modulus of rupture of the subsoil ($p_{0.05}$).

The regression analysis for this variable was not significant. The quadratic equation given didn't contain the necessary variation related to the regression. There were carried out individual regressions, changing the levels of nitrogen, maintaining a level of compost, obtaining a result for the levels of 50 and 75 kg of nitrogen/ha and the result was a quadratic answer.

For the above given, there was a conclusion that the residual effect concerning to the yield of the grain, it couldn't be observed until this fourth cycle although some of the physical characteristics still show residual effects which our conclusion is that the compost can be utilized to improve physical characteristics of the soil modifying crust hardness after two years of being incorporated to it, the residual effects permitted with this a much easier emergency of the cultivars and by the other hand a better population.

RESUMEN

Tesista: Sergio Salas Agundiz

Carrera: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Título de la tesis: Evaluación del Efecto Residual del --
Abonado con Compost, en algunas cara--
cterísticas Físicas y Químicas del sue--
lo, y su influencia en el cultivo del--
trigo (Triticum aestivum.L.), bajo rie--
go en Marín, N.L.

Asesorado por: Doctor Rigoberto Vázquez Alvarado

El presente experimento, se llevó a cabo en el campo Agrí--
cola experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., --
ubicada en el municipio de Marín, N.L., el suelo es del tipo --
arcilloso; calcáreo sedimentario. Los objetivos de éste estudio
fuerón: 1. determinar si existe efecto residual de la aplicaci--
ón de Compost y fertilizante nitrogenado, realizada el verano--
de 1983, mediante la observación del comportamiento de algunas--
características físicas y químicas del suelo; 2. observar y re--
gistrar el efecto que producirían éstos cambios en el cultivo -
del trigo; 3. determinar que dosis tiene mejor efecto residual--
en el suelo.

La siembra del trigo fué realizada el 21 de Diciembre de--
1984, llevandose a cabo la cosecha el 30 de Abril de 1985. Las--
variables estudiadas fueron: materia orgánica, módulo de ruptu--
ra, humedad del suelo, densidad aparente, para éstas variables--
se determinaron dos muestras, 0-15 cm. (suelo) y 15-30 cm. (su--
bsuelo). También se determinó dureza de la costra medida dire--

ctamente en el campo con el penetrómetro, rendimiento de grano por metro cuadrado y por parcela útil, número de espigas por metro cuadrado, peso de paja también por metro cuadrado y altura de planta (llenado de grano y estado masoso). Cabe señalar que el metro cuadrado para éstas variables, fué delimitado al centro de cada parcela útil.

Los análisis de varianza mostraron significancia, únicamente para la variable módulo de ruptura del subsuelo ($p \leq 0.05$).

El análisis de regresión para ésta variable, no fué significativa, la ecuación cuadrática propuesta no explicó la variación debida a la regresión. Se llevaron a cabo regresiones individuales, haciendo variar los niveles de nitrógeno, manteniendo fijos los niveles de compost, encontrándose que para los niveles 50 y 75 kg de nitrógeno/ha. se encontró una respuesta cuadrática.

Por lo anteriormente expuesto, se concluye que el efecto residual con respecto a rendimiento en grano no pudo ser observado hasta éste 4º ciclo, sin embargo algunas de las características físicas, todavía mostraron efecto residual, por lo cual concluimos que el compost sí puede ser utilizado para mejorar las características físicas del suelo, modificando la dureza de las costras después de 2 años de haber sido incorporado al mismo, permitiendo con esto una más fácil emergencia de los cultivos y por lo tanto; una mejor población.

INTRODUCCION

México país que actualmente no cubre sus necesidades básicas alimenticias, más aun su elevada tasa de natalidad, la cual va en aumento, nos hace reflexionar en la forma de como podremos obtener una buena producción, que satisfaga en forma completa de alimentos a la población. Una forma sería, abriendo nuevas tierras de cultivo, pero aquí nos encontramos con el problema de que, las tierras virgenes empiezan a escasear, se hace necesario entonces, aumentar la producción por unidad de área cultivada. Esto se puede lograr, mediante la conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Estudios llevados a cabo sobre la fertilidad de los suelos, indican que una de las formas más prácticas y económicas para solucionar la carencia de suelos de buena fertilidad, es mediante la incorporación de M.O., al suelo.

Como fuente de M.O., se consideran: abonos verdes, uso de aguas negras, incorporación de residuos de cosecha, estiércoles o bien compost.

El compost, se obtiene principalmente, de la basura urbana, la cual es un material heterogéneo, en su composición ocupan un lugar muy importante los desechos de frutos, legumbres y todas aquellas sustancias fácilmente fermentables. La utilización de basuras para la producción de compost, representa un método para la eliminación de éstas, evitando en gran medida el problema de la contaminación que esta ocasiona en el medio ambiente, y por otra parte; incorporada al suelo, su contenido de materia orgánica funciona como un método de mantenimiento y recuperación de la fertilidad del mismo.

La eficiencia de los fertilizantes químicos, en el Noreste de México, es baja, debido a que las características de clima y suelo de ésta región, provocan una poca asimilación de algunos nutrientes y su movilidad de éstos en el suelo, lo cual lo demuestran los no pocos estudios realizados al respecto. Otro problema muy generalizado, es la formación de costras compactas en la superficie del suelo, después de una lluvia o riego, lo cual ha adquirido una importancia económica y ecológica considerable, ya que, debido a éste fenómeno, son frecuentes los fracasos en las siembras por la no emergencia de las plántulas, El bajo número de plantas por unidad de superficie, las resiembras y los trasos en la implantación de los cultivos aumentan los costos y disminuye el rendimiento. Por otro lado, la presencia de la costra afecta el balance hídrico y térmico del suelo, su fertilidad física y susceptibilidad a la erosión.

Estos problemas y otros pueden solucionarse parcial o totalmente, por medio de la aplicación de compost como aportador de materia orgánica al suelo, la cual como afirman muchos autores, tiene efectos benéficos sobre las propiedades físicas y químicas del mismo. Los objetivos de éste trabajo son:

- 1.- Determinar si existe efecto residual de la aplicación de compost, realizada el verano de 1983, observando la evolución de las características físicas y químicas del suelo.

- 2.- Observar y registrar la magnitud y dirección del cambio en las propiedades físicas y químicas del suelo estudiadas.

- 3.- Determinar las dosis aplicadas que han tenido un mayor efecto residual en el suelo, que se reflejan en una mayor producción del cultivo.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. Generalidades sobre el cultivo del trigo

(Triticum aestivum L.)

3.1.1. Origen e importancia del trigo

Percivae y colaboradores suponen que los trigos de panificación resultaron de la hibridación del trigo Emmer con una especie del género *Aegilops*, la cual se encuentra silvestre en el oeste de Asia y sureste de Europa (28).

Los trigos crecieron por primera vez en el Medio Oriente, pero através de los siglos su cultivo se ha extendido al resto del mundo. Se calcula que hay alrededor de 30,000 variedades de trigo, pero sólo unas 300 se cultivan para su comercialización (29).

El cultivo del trigo fué introducido a México por los españoles a principios de la década de 1520. No obstante, el maíz que ya era cultivado extensamente por los indígenas cuando los españoles llegaron, se ha mantenido como "cereal para pan". Lo que es el pan diario del pueblo mexicano, se ha elaborado principalmente de maíz. Durante las ultimas décadas, sin embargo, el consumo de trigo ha aumentado hasta un punto que constituye ahora un tercio de la cantidad consumida de maíz.

La importancia del trigo en México, se debe, a que ocupa el cuarto lugar de acuerdo con el área y producción. Con respecto al valor de la cosecha en la producción nacional, ocupa el tercer lugar dentro de los primeros 15 cultivos importantes en la economía del país, (28).

En general, el trigo es el cereal más importante del mundo. Esta importancia se deriva de las propiedades físicas y químicas del glúten, que permiten la producción de una hogaza de pan de buen volumen, (19).

El trigo se adapta a diversas condiciones áridas y semiáridas con inviernos definidos y es posible utilizarlo para solucionar parcialmente los problemas alimenticios, (29).

3.1.2. Taxonomía del trigo

Orden	Glúmiifloras
Familia	Gramináceas
Sub-familia	Festucoideas
Tribu	Ordeas
Sub-tribu	Triticeae (ordea)
Género	Triticum
Especie	Aestivum (28)

3.1.3. Características botánicas del trigo

Raíz: Presenta raíz del tipo fasciculado poco desarrollado. Al germinar la semilla, emite la plúmula y produce las raíces temporales. Las raíces permanentes nacen después de que emerge la plántula en el suelo, las cuales nacen de los nudos que están cerca de la superficie del suelo, que son las que sostienen a la planta en el aspecto mecánico y en la absorción y los nutrientes del suelo hasta su maduración.

Tallo: El tallo del trigo crece normalmente de 60 a 120 cm., en la actualidad existen trigos enanos que tienen una altura de 25 a 30 cm. y trigos muy altos de 120 a 180 cm. En esta-

do de plántula, los nudos están muy juntos y cerca de la superficie del suelo; a medida que crecen junto con la planta, emiten brotes que dan lugar a otros tallos que son los que constituyen los macollos variables en número, de acuerdo al clima, variedad y suelo, que también producen espiga.

Hoja: La hoja de trigo se compone de vaina y limbo, entre las cuales existe una parte llamada cuello de cuyas partes laterales salen unas prolongaciones que se llaman aurículas y entre la separación del limbo y tallo existe una parte membranosa que recibe el nombre de lígula. La hoja posee unas dimensiones que varían de 15 a 25 cm. de longitud y de 0.5 - 1 cm. de ancho. El número de hojas varía de 4 - 6. En cada nudo nace una hoja, excepto los nudos que están debajo del suelo que en lugar de hojas producen brotes o macollos.

Espiga: Está formada por espiguillas dispuestas alternamente en un eje central llamado raquis. Las espiguillas contienen 2 a 5 flores que posteriormente formarán el grano que queda inserto entre la lemma y la púlea o envoltura interior del grano. Las glumas cubren exteriormente la primera y segunda flor.

Debido a que no todas las flores que contienen la espiguilla son fértiles, el número de espigas varía desde 8 a 12 según sea la variedad y la separación entre ellas es variable también, lo que da la longitud total de la espiga.

Flor: Se compone de un estigma y alrededor nacen las anteras que contienen un filamento que se alarga conforme va desarrollándose el estigma hasta que adquiere un aspecto plumoso.

Fruto: El fruto se desarrolla después de la fecundación alcanzando su tamaño normal entre 30 a 45 días. El fruto (ca--

riópside) tiene forma ovoide con una ranura o pliegue en la parte ventral; en un extremo lleva el gérmen y en el otro tiene una pubescencia que generalmente le llaman brocha. El pericarpio protege al fruto, el cual es de color rojo o blanco según la variedad, el resto en su mayor parte es el endospermo. (28).

3.1.4. Fecundación y hábito de crecimiento del trigo

El trigo es una planta de autopolinización. La floración se inicia unos cuantos días después de haber aparecido la espiga. Las flores del tallo principal aparecen primeramente y más tarde las de los hijuelos, en el orden que se formaron. La floración se inicia en el extremo superior de la espiga y continúa en ambas direcciones. La floración continúa durante el día, requiriéndose de dos o tres días para la floración completa de la espiga. Las glúmas suelen abrirse durante el proceso de la floración, las anteras asoman entre las glúmas y parte del polen es esparcido fuera de las flores mismas. La penetración de polen extraño mientras la flor esta abierta puede determinar que haya una pequeña proporción de polinización cruzada (menor de 1%). Cuando las condiciones son favorables para la abertura de las glúmas, las anteras pueden derramar su polen sin asomar exteriormente. (28).

En cuanto a su hábito de crecimiento, los trigos pueden ser de tipo primavera o tipo invernal. Los trigos de invierno requieren de un período en estado de plántula de 12 a 15 semanas a temperaturas mínimas de 2° a 3°C. para poder espigar. Los trigos de primavera no requieren de un período intenso de vernalización para inducir su floración. (30).

3.1.5. Condiciones ecológicas y edáficas del trigo

El trigo se produce en regiones templadas y frías (15 a - 60° latitud norte y de 27 a 40° latitud sur). En casi todos - los estados de la República mexicana se siembra trigo y se adap - ta tanto a tierras pobres en nutrientes, como a tierras ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas. Las temperaturas optimas - para una buena producción de trigo oscilan entre 10 y 25°C. ba - jo las condiciones de temperatura en regiones trigueras de Méxi - co.

La influencia del fotoperíodo en el trigo se manifiesta en que a mayor duración del día se acelera la floración, razón por la cual se dice que son plantas de fotoperíodo largo o plantas de noches cortas. Se cuenta con variedades de trigo que resul - tan insensibles al fotoperíodo, tienen madurez temprana y buen rendimiento en una amplia gama de latitudes, algunas de estas - variedades rinden igual en el Ecuador que a latitudes de 50° - norte, e a las 38° latitudes sur y desde cerca del nivel del - mar hasta 3000 mts.

En general, se tiene que la reducción de la longitud del - día atrasa la floración de las plantas de invierno.

Suelo: Las variedades mejoradas de trigo con alto poten - cial de rendimiento significan poco, a menos que se cultiven en suelos fertilizados adecuadamente. Por esta razón la baja de - cultivos en todo el mundo (28).

En cuanto a -necesidades hídricas, es necesario que el te - rreno tenga humedad suficiente para que las semillas germinen - normalmente y mantenga a las plantas de trigo hasta por lo me -

nos 30 días de su nacimiento. Los riegos de auxilio deben aplicarse antes de que las plantas presenten síntomas de sequía tales como enrollamiento de las hojas o quemaduras en las puntas de la misma, (27).

3.2. Propiedades físicas y químicas de los suelos encostrados

3.2.1. Propiedades físicas

3.2.1.1. Estructura del suelo

La estabilidad de los agregados es la característica vital en el comportamiento estructural del suelo. En suelos encostrados, el grado de estructuración y estabilidad de los agregados es bajo. Debido a que estos factores son determinantes en la resistencia de los suelos al encostramiento superficial. Cuando mayores son las fuerzas que mantienen unidas a las partículas individuales en agregados, mayor será el esfuerzo aportado por la lluvia u otros agentes necesarios para producir la dispersión 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.

3.2.1.2. Textura

Como ya se señaló el grado de estructuración y estabilidad de los agregados son los factores determinantes de la resisten-

cia de los suelos al encostramiento superficial. Debemos consi-
derar que cuando más elevada es la relación limi-arcilla ó are-
na-arcilla de un suelo, más inestable es su estructura, (32).

-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 μ en detrimento
de las fracciones más gruesas. Lemos y Lutz (1957), estudiaron
costras formadas sobre suelos de muy diversas texturas, de --
mostrando que ésto ocurría a pesar de las diferencias existentes
en las composiciones granulométricas de los mismos. El cambio -
de textura puede revestirse en ciertos sectores dentro de una mi
sma área particularmente en aquellas en donde se produce escurri-
miento y el agua determina la clasificación y deposición de par-
tículas gruesas (11).

3.2.1.3. Densidad aparente

En suelos encostrados se observa, que al formarse la cos--
tra la densidad aparente está sensiblemente aumentada. Esto o--
curre como consecuencia de la existencia de un arreglo más cerrado
entre partículas por la falta de agregación.

Diversos investigadores observaron mediante estudios micro
morfológicos de la costra la presencia de una capa superficial--
de alta densidad y otra inferior de menor densidad.

A través de estudios de láminas delgadas de costras forma-
das en suelos de diversas texturas, diversos autores señalan la-
presencia de ésta capa superficial cuya densidad es muy superior
a la del resto de la costra en cada caso (11).

3.2.I.4. Infiltración

Diversos autores señalan que la velocidad de infiltración en suelos con problemas de encostramiento, se ve severamente -- disminuida. 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 fundamen-- talmente de la macroporosidad.

Estudios han demostrado, que la infiltración instantánea y la acumulada dependen de las características de la costra y -- del suelo subyacente. Cuando mayor es la resistencia hidráulica en la costra, menores son tanto la infiltración instantánea como la acumulada en un lapso de tiempo dado.

La disminución en la velocidad de infiltración, tiene mucha importancia en el balance hídrico del suelo. La presencia-- de la costra reduce la cantidad de agua infiltrada y, por lo -- tanto su disponibilidad para los cultivos. Al disminuir la velo-- cidad de infiltración, provoca el anegamiento en zonas bajas y la erosión hídrica en aquellas pendientes. Esto será mayor cu-- ando más severo sea el problema del encostramiento superficial-- del suelo.

3.2.I.5. Permeabilidad

La movilización del agua en el suelo en forma líquida o -- como vapor es a través de los macroporos. Esto significa que -- entre más grande y numerosos sean los poros mayor será la per-- meabilidad.

Normalmente, la permeabilidad disminuye con la mayor finu-- ra de la textura. La concentración y composición de las sales -

disueltos en el agua de riego, producen una dispersión rápida del suelo y así reducirá la permeabilidad.

Las clases propuestas para indicar la permeabilidad consideran las siguientes láminas de agua:

Muy lenta	Menos de 0.15 cm/hr
Lenta	De 0.15 - 0.5 cm/hr
Moderada	De 0.5 - 15 cm/hr
Rápida	De 15 - 25 cm/hr
Muy rápida	Mayor de 25 cm/hr

En forma general, la textura fina, pobre agregación del suelo, bajo contenido de M.O., y la presencia de capas impermeables (caliche, material madre, etc.) a poca profundidad de los suelos encostrados, hacen que la permeabilidad sea de muy lenta a moderada. (22).

3.2.1.6. Color

El color del suelo es auxiliar en la clasificación de los suelos y del color de los diferentes horizontes se obtiene información acerca de las condiciones relacionadas con su formación. (20).

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 éstos suelos pueden ser ricos en arcilla, la cual produce también coloraciones oscuras, éstas a veces no se presentan, debido a la naturaleza calcárea del material parietal y a la acumulación de CaCO_3 , sílice y otras sales que producen colores claros, blanco y gris, (II , 32).

3.2.2. Propiedades químicas

3.2.2.I. Conductividad eléctrica

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 por evapotranspiración (1).

Las sales solubles que existen en los suelos y en las aguas, cuando están en exceso, provocan la mala germinación de los cultivos; y se restringe el desarrollo y rendimiento de los mismos, además se tiene una elevada presión osmótica que impide la absorción de humedad y de nutrientes en cantidades adecuadas.

Los suelos con problemas de encostramiento superficial -- presentan una tendencia a la salinidad. Esto se debe al exceso de sales de sodio o al exceso de sodio entre las bases intercambiables. Además el agua subterránea en las regiones áridas y semiáridas donde el problema de encostramiento superficial es más severo, generalmente contienen, cantidades considerables de sales solubles. Si el nivel de agua es alto, debido a las temperaturas elevadas, grandes cantidades de agua se mueven a la superficie por la acción capilar y se evaporan, dejando una -- acumulación cada vez mayor de sales solubles sobre la superficie del suelo, (32).

3.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La CIC: se define como la suma total de cationes intercambiables absorbidos, expresados en miliequivalente (cantidad química igual a un gramo de hidrógeno). La importancia del I.C. --

esta en que evitan la lixiviación de los nutrientes solubles de fertilizantes inorgánicos debido a ese intercambio catiónico, - (1).

En suelos encostrados teóricamente tendrían un CIC alto -- por su elevado contenido de arcilla, pero cuando predomina la Montmorillonita de tipo expansivo, el CIC 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 las plantas). El bajo contenido de M.O., la cual actúa como regulador de la humedad, hace que la contracción sea más severa. Existiendo también un proceso de intercambio de aniones en menor escala al I.C., por ejemplo el H_2PO_4^- , $\text{SO}_4^{=}$ y el NO_3^- puede intercambiarse por este proceso en suelos con pH menores a 7 (22).

3.2.2.3. Reacción del suelo (pH)

El pH del suelo depende de varios factores como son:

- Cantidad de lluvia
- Drenaje del suelo
- Calidad del agua de riego
- Naturaleza del material madre
- Período de tiempo que ha estado bajo cultivo el terreno

Los suelos encostrados presentan pH elevado, debido a que son pobres en M.O., también, porque, generalmente se localizan en regiones áridas y semiáridas, donde la escasez de lluvia es

elevada, de esta manera, las sales disueltas, principalmente -- las de Ca, que abundan por la naturaleza calcárea del suelo. - La baja conductividad hidráulica de estos suelos, es también un obstáculo para el movimiento de sales a niveles inferiores del suelo, por lo que el pH será básico, (32).

3.3. Encostramiento superficial

3.3.1. Generalidades del encostramiento superficial

Los suelos que presentan baja estabilidad estructural, se dispersan y desmoronan cuando son humedecidos por la lluvia o - el agua de riego, que al secarse pueden formar una costra dura sobre la superficie.

Los factores que intervienen en la formación de la costra superficial son:

- Alto contenido de sodio
- Baja proporción de M.O.
- Abatimiento y humedecimiento del suelo a cero ten-- sión debido a la lluvia o el agua de riego.

La dispersión de la arcilla con frecuencia al derrumbamiento de la estructura, conduce a la formación de una costra superficial.

Dicha costra representa un serio problema, económico y ecológico, ya que, debido a este fenómeno, son frecuentes los fracasos en las siembras por la no emergencia de las plántulas. - El bajo número de plantas por unidad de superficie, las resiembras y los atrasos en la implantación de los cultivos inciden - aumentando costos y disminuyendo rendimientos. También, la pre

sencia de la costra afecta el balance hídrico, su fertilidad química y susceptibilidad a la erosión, (17).

Las partículas del suelo son rearrégladas para formar una zona compacta en la superficie del suelo que resulta en una densidad de masa más alta, menos macroporos y una resistencia mecánica más alta que el suelo inmediatamente inferior. El contenido de humedad de los suelos, la estructura y textura del suelo influyen grandemente en la dureza de la costra formada. (11)

El encostramiento superficial presenta afectos directos e indirectos en los procesos del suelo. El afecto directo en el crecimiento de la planta influye en la obstrucción mecánica a la emergencia de la plántula que esta germinando y daña a las raíces provocando torceduras, esto es debido a las grietas que se forman cuando se seca la costra. El afecto indirecto de la costra en el suelo incluye la tasa de percolación del agua, -- promoviendo un aumento en el escurrimiento y la inhibición de la actividad microbiana (17).

3.3.2. Morfología de la costra superficial

Las costras forman una delgada capa superficial de un espesor que va desde algunos décimos de mm a 1cm (o excepcionalmente más). Las costras tienen características morfológicas distintas al suelo que les dio origen.

La morfología de las costras y su constitución dependen, - en gran medida, de los suelos subyacentes, sin embargo, presentan características independientes de los mismos, y las cuales son comunes en todas ellas. Esto se observa en la textura como en la densidad aparente.

En el caso de la textura, hay un enriquecimiento de partículas menores de 100μ en detrimento de las fracciones más gruesas. Por otra parte la densidad aparente de las costras aumenta. Esto se explica a un arreglo más cerrado entre partículas por la falta de agregación.

En la costra se puede observar una capa muy delgada de pocas décimas de mm, en contacto con la atmósfera, con un ordenamiento interparticular aún más cerrado, (11).

3.3.3. Factores que determinan la formación de las costras

Diversos autores, consideran que la costra superficial se forma debido a factores externos e internos:

Factores externos: Las gotas de lluvia, al impactarse sobre la superficie del suelo se seca. La energía cinética de las gotas de lluvia al momento del choque, posibilita la disgregación de estructura superficial en partículas individuales más pequeñas. La energía cinética de la gota es igual al producto de la mitad de su masa por la velocidad al cuadrado $[E_c = 1/2M(V^2)]$.

Las dimensiones de la gota pueden determinar la masa de la misma. Estudios realizados por diversos autores, indican que tiene un corte elipsoidal, donde el eje vertical es mayor, que el horizontal, esto se acentúa a medida que aumenta el tamaño de la gota.

Cuando más grande es la gota, mayor será la velocidad terminal al momento del choque. La influencia de los vientos horizontales pueden contribuir al aumento de su velocidad terminal.

Autores señalan que cuando mayor sea la intensidad de la lluvia mayor será el tamaño promedio de las gotas. Existen --

distintas ecuaciones que relacionan tanto la intensidad como el tamaño de la gota:

$$D = 2.231^{0.182}$$

t = tiempo

$$D = 0.69^{1/m} A^p t$$

D = tamaño promedio de la gota

I = intensidad

A, p y m = constantes empíricas

Estas ecuaciones no pueden ser aplicadas universalmente debido a factores de índole local.

El anegamiento que ocurre cuando la intensidad de lluvia es mayor que la velocidad de infiltración o durante el riego, es otro factor de importancia en el encostramiento de los suelos. La destrucción de los agregados se produce por la baja cohesión entre las partículas que integran los mismos, la cual se ve sensiblemente disminuida al estar al suelo saturado, más aún si tomamos en cuenta la explosión de los agregados por el aire entrampado, que es mayor cuando más rápido se produce la saturación del suelo. Por otra parte, el anegamiento posibilita la sedimentación diferencial de partículas que son puestas en suspensión, debido al impacto de la lluvia sobre la superficie del suelo.

Factores internos: Estos están asociados con la estructuración y estabilidad estructural.

Los agregados del suelo con estructura estable, bajo la acción de la lluvia, se deshacen pero no se dispersan bajo la acción de las gotas de lluvia, en consecuencia, no existe zona azolvada y la permeabilidad de la costra es función de la permeabilidad de la capa superficial. Cuando hay dispersión, la zona subyacente inmediata está compuesta de partículas de arcilla.

lla orientadas con muy pocos poros de aire, los cuales estan -- aislados. Parece ser, que la dispersión de los agregados, son la causa del encostramiento, por lo tanto, cuando mayor es la fuerza que mantiene unidas a las partículas individuales en agregados, mayor es el esfuerzo de la lluvia (u otros factores) necesario para producir la dispersión que determina el posterior encostramiento. (11).

3.3.4. Génesis de la costra superficial

Diversos autcres, señalan, que existen cuatro fenómenos involucrados en la formación y estabilización de la costra superficial:

1.- Destrucción de agregados: El impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo desnudo, desintegra la estructura de la superficie del suelo por efecto de percusión. El impacto de la gota produce un cráter en la superficie del suelo, desprendiendo partículas de suelo que son proyectadas por los bordes del cráter y que alcanzan a recorrer distancias considerables. Según varios autores, registran proyecciones hasta 54cm de recorrido y 38cm de altura, (11).

La cantidad, tamaño, altura y distancia recorrida dependen de la energía aportada por las gotas y de características inherentes a las fuerzas de cohesión interparticulares.

2.- Reordenamiento de partículas por sedimentación diferencial: La proyección de partículas por salpicamiento y la película de agua sobre el suelo, da lugar a la sedimentación diferencial de la costra sellando los espacios entre las más grandes. Este fenómeno se confirma, debido a estudios micromorfoló

gicos que demuestran la existencia de esa pequeña lámina de menor permeabilidad y mayor densidad aparente dentro de la costra.

3.- Efecto de reordenamiento de partículas durante el secado de la costra. Durante el proceso del secado del suelo la tensión superficial del agua produce el acercamiento de las partículas individuales entre sí, esto provoca un arreglo más cerrado a medida que la desecación avanza. Al no haber agregados grandes, la macroporosidad en esta capa superficial se pierde dando lugar a una costra dura y densa.

La velocidad del secado influye sobre la resistencia mecánica de la costra, la cual aumenta cuando más lenta es la velocidad del secado. Esto se explica, debido al hecho de que se logra un mayor reordenamiento de partículas y un arreglo más cerrado de las mismas cuando el secado se produce lentamente.

La saturación del suelo y la existencia de una pequeña lámina de agua sobre la superficie, determinaron un incremento sustancial en la resistencia mecánica de la ruptura de las costras en relación a contenidos hídricos menores.

4.- Cementación de partículas por precipitación de sustancias solubles: Los agentes cementantes que existen en el suelo, juegan un papel muy importante en la estabilización de las costras. El silicio es uno de éstos agentes, con un pH menos de 9.5, el silicio en la solución del suelo se encuentra casi en su totalidad en forma de H_4SiO_4 a una concentración que va de 10 a 25ppm de SiO_2 , pudiendo llegar a valores muy bajos en las lateritas (1ppm SiO_2) o a las 120ppm SiO_2 en zonas áridas donde el encostramiento es más severo. Con pH mayores de 9.5 el incremento de sílice se incrementa alcanzando valores de 300ppm -

SiO₂.

Con la concentración de la solución del suelo se produce la precipitación del sílice, el cual sufre una deshidratación paulatina por efecto del secado, esto ocasiona que pase de un gel de consistencia elástica a una dura. Se dice que en el suelo éstos precipitados de sílice amorfo se producen como puentes entre las partículas. Este fenómeno del agua en los puntos de contacto interparticulares donde se producirá la concentración de solutos entre los cuales está el sílice, CaSO₄, CaCO₃ y --- otros compuestos poco solubles (11).

3.3.5. Módulo de ruptura

Los suelos de compactación normalmente fuerte, secados en el campo tienen dureza y cohesión. El grado de la cohesión varía con la estructura del suelo, pues la porosidad determina el número de partículas por la unidad de volumen y la porosidad -- está relacionada con el número de contactos superficiales.

Con el objeto de evaluar las barreras que la costra representa a la emergencia de las plántulas y el crecimiento de la radícula en el momento de la germinación, las características -- mecánicas de la misma han sido calculadas en distintas formas, -- utilizando costras preparadas artificialmente y naturales, (11).

El módulo de ruptura se emplea como un índice del encostamiento del suelo en base a las dos siguientes suposiciones:

a) Las propiedades físicas del ladrillo simulan las costras naturales.

b) El módulo de ruptura representa la fuerza de las plantitas recién nacidas para romper las costras (22).

Este módulo propuesto por Richard (1953), consiste en preparar un block de suelo en un marco cuyas dimensiones internas son 35mm X 70mm X 9.52mm. Este se apoya sobre una bandeja de humedecimiento y se llena con suelo tamizado (malla de 2.0mm). El humedecimiento se produce por capilaridad durante una hora para lograr un contenido hídrico alto. Esta muestra se seca a 50°C hasta peso constante. El bloque formado se lleva a un aparato donde se coloca con una de sus caras mayores apoyadas sobre dos soportes distanciados entre sí 50mm. Se le aplica en la parte central una fuerza de intensidad creciente hasta lograr la ruptura. El módulo de ruptura en unidades de presión se calcula así:

Donde:

S= Módulo de ruptura (dinas/cm²)

F= Fuerza aplicada (dinas)

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

L= Distancia entre puntos de apoyo

b= Ancho del bloque

d= Espesor del bloque

Los resultados obtenidos mediante éste método permiten predecir el comportamiento de las costras naturales. Aunque difiere sustancialmente de las formas en que se generan las costras naturales, (11).

Se ha comprobado que el contenido de limo y arcilla eran, dentro de la composición granulométrica, los que más influían aumentando el módulo de ruptura. El contenido de arcilla de las costras formadas naturalmente si bien aumenta su tenacidad, también aumenta el agrietamiento, lo que contribuye a que sus

consecuencias, desde el punto de vista agronómico, no sean tan desfavorables. Esto se observa más en arcilla de retícula expandible (11).

Hanks, 1960; citado por Figueroa y García, determinó el módulo de ruptura a una muestra, a la cual extrajo previamente la M.O., encontrando que aumentaba la fuerza de la costra considerablemente en todos los suelos analizados.

El módulo de ruptura con la pérdida de humedad es considerablemente aumentada. Esto se observa principalmente en suelos loessicos. Contenidos hídricos muy bajos contribuyen a atenuar el efecto de barrera que produce el encostramiento.

Se ha encontrado para algunos grupos de suelos una muy buena correlación positiva entre módulo de ruptura y densidad aparente. También se observa, que cuando más rápido se produce el secado de la costra, menor es su resistencia mecánica.(11)

Diversos experimentos, determinaron que el módulo de ruptura de la costra está dado por las características de las precipitaciones y, por lo tanto, por la cantidad de energía que aportan para su formación.

Los valores de resistencia a la ruptura o lecturas de penetrometro en costras y sus relaciones con el porcentaje y tiempo de emergencia, están influenciadas por el material original, contenido hídrico, grado de agrietamiento, temperatura, especie, variedad y energía germinativa. (11).

3.3.6. Manejo de los suelos y encostramiento superficial

Entre los objetivos de la remoción del suelo con implementos agrícolas, se menciona el de mejorar las condiciones fisi-

cas 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 muy 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.

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.

Numerosos autores, confirman la importancia de la incorporación de M.O. al suelo, como mantenedor de los agregados del mismo, gracias a la agregación de residuos orgánicos descomponibles con facilidad, los cuales producen la síntesis de sustancias orgánicas complejas que ligan las partículas del suelo en dichas unidades estructurales (11).

3.4. MATERIA ORGANICA DEL SUELO

3.4.1. Generalidades de la M.O. del suelo

La M.O. del suelo se obtiene de los residuos de plantas y organismos vivientes o muertos del suelo. Los suelos orgánicos (turbas y mucks) contienen más del 20^o/o de M.O., en cambio los suelos minerales contienen menos del 20^o/o de M.O., (24).

La importancia de la aplicación de M.O. al suelo se basa principalmente en la suposición de que devuelven al suelo todo aquello que el cultivo le ha quitado, en cierto modo ésto es -- verdad. Se señala que si se dispusiera de esos materiales en -- cantidad suficiente, sería posible satisfacer las necesidades -- del suelo y de las plantas que crecen en él. Los factores limi -- tantes en este aspecto, son las enormes cantidades que se reque -- rirían y la composición de dichos materiales. Por ejemplo, el estiércol de cuadra, varía generalmente, según sea la clase de alimento consumido, edad del animal, tipo de cama, etc., lo -- mismo sucede con las plantas que usamos como abonos verdes. Lo importante en cualquier cultivo es la nutrición balanceada, y -- esto no se logra si aplicamos al azar estiércoles o cualquier -- otro abono que se tenga a la mano. (24 , 33).

Los materiales orgánicos son los precursores del humus del suelo. Estos pueden llegar al suelo en forma de plantas y animales parcialmente.

El uso de los abonos orgánicos, se recomienda casi al nacimiento de la agricultura, su uso disminuyó debido al incremento de los fertilizantes químicos (en la época de 1940 - 1970). En la actualidad vuelven a cobrar gran importancia, ya que los fer

tilizantes orgánicos presentan ventajas sobre los fertilizantes químicos. (3).

3.4.2. Funciones de la M.O. en el suelo

Los fines de la M.O., según Tamhane y colaboradores pueden resumirse en lo siguiente:

1.- Reduce la erosión, al disminuir el escurrimiento superficial. Esto es, al reducir al impacto de la gota de lluvia en la superficie del suelo y permite que el agua se filtre con suavidad.

2.- Ayuda a mantener los agregados del suelo, favoreciendo la buena aereación y permeabilidad del mismo. Los agregados -- del suelo se mantienen gracias a la agregación de residuos orgánicos descomponibles con facilidad, produciendo la síntesis de sustancias orgánicas complejas que ligan las partículas del suelo en dichas unidades estructurales.

3.- Favorece el intercambio de O_2 y CO_2 vital para el buen desarrollo de las plantas. Los poros grandes facilitan que el suelo absorba oxígeno de la atmósfera y que expulsen bióxido de carbono.

4.- Incrementa la capacidad de retención de agua disponible en suelos arenosos y de loam. El suelo granular, que resulta de las agregaciones de M.O., provee de más agua que el suelo pegajoso impenetrable.

5.- La M.O., sirve como depósito de elementos químicos, -- para el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, el fósforo y azufre existen en cantidades considerables en formas orgánicas. Además al descomponerse la M.O., proporciona los nutrientes ne-

cesarios para las plantas, así como muchas hormonas y antibióticos, los cuales son liberados de acuerdo con las necesidades de las plantas.

6.- La descomposición de la M.O. produce ácidos orgánicos y bióxido de carbono que ayuda a disolver minerales como el potasio.

7.- La M.O., compensa al suelo contra cambios químicos rápidos en el pH, a causa de la aplicación de fertilizantes y sal.

8.- La M.O., es precursora del humus, y este proporciona un almacén para los cationes (potasio, calcio y magnesio) intercambiable y disponibles. Además evita la lixiviación de los fertilizantes amoniacales, porque el humus retiene el amonio en forma intercambiable y disponible.

9.- Favorece el desarrollo de los microorganismos del suelo por ejemplo, los que fijan (izotobacter y Clostridium), requieren de M.O. que se descomponga con tanta facilidad y de la cual pueden obtener el carbono. Sin carbono la fijación de nitrógeno sería imposible.

10.- Las hormigas, lombrices y roedores, obtienen su alimento de la M.O. Estos animales perforan el suelo y constituyen canales extensos a través de él, los cuales sirven para mejorar su desague y aereación.

11.- Reduce la evaporación mediante capas protectoras orgánicas.

12.- Reduce la erosión eólica. Esto es, debido a la M.O. gruesas, despreciable, sobre la superficie de los suelos.

13.- Las capas superficiales de paja y estiércol reducen las temperaturas del suelo en el verano, y lo mantienen más tem-

plado en inviernos.

14.- La M.O., fresca, facilita la obtención del fósforo -- del suelo en los suelos ácidos. Al descomponerse, la M.O., libera citrados, 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.

15.- La M.O., reduce la alcalinidad de los suelos. Esto es debido a los ácidos orgánicos liberados de la M.O., en des--composición (32).

3.4.3. Composición de la M.O.

El estudio de la composición de la M.O., del suelo es un problema para los químicos de suelos. La dificultad principal es la imposibilidad de aislar los materiales orgánicos de la -- parte mineral del suelo.

La M.O. del suelo, contiene varios materiales, cuyos porcentajes varían de acuerdo a la clase de residuos de las plantas o animales y de su estado de descomposición. Estos materiales se presentan a continuación:

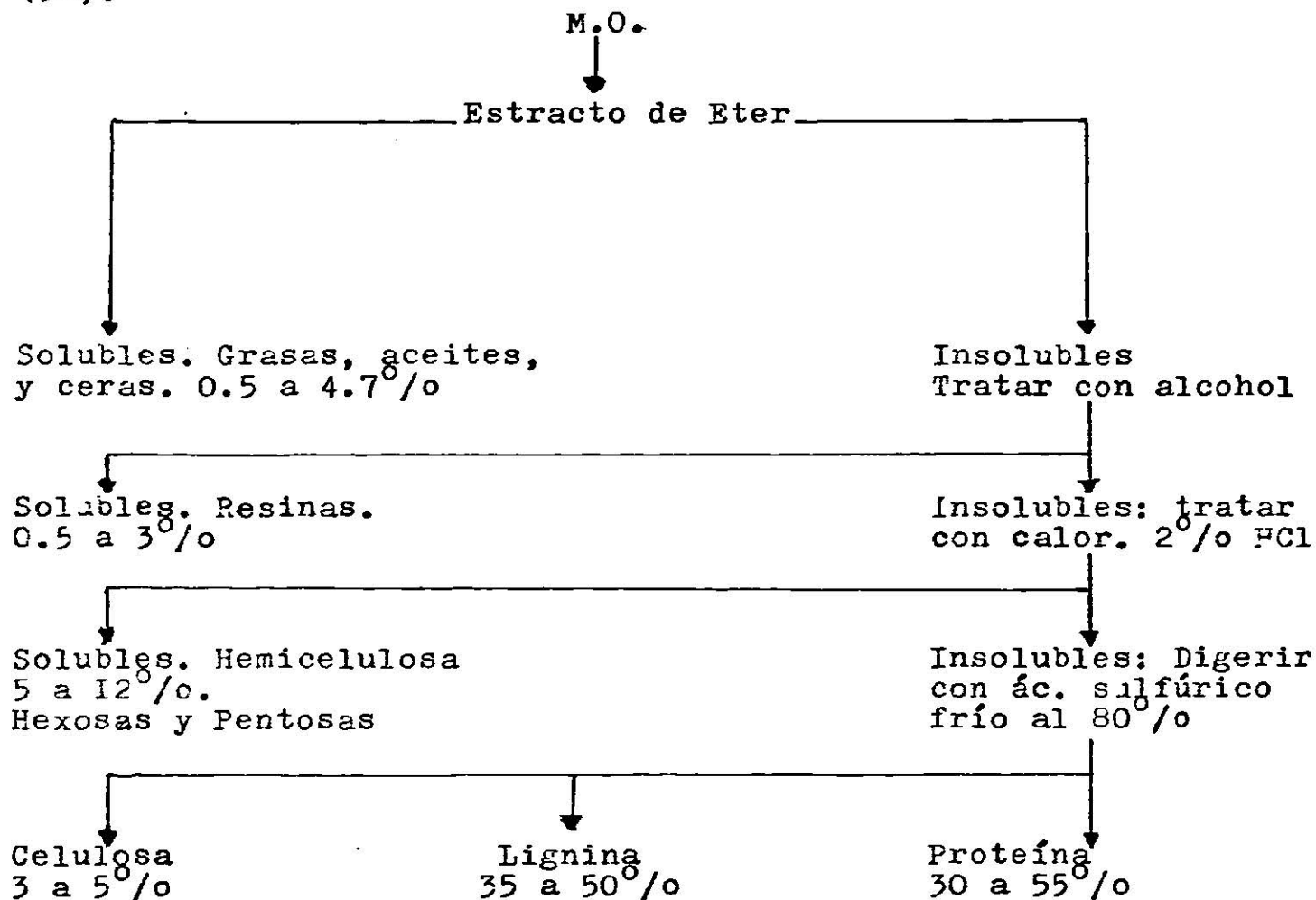
- a).- Carbohidratos, Azucres, almidón y celulosa.
- b).- Lignina. Proviene del armazón leñoso de las plantas y cél. viejas.
- c).- Tanino
- d).- Grasas. Aceites y ceras
- e).- Resinas
- f).- Proteínas. Formadas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

g).- Pigmentos

h).- Minerales. Calcio, fósforo, azufre

Waksman y Stevens, citados por Tamhane, proponen un esquema mediante el cual se calculan los grupos reconocibles de constitutivos de la planta:

(32).



3.4.4. Descomposición de la M.O. del suelo

Esencialmente la descomposición de a M.O. se efectúa por dos procesos.

I.- Humificación, que comporta la producción de nuevos compuestos orgánicos, englobados bajo la designación general del humus.

2.- Mineralización, es una liberación en forma de moléculas inorgánicas o de iones H_2O , CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ; de los elementos incorporados previamente a la M.O. de origen.

Según Allison (1973), los factores que afectan el porcentaje y grado de descomposición de los materiales orgánicos adicionados al suelo son los siguientes:

- 1.- Composición y tamaño de las partículas
- 2.- Disponibilidad de nutrientes
- 3.- Humedad
- 4.- Temperatura
- 5.- Reacción del suelo (pH)
- 6.- Aeración
- 7.- Presencia de sustancias inhibidoras

8.- Los microorganismos involucrados, los cuales están regidos por la naturaleza química de los residuos orgánicos, y condiciones del suelo (3).

Como se sabe la descomposición de los materiales orgánicos depende de la relación C:N; la más adecuada es la 10:1, si es menor, el material es más rápidamente descompuesto 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 y así asegurar su propia multiplicación; por ejemplo, la paja de trigo tiene una relación C:N de 60:1, por lo tanto, su descomposición es lenta debido a que la paja contiene insuficiente nitrógeno para satisfacer los requerimientos para el desarrollo de los organismos que intervienen en la descomposición.

Materiales con amplia relación C:N forman cantidades relativamente pequeñas de humus y nitratos. Los cultivos de la alfalfa y trebol, tienen una relación C:N de 20:1. Estos materiales se descomponen rápidamente y proporcionan una cantidad grande de humus y nitratos.

La mayoría de los nitratos y minerales son absorbidos por las plantas en el primer período de desarrollo, obteniendo un balance favorable de nutrientes, de este modo los materiales más jóvenes se descomponen más rápidamente.

Los organismos del suelo también son afectados por la temperatura y humedad. El rango óptimo de temperatura es entre 21 y 38°C fuera de este rango la actividad microbiana se retrasa. -- Por otra parte, si una excesiva cantidad de agua está presente en el suelo los números y clases de los organismos benéficos en la descomposición decrecen debido a una aereación ineficiente. -- Sin embargo, los organismos del suelo prosperan a más bajos niveles de humedad que las plantas superiores.

En pH mayor de 6 predominan las bacterias y actinomicetos. Los hongos predominan a pH menores de 6.

Los organismos requieren de nitrógeno, M.O., otros nutrientes, para su energía y requieren oxígeno libre.

En forma general, las condiciones óptimas del suelo tanto -- para el desarrollo de las plantas como para la mayoría de los microorganismos del suelo son las mismas (3, 24).

3.4.5. Conservación de la M.O. del suelo

Se ha observado la importancia que tiene la M.O. en el suelo. Bajo cultivo constante, los suelos van perdiendo M.O. más -

de prisa de la que se reemplaza. Este problema, puede resolverse, mediante incorporación de M.O. al suelo.

La conservación de la M.O., es difícil en todas partes y bajo una labranza continua es casi imposible. Esto es todavía más difícil bajo clima semiárido y árido 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 problemas principales de la agricultura. El suministro de residuos orgánicos es limitado y la mayor parte de estos materiales se oxidan con bastante rapidez (24).

De acuerdo con Waksman, citado por Tamhane y Bali (32), dice que es necesaria la lignina para conservar la M.O. 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 M.O. 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.

Algunos autores sostienen, que incluso hierbas diferentes -- con fertilización nitrogenada artificial ayudarían a mantener -- los niveles de M.O. El suministro de nitrógeno ayuda a aumentar el desarrollo del cultivo, lo que deja una cantidad mayor de residuos de raíces.

Russal, también citado por Tamhane y Bali (32), a partir de experimentos de Ruthemted, ha demostrado que 30 años de cultivo continuo de maíz agotaba la M.O. del suelo en casi 66%, y el trigo normal continuo, en un 40%. El agotamiento de la materia orgánica se redujo considerablemente mediante una rotación --

de 3 años de maíz, avena y trébol. Con esta rotación la pérdida de M.O. fué de sólo 15% .

En condiciones de labranza continua, Melsted, menciona que se necesitan 5 toneladas más o menos, de paja/acre, o su equivalente, para conservar la M.O. del suelo en condiciones de labranza continua, (32).

Cuando se desarrollan cultivos labrados, el sistema de cultivo proyectado para conservar la M.O., ha de incluir aquellos cultivos que den por resultado aumentos de M.O., (32).

3.5. Organismos que intervienen en la descomposición de la M.O.

La parte más importante de la vida microbiana del suelo lo concierne a la evolución de la M. O., (13).

La población del suelo incluye bacterias, los grupos numerosos de hongos, actinomicetos, protozoos, algas y muchos animales de invertebrados pequeños.

Bacterias: Organismos unicelulares, pequeños, los individuos más grandes rara vez exceden 0.005mm ϕ . Según sus requerimientos de energía se dividen en:

1.- Bacterias heterotróficas, obtienen su energía de las sustancias orgánicas complejas.

2.- Bacterias autotróficas, obtienen su energía de la oxidación de elementos o compuestos orgánicos. Se les considera formadores de NO₂, NO₃ y los oxidantes de S y Fe, así como que actúan sobre el hidrógeno y sus compuestos. Estos se dividen en:

a).- Bacterias fijadores de N. Pueden ser simbióticas o no simbióticas (aerobias o anaerobias).

b).- Bacterias que requieren de N fijado. Estos pueden -- ser formados de esporas y no formadores de esporas, que a su -- vez pueden ser aerobias o anaerobias.

Hongos: Estos pueden ser; parásitos, saprófitos o simbióticos. Los hongos saprófitos obtienen su energía de la descomposición de la M.O. Los hongos simbióticos, viven en las raíces de las plantas y tanto el hongo como la planta se benefician mutuamente.

Los hongos son activos en el desarrollo de la estructura -- del suelo. Dividen la celulosa, la lignina y la goma, así como los azúcares, almidones y proteínas las cuales se descomponen -- más fácilmente.

El número de bacterias sobre pasa a los hongos, excepto en suelos ácidos, en suelos que han sido fuertemente estercolados y en los ricos en M.O. Los hongos son organismos aerobios.

Actinomices: Ocupan una posición intermedia entre las bacterias y los hongos. Prosperan más cuando existe M.O., reciente y abundante. La importancia de los actinomices tiene lugar en la descomposición de la M.O., en especial la celulosa y de otras formas resistentes. (24).

Algas: Organismos microscópicos portadores de clorofila. - Se clasifican en 4 grupos principalmente:

- a).- Verdes
- b).- Azul verdosas
- c).- Amarillo verdosas
- d).- Diatomeas

Las algas intervienen en la descomposición de la M.O., y -- ejercen una acción solvente sobre ciertas rocas y minerales afecto

tanto así la formación de los suelos. Algunos miembros de las algas azul verdosas han demostrado que fijan nitrógeno atmosférico. (24 , 32)

Protozoos: Se consideran las formas más simples de vida animal, son microscópicos, pero de mayor tamaño que las bacterias, se agrupan de la siguiente manera:

- I. Ciliados
2. Flagelados
3. Amibas

Sus hábitos de alimento no son bien conocidos, aunque es cierto que en el suelo dependen de la M.O., como fuente de alimento. (24).

3.5.1. Efectos de los microorganismos del suelo sobre los productos de la descomposición de la M.O.

3.5.2. Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno, es la unidad clave de la molécula de proteína sobre la cual se basa la vida. Este elemento es de los más susceptibles a transformaciones microbianas, también es uno de los nutrientes que se pierden por volatilización y lixiviación (22).

El nitrógeno es absorbido de la atmósfera y fijado por ciertos microorganismos. El nitrógeno forma proteína microbiana y ácido nucleico, el cual posteriormente se descompone en aminoácidos y sales de amonio como principales productos nitrogenados. Estos luego son oxidados en el suelo y convertidos en nitrito y nitratos (proceso de nitrificación). Algunas plantas (árboles de bosque, frutales, algunos pastos), absorben y usan nitrógeno en forma de amonio (NH_4), mientras otras sólo absorben y utilizan -

nitrate (NO_3^-). La etapa intermedia, nitrite (NO_2^-) es altamente fitotóxica, pero es transitoria, ya que es rápidamente oxidada a nitrato. El proceso de nitrificación está controlado por la temperatura, aereación, humedad, reacción y fósforos, (15). En la fig. 1 se observa al C. del N.

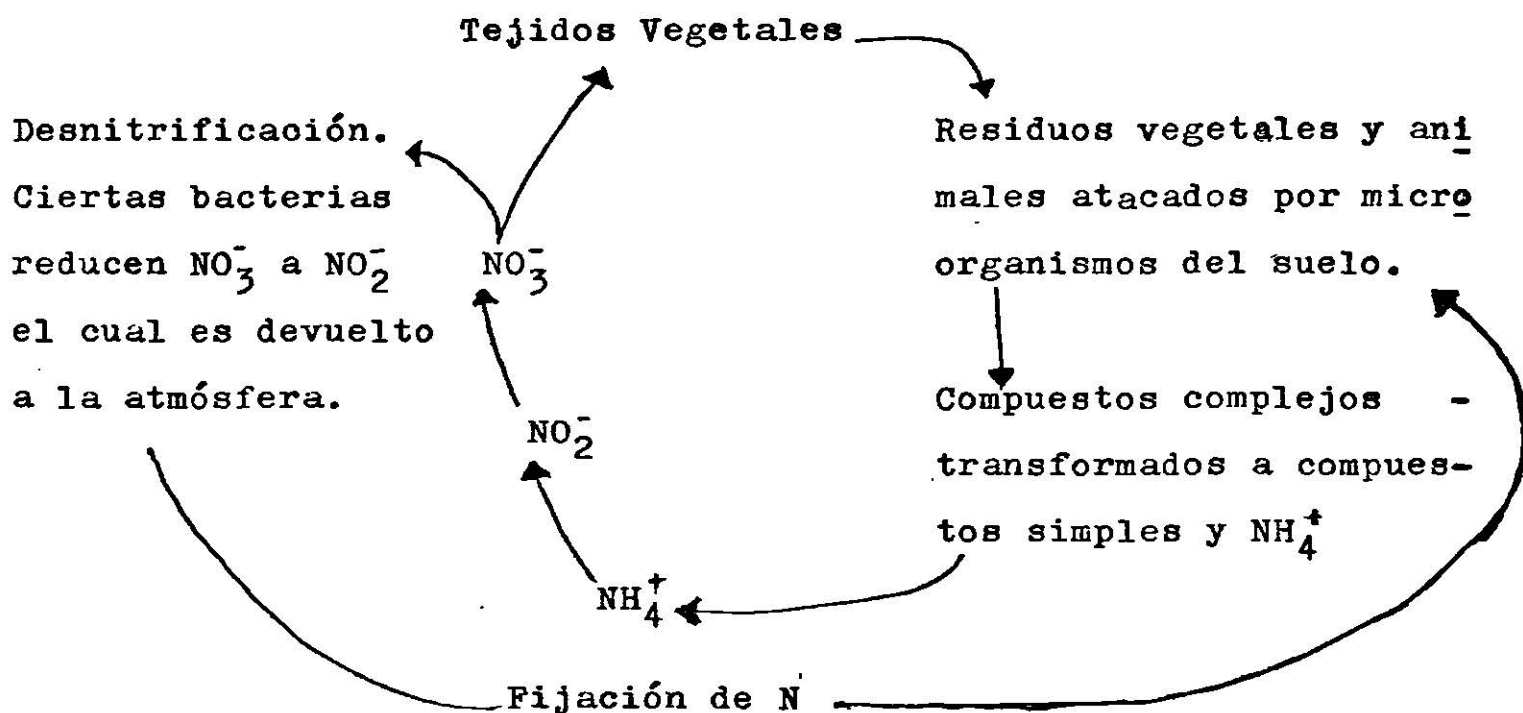


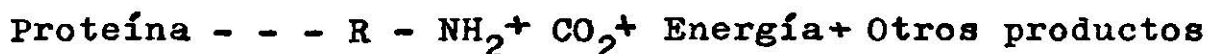
Fig. 1 Ciclo del Nitrógeno

3.5.3. Mineralización

El proceso de mineralización del N comprende la aminización, la amificación y la nitrificación, los dos primeros son llevados a cabo por organismos heterótrofos y el tercero, por organismos autótrofos.

Casi todo el N que se encuentra en los horizontes superficiales del suelo está en combinación orgánica. Los aminoácidos combinados constituyen del 20 - 50% del total del N del humus, del 5 - 15% son aminoazúcares, el 1% son ácidos nucleicos. -

a).- Aminización. Es la descomposición hidrolítica de las proteínas y la liberación de aminos y aminoácidos por algunos organismos heterótrofos:



b).- Amonificación. Las aminos y aminoácidos liberados de la aminización, son utilizados por otros organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales. Los mecanismos -- más comunes para la degradación inicial de aminoácidos es la -- desaminización (oxidativa y reductiva), la remoción del amoníaco y la descarboxilación, donde el grupo carboxilo es separado, la reacción es la siguiente:



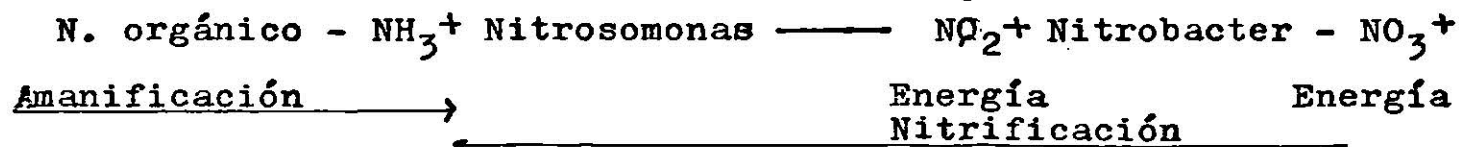
Los caminos que pueden seguir, el amoníaco así liberado, -- son los siguientes:

- 1.- Pueden ser convertidos a nitritos y nitratos en la nitrificación.
- 2.- Pueden ser absorbidos por las plantas superiores.
- 3.- Pueden ser utilizados por los heterótrofos en posteriores descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.
- 4.- Ser fijados en una forma no utilizable biológicamente, en los tramados de ciertas arcillas y minerales expansivos, (34).

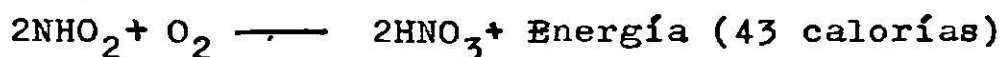
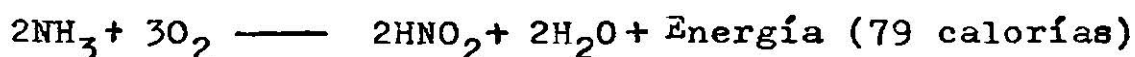
Los organismos involucrados en este proceso son Pseudomonas, Bacillus, Clostridium, Serratia, Micrococcus. También interviene hongos, como Alternaria, Aspergillus, Mucor, Penicillium, Rhizopus, etc.

El proceso de amonificación se ve favorecido con un contenido de humedad de 50 - 75% de la capacidad total de retención de humedad del suelo, y una temperatura de 40 - 60°C (22).

c).- Nitrificación. Al proceso aeróbico que implica la producción de nitratos a partir de las sales de amonio, recibe el nombre de Nitrificación. La transformación del nitrógeno en el suelo puede describirse con brevedad como sigue:



La nitrificación por lo menos tiene lugar en dos etapas: amoníaco a nitrato y nitrito a nitrato. Los cuales son realizados por grupos diferentes de bacterias. La formación de nitrito, es llevada a cabo por nitrosomonos, mientras que la formación de nitrato es efectuada por nitrobacter:



La conversión de NO_2 en NO_3 es más rápida que la NH_3 en NO_2 . Esto es favorable porque cualquier acumulación de NO_2 sería tóxica para las plantas.

La fuente de carbono de estos organismos es el bióxido de carbono asimilado. La nitrificación es un proceso decalcificante. Por cada 100 partes de NH_4 , que son nitrificados, se necesita una cantidad de calcio equivalente a 530 partes de carbono de calcio (CaCO_3) para completar la neutralización.

La tasa máxima de nitrificación puede ser de 25 Kg/ha al día, dependiendo de los factores ambientales. Las condiciones que determinan la nitrificación son:

1).- M.O., soluble. La M.O., reduce la nitrificación, pero la presencia de organismos heterótrofos mantienen a un bajo nivel la M.O. soluble.

2).- Reacción del suelo. En suelos alcalinos y ácidos, la nitrificación es lenta y se ve favorecida por una reacción neutra del suelo.

3).- Textura. La nitrificación se ve favorecida en suelos loam o de loam arcilloso y es más lenta en suelos arenosos.

4).- Humedad. La humedad es esencial en todos los procesos vitales y lo mismo sucede en la actividad microbiana. Se ha encontrado que el 50% de la capacidad de retención de agua es, en general, favorable para la nitrificación.

5).- Temperatura. A 37°C aumenta la nitrificación. Dicho proceso se detiene a temperaturas menores de 5°C y mayor de 55°C (32).

3.5.4. Desnitrificación

La desnitrificación, es la conversión del nitrato del suelo en nitrato gaseoso y/o óxido nitroso.

Existen tres mecanismos posibles por medio de los cuales ocurre la volatilización del nitrógeno.

1.- Pérdidas no biológicas del amoníaco. En suelos alcalinos y altas temperaturas, la volatilización del amoníaco es considerable. Las sales de amonio en un medio acuoso alcalino, -- reacciona como sigue:



A causa de esta reacción, los suelos alcalinos pueden perder su amoníaco libre. Las pérdidas se acentúan en suelos ricos en carbonato. Pero disminuye si la capacidad de intercambio de cationes es elevada.

2.- Descomposición química del nitrito. Esto sucede en -- suelos, donde se acumula nitrito, a consecuencia de pH elevado,

puede descomponerse espontáneamente mediante una reacción - con la M.O. Los productos volátiles de este proceso no enzimático son N_2 , NO_2 y N_2O .

3.- Desnitrificación microbiana. Este proceso consiste en la reducción microbiana de nitrato y nitrito con la liberación - de N molecular y óxido nitroso.

La desnitrificación no es una respiración anaerobia en el - sentido estricto, sino que tiene un caracter básico de electro-- nes o hidrógeno. Las verdaderas bacterias desnitrificantes, son en conjunto aerobias y proliferan en medias libres de O_2 sólo -- cuando nitrato, nitrito, NO o N_2O son los aceptores de electro-- nes.

Existen tres reacciones microbiológicas del nitrato:

a).- Una completa reducción a amonio, con la aparición --- transitoria de nitrito (microorganismos que utilizan el nitrito como fuente de N en la nitroasimilación).

b).- Reacción completa y una acumulación de nitrito en el - medio.

c).- Una reducción a nitrito seguida por una liberación de productos gaseosos (22).

3.6. COMPOST

3.6.1. Generalidades sobre el compost

Un método para reducir el problema de los desechos orgánicos más aceptable y económico, es la aplicación de estos materiales al suelo para su mantenimiento y la recuperación de la fertilidad del mismo.

En el vocabulario agrícola cotidiano, la expresión "hacer compost" significa actualmente mezclar o colocar en un montón de diversos materiales de desecho, de modo que al descomponerse se conviertan en humus, lo cual representa uno de los procesos de mayor importancia en la dinámica del suelo.

Saurin (1970), citado por Cota y Lavin (8), define compostas, 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 cálcico, con valor fertilizante nada despreciable por lo que aporta al suelo de oligo elementos y por la insemianción microbiana que produzca. (8, 33).

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.

Gottas et.al (1950), citado por Fromm (12) en base a experimentos sobre los aspectos básicos de la compostificación de desechos urbanos y obtuvieron información elemental sobre los efectos de la temperatura, humedad ambiental, aereación, relación C:N, utilización de inoculantes especiales y trituración del material tratado. También aportaron información sobre los tipos de organismos presentes, técnicas para analizar la condición del

compost durante y después del proceso, características de los materiales aptos para la compostificación y consideraciones generales sobre el diseño de plantas elaboradoras.

La variación de la cantidad, características y composición de residuos disponibles para la formación del compost varían según la localidad. En zonas rurales el material compostificable dependerá del clima, tipo de agricultura, costumbres dietéticas y sociales, utilización de residuos orgánicos como combustible, facilidad para recolectar los desechos y de las condiciones económicas de la región. En zonas urbanas industrializadas la cantidad y calidad del compost están afectadas, además por los productos industriales desechados, abundancia de podas en parques y jardines, cantidad de incineradores en casas y establecimientos comerciales, separación de los materiales orgánicos antes del proceso y de la fermentación de la recolección. (18).

3.6.2. Disponibilidad del compost

El potencial de producción de desperdicios orgánicos, tanto urbanos como rurales, ha llegado a ser un problema que afrontan los países densamente poblados. Las basuras urbanas son materiales residuales de contenido heterogéneo en cuya composición ocupan un lugar importante los desechos de frutas, legumbres y todas aquellas sustancias fácilmente fermentables.

En ciertos países, se dedica creciente interés al compost con desechos sólidos de las ciudades, pues este procedimiento permite utilizar el material de desecho en forma económica y asegurar a la agricultura un aporte suplementario de M.O. y de elementos nutritivos. (16).

En la planta industrializadora de basura de la ciudad de -- Monterrey, N. L., se tiene un promedio de recolección mensual de 20,000 toneladas, las cuales se utilizan de la siguiente manera:

Basura convertida en compost	65%
Subproductos obtenidos	8%
Desperdicio	27%

Este 65% de compost hace un total de 156,000 toneladas -- anuales, cantidad suficiente como para cubrir superficies del orden de 15,600 ha/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 la usualmente recomendada.

Las pérdidas de nitrógeno durante la descomposición, la mano de obra que implica su producción, hacen del compost un material más caro que el estiércol de corral, pero el agricultor, no debe preocuparse de esos gastos, porque obtiene cosechas que realiza inmediatamente en efectivo y además, el compost permite la continua operación de las tierras sin necesidad de rotación de cultivos (33).

3.6.3. Obtención del compost

El fin principal que se persigue con la obtención del compost, es la reducción de los compuestos orgánicos complejos para obtener de ellos compuestos más sencillos parcialmente inorgánicos, que sean asimilables de inmediato por las plantas o que gradualmente se vayan haciendo asimilables en cuanto penetren al -- suelo. Estos cambios se realizan, bajo una actividad vital de los microorganismos (bacterias y hongos) en condiciones de aerobiosis. Los compuestos más importantes que van a ser transfor--

mados, son los carbohidratos y las proteínas, toda mezcla destinada a producir el compost, deberá contener proporciones adecuadas de estas dos sustancias para obtener compost de primera, (31).

Wacksman (1939), citado por Cota(8), señala que el éxito de la preparación de compost a partir de residuos vegetales, depende de muchos factores, entre los cuales son los principales, la rapidez y el grado de descomposición del material original, su composición química, especialmente la proporción de compuestos nitrogenados y carbohidratos, la temperatura de descomposición y la población microbiana de la pila. Este mismo investigador cita a Worllny (1897) et.al., los cuales han demostrado que el desprendimiento de CO_2 es un índice excelente de la velocidad de descomposición del compost.

Para la obtención del compost sirven los diferentes materiales de la agricultura, de la industria y de las ciudades. Residuos de cualquier clase de campo; ejemplo, paja, granzas, tamo, hojarasco, desperdicio de cocinas, de matadero, material fecal, estiércoles, desperdicios de lana, etc. De tal manera, que la composición del compost varía según la procedencia de los materiales empleados.

Saurin (1970), citado por Bastidas(4), dice que el compostage consiste en una técnica utilizada para procesamiento de residuos sólidos como basuras y que comprende dos fases:

1.- Etapa fermentiva, se inicia con una fase aeróbica activa que después pasa a ser muy lenta.

2.- Etapa que se realiza bajo la acción de aire o bien en silos y aire forzado, con un mejor control del fenómeno.

La obtención del compost, se hace a nivel de granja o bien

en plantas industrializadoras de basura de las grandes ciudades

En la planta industrializadora de la ciudad de Monterrey, - N. L., se elabora la compostificación 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 u otra forma 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. En forma general, este proceso es del tipo auto-fermentativo, acompañado de reacciones químicas y biológicas. Con el fenómeno de la respiración, se absorbe oxígeno y desprende gas carbónico favoreciéndose el metabolismo de ciertos elementos, con liberación de calor que se traduce en un incremento de la temperatura. Es de suma importancia mantener las mejores condiciones para lograr la destrucción de los gérmenes patógenos y la transformación de los compuestos inorgánicos y orgánicos remanentes, evitando pérdidas grandes de productos. Los factores que influyen sobre la fermentación son:

Aereación: 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 es particularmente importante en la primera etapa de fermentación, y se logra volteando las pilas frecuentemente, o bien, con ventilaciones --

forzadas en los procesos acelerados. Bajo las condiciones industriales la masa de la pila alcanza una temperatura de 65°C en -- 48 hrs. y posteriormente hasta un máximo de 75°C. Con el fin de airar el producto, esta sufre su primer volteo disminuyendo la - temperatura por unas cuantas horas, y volviendo a elevarse rápidamente al valor inicial.

Humedad: este factor es segundo en importancia, ya que un - exceso de humedad trae consigo problemas en la molienda y la posibilidad de que la plasticidad de la M.O., 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.

Relación C:N: El carbono 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 absorbido. La relación C:N más favorable se en encuentra entre 35 y 25. Practicamente no se encuentra, en ningun tipo de basura relaciones inferiores a 25, pero sí superiores a 40 por lo cual se hace necesario extraer productos tales como pa pel y cartón para reducir esta relación.

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

5).- Se pasa a un cribado final.

6).- Envasado. La composta obtenida de la molienda fina, se deposita en una tolva para su envasado.

Al término de estos pasos, se obtiene el producto para efecto de su comercialización (18, 35).

Para la obtención del compost de granja, se recomienda colocar diferentes materiales en capas, con la finalidad de regular hasta donde sea posible la proporción correcta entre carbohidratos y proteínas; esto se logra de la siguiente manera: Los residuos vegetales, como restos de leguminosas, hierbas, hojas, paja y heno descompuesto, los cuales son mayormente carbohidratos y pueden ser colocados en capas de 15 cm. de espesor. Arriba de esta se coloca una capa de estiércol de 10 - 13 cm. tomando en cuenta que la mayoría de los estiércoles, incluyendo la orina contenida en las camas son material proteico, sobre el estiércol se coloca ahora una cubierta de 4 - 5 cm. del mejor suelo la borable que se encuentre. De esta manera se va construyendo el montón hasta alcanzar una altura de 1.5 - 1.8 m.

Cada capa que se coloca en el rintero de compost debe rociarse con agua, para que ayude al proceso químico de la hidrólisis. De igual manera el aire debe tener libre acceso a la masa para que realicen los procesos aeróbicos y no los anaeróbicos que provocan pérdidas de nitrógeno.

Cuando se añade poco o ningun estiércol a la pila de compost, se debe agregar fertilizante para estimular la rápida multiplicación de los microorganismos, esto es más efectivo si el fertilizante se esparce sobre la capa de suelo. Debe evitar mezclarse el estiércol y el fertilizante, pues éste, aun en el rintero que no tiene estiércol, es necesario únicamente al principio.

En cuanto los microorganismos entran en actividad, todo lo que necesitan lo encuentran en la M.O., en descomposición; por lo tanto, las cantidades a emplear son pequeñas: En un rimero de composición mixta, cuyas dimensiones sean 1.8 m. de ancho por 4.5 m. de largo, bastará añadir a cada capa de suelo de 225 a 340 gr. de una mezcla fertilizante constituida por 5 Kg. de sulfato de amonio 1.5 Kg. de super fosfato, 1 Kg. de muriato de potasa y 5.5 Kg. de caliza molida. Esta caliza molida compensa la acidez del sulfato de amonio. El super fosfato, además de proporcionar fósforo (que será utilizado por los microorganismos), posee la importante función de retener una parte del amoniaco formado.

Es conveniente voltear la pila de compost cuando menos dos veces cada cuatro semanas para acelerar la descomposición. Para esto coloca la parte exterior en la región central, con lo cual la operación resulta de lo más uniforme. De ésta manera se puede obtener un compost de buena calidad entre los primeros 3 a 4 meses (33).

3.6.4. Composición química del compost

Como se señaló anteriormente la composición del compost, varía según la procedencia de los materiales empleados, así como el clima, las costumbres y el nivel de vida.

Elizondo (1974) et.al; citado por Mendoza (18), muestran las características físico-químicas del compost, el cual obtuvieron en la planta industrializadora de basura de la ciudad de Monterrey, N. L. (por cada tonelada de compost):

N total	(°/o)	0.656
Fósforo	(Kg/ha)	77.140
Potasio	(Kg/ha)	177.00
M.O.	(°/o)	11.79
Carbono	(°/o)	6.84
Relación	C:N	10.4:1
Proteína	(°/o)	3.375
Fierro	(Kg/ha)	5.00
Manganeso	(Kg/ha)	112.5
Boro	(Cualitativo)	no
Cobre	(ppm)	1.65
Zinc	(°/o)	0.13
pH	(1:1)	7.5
CaCO ₃	(°/o)	66.5
Arena		63.12
Limo		16.40
Arcilla		20.48
Textura		Migajón arcillo-arenoso (18)

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

3.6.5.1. Efecto residual del abono de compost

Baeyens (1970), citado por Villarroel, (36) dice que es necesario distinguir dos efectos de la M.O. en el suelo, uno relativamente inmediato y otro remanente. En suelos arenosos la M.O. actúa durante el primer año especialmente. En suelos francos o pesados, el efecto de la M.O. subsiste hasta el cuarto año.

En los climas cálidos existe una potencialidad biológica tan elevada y la actividad de descomposición es tan grande, que los residuos orgánicos se mineralizan muy rápidamente, por lo tanto; su contenido de humus es muy bajo o nulo. En suelos tropicales cubiertos de bosques, el contenido de humus y el nitrógeno es bastante bajo en contraste con las zonas de pastos en donde la descomposición es lenta y gradual, fermentándose grandes cantidades de humus.

De acuerdo con la temperatura y la precipitación y el tipo de organismos, la descomposición de los residuos pueden ser rápida y completa o lenta y parcial.

El compost al incorporarse al suelo, se descompone lentamente; pero si el material es succulento la descomposición es más rápida, con la consecuencia de 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 (18).

Thompson (1962), citado por Arriola (3), señala que el efecto residual de la M.O., se debe al hecho de que las plantas solo aprovechan una parte de nutrientes el primer año, que según el autor, es por el paso de fosfato monocálcico a tricálcico. Este autor también cita a Buckman y Brandy (1966), los cuales encontraron que el efecto residual de la M.O., se debe en gran parte a la lenta descomposición y aprovechabilidad de éste sustrato, por parte de la flora microbiana; además menciona, que una aplicación sistemática de M.O. rebastece el humus, el N, el fósforo, el potasio y elementos traza en el suelo; aproximadamente el 20% de la M.O. se convierte en humus y el 80% es mineralizado.

Abbot y Tucker (1973), citado por Arriola (3) comparando el

efecto residual de la M.O., encontraron que después de 5 años -- de aplicado el estiércol, en un suelo arcillo-limoso, suministró suficiente fósforo para los cultivos de algodón, sorgo y un año de cebada.

Nuñez y Martínez (23), concluyen que 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.

Goswami, K.P., citado por Arreola (3), 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 del estiércol también redujo la compactación de la capa arable durante los dos primeros años, también--- observó, que se incrementó el número de microorganismos incluyendo Azothobacter y bacterias nitrificantes.

Varios autores, señalan que la M.O. además de aportar directamente nutrientes al suelo, los mantiene en forma aprovechable y su efecto benéfico del abonado orgánico sobre el rendimiento - de las cosechas puede prolongarse por varios años después de su aplicación al suelo.

Hiroce, citado por Arreola (3), estudió el efecto residual de 2 años de aplicación de N,P,K, o de estiércol de corral, - en un suelo podzódico y se observó que el N,P,K, abatió el pH-- del suelo y el contenido de calcio y magnesio del mismo. El análisis de hojas mostro un efecto residual del nitrógeno del estiércol de corral y del potasio del fertilizante mineral.

Estos resultados ponen de manifiesto, que los efectos benefericos de la M.O., se extienden por varios años, haciendo innece-

sarias aplicaciones frecuentes y obteniendo un considerable ahorro económico (22).

3.6.5.2. Uso de compost para corregir la estructura del suelo

Estudios realizados han demostrado que la adición de M.O. al suelo, aumenta la estabilidad de los agregados del mismo. -- Robinson citado por Mendoza (18); en su estudio indica que la M.O. asociada con la arcilla y presumiblemente adsorbida a las superficies de ésta, forman 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, eliminando las fuerzas del aire atrapado y disminuye su poder de humedecimiento. Baver (5), también citado por Fromm, ha sugerido el término, "estado de agregación" para designar el porcentaje de agregados por peso en un suelo dado. Resulta obvio que los suelos arenosos no pueden contener la misma cantidad de grumos que su suelo limoso bien granulado ya que los primeros poseen un alto contenido de separados gruesos. Sin embargo, en suelos de textura gruesa los limos y las arcillas pueden estar presentes en forma de agregados.

El compost modifica la estructura de los suelos. En los suelos arenosos aumenta la cohesión y en suelos arcillosos la disminuye, lo que permite una mayor aereación; un aumento considerable en la capacidad de retención de la humedad y una mejor penetración de raíces, (18)

La disposición de las partículas de suelo en agregados más o menos estables al agua es un aspecto importante de la estructu

ra 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. (12).

Campbell y Richards y Fireman y Blair, han encontrado que los suelos orgánicos humíferos y turbosos con cantidades apreciables de Na intercambiable, tienen buenas condiciones físicas. Esto lo atribuyen al efecto benéfico de la M.O., contenida en gran cantidad en estos suelos. (22).

Brandy (6), menciona que el humus induce considerablemente la granulación del suelo y agrega que la baja plasticidad y cohesión que posee son propiedades muy importantes ya que por ejemplo, en un suelo de textura fina, el mantenimiento de una buena cantidad de humus, ayuda a disminuir las características no favorables de la estructura, inducidas por las grandes cantidades de arcilla.

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 (22).

Basandose en estos estudios, podemos observar la importancia de la incorporación de M.O. al suelo como mejorador de la estructura del mismo.

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 posea una buena agregación del suelo y un alto contenido de M.O., tendrá valores de densidad más bajos (22).

Meyer, citado por Nieto (22), encontró que la aplicación de compost mejora la estructura del mismo, ya que la densidad aparente de los suelos tratados con compost varió de 1.16 a 1.05 gr/cm³ comparados con los suelos no abonados, cuyas densidades aparentes variaron de 1.61 a 1.64 gr/cm³.

Elizondo et.al. (10), concluye 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 se presentó una mayor agregación y un mayor espacio poroso.

Al estar un suelo compactado, fuerza al material sólido dentro de los poros del suelo, ésta reduce el espacio poroso y aumenta la densidad aparente. Las labores de cultivo y la adición de M.O., aumenta la agregación y por lo tanto, disminuyen la densidad aparente, además la M.O. pesa menos que un volumen igual de sólidos minerales y por lo tanto, un suelo con alto contenido de M.O. será menos denso (24).

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

La captación de humedad se relaciona directamente 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 (22), encontraron que al usar M.O. en suelos calcáreos arcillosos, había una correla -- 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 a el -- agua infiltrarse. Determinaron que un incremento de 1 % en el -- contenido de M.O., disminuyó un 31 % el tiempo de infiltración.

Guevera (1980), menciona que uno de los beneficios del com-- post es que mejora la estructura, permitiendo un aumento conside-- rable en la capacidad de retención de humedad.

Elizondo, et.al., señalan que la M.O., proveniente de la a-- plicación del compost incrementó la capacidad retentiva, de hume-- dad 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 retardador de la evaporación, especialmente cuan-- do se aplica a la superficie, por lo que su uso puede permitir un mejor y más eficiente aprovechamiento del agua captada por el sue-- lo.

Unger y Stewart (1974), citados por Nieto (22), 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 atribuyen a que el agua debió mo-- verse 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.

Vlamis (1971), citado por Fromm (12), menciona que una de -- las razones más importantes para incorporar residuos en los sue -- los de las regiones irrigadas es por su efecto benéfico sobre la infiltración, especialmente en los suelos de textura fina en don -- de la penetración del agua es muy lenta.

Estos estudios son una muestra, de la conveniencia de la a -- plicación de M.O., en suelos de zonas semiáridas donde el agua es escasa.

3.6.5.5. Efecto de la aplicación de compost en la cantidad de disponibilidad de nutrientes.

Al aplicar M.O., al suelo, es común que se incremente la can -- tidad de estos elementos en el mismo. Dicho incremento se debe -- no solo a que la M.O., en sí aporta gran cantidad de nutrientes, -- si no que también induce a que los elementos presentes en el sue -- lo en condición no aprovechable se solubilicen, es decir, cambien a un estado químico que las plantas pueden aprovechar.

Las diversas propiedades que posee la materia orgánica, pro -- vocan que los nutrientes se tornen disponibles a través de varios mecanismos, como cambios en el pH del suelo, estimulación de la -- actividad de la flora microbiana, solubilización de los elementos contenidos en las rocas minerales por compuestos que se producen -- a partir de la descomposición de la M.O. disminución de los fenó -- menos de fijación de amonio y potasio y otros nutrientes por los -- minerales arcillosos y otros mecanismos. También es importante -- señalar, que la M.O., aplicada al suelo ayuda a un aprovechamien -- to más adecuado de los nutrientes que se aplican en los fertili -- zantes y que se puede perder en grandes cantidades bajo ciertas -- condiciones, si no existe una buena cantidad de M.O., en el sue -- lo; (22).

Bastidas y Lavín (4), señalan que los efectos de la M.O. --- del suelo estan directamente relacionados con la acción de diversas sustancias orgánicas sobre el contenido mineral. Ravich y -- Shcherbo, citados por estos autores, quienes en 1928, detectaron la disolución de calcita (CaSO_3), magnesita (MgCO_3) y sedita -- (FeO_3), en presencia de productos metabólicos de ácido láctico y butírico bacteriano. La acción de estos fenómenos es muy importante, porque son los responsables de poner a disposición un gran número de elementos químicos para la alimentación de las plantas.

Se ha comprobado que existe un mecanismo no biológico en el suelo, que fija o inmoviliza parcial o totalmente elementos nutritivos, de tal forma que las plantas no pueden utilizarlo. Este proceso por lo general, es muy común sobre todo en suelos arcillosos, donde predominan las arcillas expansivas como la montmorillonita. Este mecanismo se explica debido a que los iones quedan atrapados, debido a que se movilizan al interior, entre dos cristales de arcilla cuando ésta se encuentra humedecida y en expansión y al secarse se contraen. De esta forma ocurre la fijación de potasio y amonio del suelo. El amonio fijado, puede ser lentamente liberado por los cationes que expanden la red (Ca, Mg, Na, e H). El potasio contrae la red por lo que no reemplaza al NH_4 - fijado. La M.O. puede reducir la cantidad de amonio y potasio, que son fijados por las arcillas de dos formas:

1.- Conservando el contenido de humedad del suelo más uniforme y por lo tanto, disminuye la expansión y contracción súbitas de los minerales arcillosos.

2.- Por otra parte, las partículas de humus pueden llegar a-

ser tan pequeñas, que puedan entrar a la red cristalina de arcilla y reducir su contracción al secarse, por lo que disminuye la cantidad de NH_4 y K atrapados.

En suelos ácidos, el fósforo se combina con aluminio y hierro para formar también compuestos insolubles. La adición de M.O., puede ayudar a reducir la cantidad de fósforo fijado. (24).

Se han hecho estudios en los cuales se demuestra, que los tratamientos de M.O., incrementa la movilización del fósforo en suelos calcáreos. Este incremento estuvo asociado con el incremento del fósforo nativo del suelo también fué movilizadado por la población microbiana.

Es bien conocido desde hace tiempo, que la incorporación de M.O., al suelo favorece la actividad microbiana que habita en él, y como la cantidad y disponibilidad de nutrientes esta muy por los procesos metabólicos microbianos, la M.O. indirectamente incrementa la calidad nutricional del suelo.

Robinson, citado por Nieto (22), en 1983, señala que la incorporación de compost al suelo, evita la inaprovechabilidad temporal de nutrientes, ya que los abonos reposados (compost), presentan una concentración de N, y por lo tanto; disminución de la concentración C:N.

El compost tiene influencia directa en la nitrificación de las plantas ya que proporciona elementos menores como boro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno y boro. Además proporciona los nutrientes necesarios para los microorganismos del suelo, tales como fuentes energéticas del carbono, nitrógeno y fósforo. (18).

Anderson, citado por Elizondo y colaboradores (10), estudió el efecto del coposteo y fertilización nitrogenada durante 60 —

años, concluyó que el composteo para mantener la productividad -- del suelo, resulta de una gran ayuda.

En un lote de maíz durante 30 años sin fertilizante químico-- ni orgánico el N nativo se redujo hasta un 40 %. En este mismo -- lapso de tiempo, aplicado compost cada ciclo se incrementó el con-- tenido anterior hasta un 90 % del nivel presente originalmente en el suelo.

Guevara, citado por Mendoza (18), concluye que la producción total de melón fué mayor con los tratamientos de estiércol compa-- rados con los tratamientos de compost. Este mismo autor cita a -- Volke (1984), el cual encontró que las mezclas de abonos orgáni-- cos presentaron diferente potencial para incrementar el rendimien-- to de materia seca, siendo el orden de ellos:

Vacuno, gallinaza, caprino y compost.

Cota G. y Lavín S., encontraron que las pruebas de fertili-- dad en los suelos tratados con compost para la siembra de frijol-- y hortalizas, demuestran la influencia de humus--compost en el --- rendimiento vegetal. El desarrollo del frijol sembrado en el sue-- lo con compost, muestra la formación de un tallo succulento con -- crecimiento de longitud óptimo. (8).

Kristich y Robinson, citados por Mendoza (18), realizaron un experimento en Las Vegas Nevada, E.U., en espinaca y acelga, para comparar la efectividad del fertilizante químico contra el com -- post. Se realizaron análisis tanto de suelo como de hojas de la-- planta para observar como afecta el contenido de varios elementos (N, P, K, Calcio, Magnesio, Fe, Zn, Manganeso). Después de la -- aplicación de los tratamientos se encontró, que el contenido de N en las hojas de la espinaca y la acelga, a los 60 días de creci-- miento fueron significativamente mayores, para los tratamien - -

tos con alto contenido de compost (129 ton/métricas/ha). El -- fósforo y potasio en el suelo y plantas, estuvieron directamente correlacionados a la cantidad de compost aplicado al suelo. (18)

Fromm (12), realizó un estudio para determinar el efecto de la aplicación de 5 niveles de compost en las características agronómicas de la soya; concluyó, que los suelos pobres en M.O. cuando son enmendados con aplicaciones de grandes cantidades de compost mejoran notablemente su fertilidad.

La adición de M.O. al suelo, aumenta la efectividad de la fertilización química, sobre todo en suelos calcáreos, comunes en el noreste de México, y donde existe una notable pobreza de nutrientes asimilables, así 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.

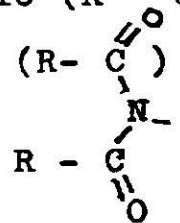
3.6.5.6. Efecto de la aplicación del compost sobre la capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.) del suelo

El humus es altamente coloidal, es amorfo y no cristalino, su área superficial y su capacidad adsortiva son mucho mayores que cualquier arcilla. La C.I.C., de las arcillas de silicáto varía de 8 a 150 meq/100 gr de suelo a 25^oC, mientras que la -- C.I.C. del humus bien desarrollado, se encuentra entre valores de 150 - 300 meq/100 gr de suelo a 25^oC, (6).

Blasco (1961), menciona, que en suelos de trópico, la ---- C.I.C., depende de la M.O., puede llegar a significar el 80%/o

de la C.I.C. total del suelo. Por su parte Baver (1930), encontró que la capacidad adsortiva de cationes del suelo se incrementa de 30 a 60°/o más, que en suelos no abonados, (22).

El humus del suelo, como un complejo coloidal, está organizado de la misma forma que la arcilla. La lignina, poliurónidos y otros constituyentes modificados funcionan como un complejo de micelas. En condiciones ordinarias, éstas se encuentran cargadas negativamente. Las micelas húmicas están compuestas en su mayoría de carbono, azufre, fósforo y otros elementos. Las cargas negativas provienen de los grupos carboxilo (R - COOH), hidroxilo (-OH), fanólico (◁○-) e imídicos (R- C(=O)-N-)



a partir de los cuales, al menos una parte del H puede ser reemplazado por el intercambio de un catión.

Las micelas húmicas, como las partículas de arcilla cargan una gran cantidad de cationes adsorbido (Ca , H , Mg , K , Na etc).

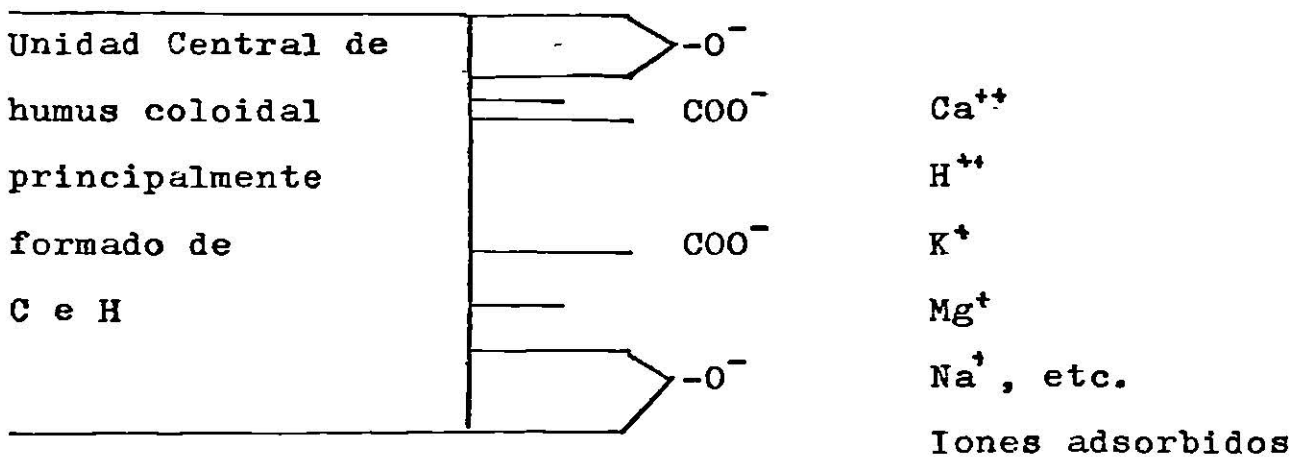
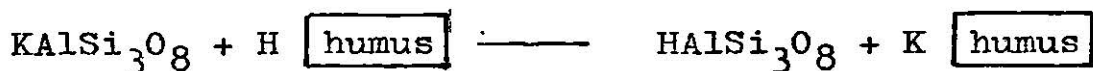


Fig. 2 Esquema de la micela húmica con algunos cationes adsorbidos. Fuente Brandy, N. C., 1974. Naturean Properties of soils.

Al saturarse el coloide húmico con H, se incrementa la disponibilidad de ciertos nutrientes bases, como Ca, K, Mg. Parece como un ácido ordinario y puede reaccionar con los minerales del suelo, en tal forma que estrae sus bases. El humus ácido tiene una capacidad inusual de intervenir como un transferente, puesto que el ácido orgánico es comparativamente fuerte. Una vez que el intercambio se lleva a cabo, las bases así afectadas son sostenidas en una condición adsorbida débilmente y son aprovechables por las plantas superiores como se ve a continuación:



K adsorbido disponible para las plantas.

Guevara (1930), menciona que uno de los beneficios del compost es que proporciona al suelo una mayor capacidad de intercambio catiónico transformando los iones de los coloides del suelo en soluciones fácilmente asimilables por la planta.

Palencia (1968), citado por Mendoza (18), menciona que 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 de gases. Este mismo autor cita Baver (1930), el cual encontró que la capacidad adsortiva de cationes del suelo se incrementó de un 30 a 60 % a consecuencia de la incorporación de M.O., al suelo. Esto indica que la capacidad adsortiva de los suelos superiores es controlada en gran medida por la M.O., presente.

3.6.5.7. Compost aportador de M.O. al suelo

Diversos estudios han demostrado, que el compost resulta un-

excelente aportador de la fertilidad del suelo por su gran contenido de M.O. Elizondo et.al. (1974), menciona que los suelos pobres en M.O., cuando son enmendados con aplicaciones de grandes cantidades de compost, mejoran notablemente su fertilidad. Esto se debe al incremento de M.O., que trae como consecuencia la formación de agregados y liberación de nutrientes.

La influencia de la M.O. en el suelo se puede resumir en -- los puntos siguientes; efecto sobre el color del suelo, formación de agregados del suelo, mayor capacidad de retención de humedad, alta capacidad de absorción de cationes 2 a 3 veces superiores a las de los minerales; abastecimiento y asimilación de nutrientes, fácil reemplazamiento de cationes presentes, nitrógeno, fósforo y azufre mantenido en forma orgánica y extracción de elementos minerales por ácidos (18)

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización

El presente experimento, se llevó a cabo en campo agrícola experimental de la Fac. de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (F.A.U.A.N.L.), ubicada a la altura del km. 17.5 - de la carretera Zuazua - Marín, en el municipio de Marín, N.L., con una elevación de 375 m.s.n.m. y por su situación geográfica corresponde a las coordenadas $25^{\circ}53'$ latitud Norte y $100^{\circ}03'$ longitud Oeste.

4.2. Clima y suelo

El clima que predomina en esta región, según el sistema de Köppen, modificado por Enriqueta García (1973) en el siguiente:

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

Donde:

BS_1 = Clima seco o árido, precipitación anual promedio de 573mm distribuidos principalmente en verano, siendo éste el menos seco de los climas BS.

$(h')h$ = Temperatura promedio anual sobre $22^{\circ}C$ y bajo $18^{\circ}C$ - la temperatura promedio del mes más frío.

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

(e') = Muy extremoso, oscilación anual de temperaturas medias mensuales mayor de $14^{\circ}C$. El tipo de suelo es calcáreo, arcilloso, café muy claro, con un pH de 7.5. Su contenido de M.O. son suelos pobres o moderadamente pobres, ligeramente alcalinos.

4.3. Materiales y aparatos

Semilla de trigo variedad Pavon F-76. Esta variable presenta las siguientes características de interés:

Caracteres	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, consiste en una perilla de apoyo, una varilla de penetración, la cual --- termina en un cono, cuya función es romper la costra, un anillo-indicador, cuya deflexión depende de la dureza de la costra y es registrada en la carátula indicadora (fig. 4)

Aparato medidor del módulo de ruptura. Básicamente este aparato consiste en una plataforma de madera, la cual tiene acoplado un marco del mismo material y una balanza granataria. El marco tiene en el travesaño una tuerca incrustada, en la cual va roscado libremente un tornillo; a su vez el tornillo lleva sodada una navaja cortapluma 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

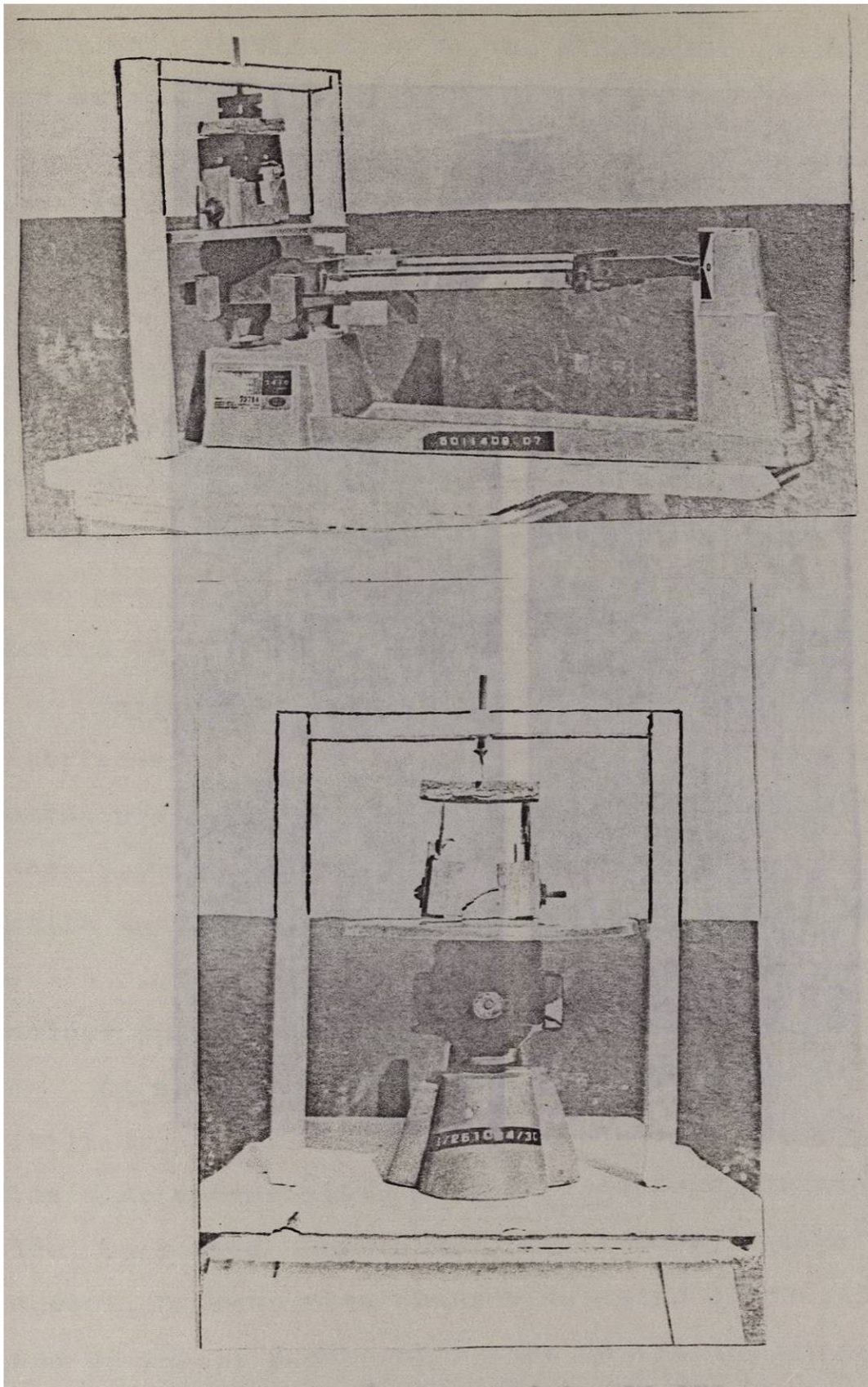


Fig. 3. Vista lateral y anterior del aparato ideado para -
hacer las determinaciones de módulo de ruptura.

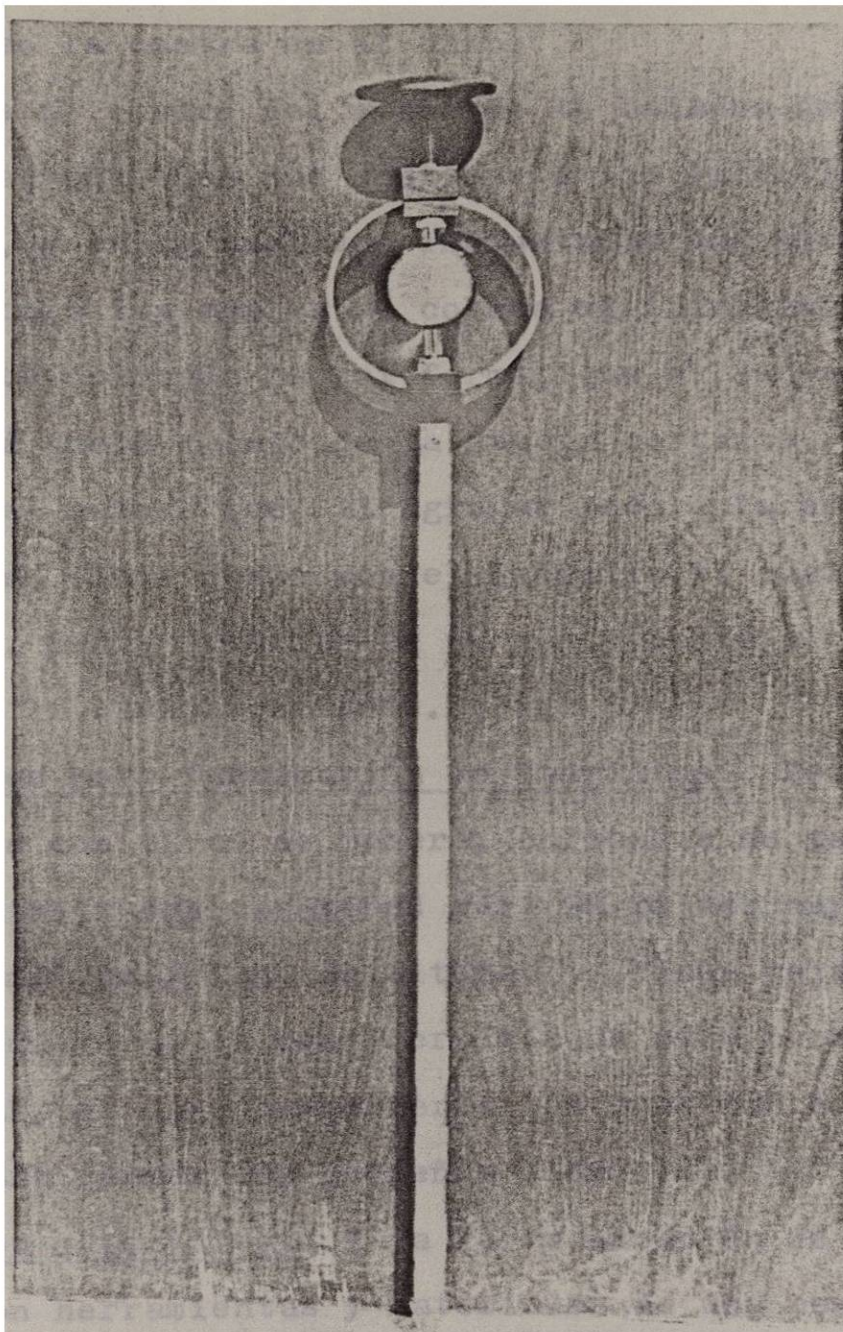


Fig. 4. Penetrómetro modelo CN-970, utilizado para hacer - las determinaciones de la dureza de la costra directamente en el campo.

o izquierda. La función de la navaja es de cortar los pequeños ladrillos, provenientes de las diferentes muestras del suelo y - que simulan la costra en el 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, y 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. 3)

Moldes para fabricación de ladrillos. Estos moldes, fueron fabricados con tiras de madera, colocadas de tal manera que formaran una reja con capacidad para 98 moldes cuyas dimensiones -- son: 3.5cm X 7cm. X 1cm. de altura. A dicha reja se le colocó una malla mosquitera, la cual serviría de piso permeable y a través de la cual, el agua humedecería las muestras colocadas en los -- moldes para formar los pequeños ladrillos.

Otros materiales. Para la realización de este estudio, se utilizaron herramientas y materiales de uso común las cuales son las siguientes; cinta de medir, estacas, tractor, machete, azadón, bordeador, sembradura, trilladora, equipo de laboratorio de suelos, barrena para obtener muestras de densidad aparente, bolsas de papel, pequeños frascos de vidrio, cinta métrica y barrena de caja.

4.4. Descripción del método

4.4.I. Descripción del método usado

El presente estudio corresponde al 4^o ciclo de una serie de experimentos, los cuales tienen la finalidad de evaluar la residualidad como efecto del abónado con compost, en algunas características físico-químicas del suelo.

Tabla I. Resumen de las actividades llevadas a cabo (siembra, cultivo y variedad) durante los 4 ciclos de estudio.

Ciclo	Siembra	Cultivo	Variedad
1 ^o	20/ 7/1983	Frijol	CIANE
2 ^o	20/12/1983	Trigo	Pavon F-76
3 ^o	9/ 8/1984	Frijol	Delicias-7I
4 ^o	21/12/1984	Trigo	Pavon F-76

El lote experimental, fué delimitado desde el inicio del experimento. Dicho lote experimental, consiste de 3 repeticiones con 13 unidades experimentales, en los cuales se aleatorizaron los 13 tratamientos. (fig. 6).

La preparación del terreno, se realizó de la siguiente manera; se eliminó la maleza en forma mecánica, sacandose la maleza del terreno. Posteriormente se dió un paso de rastra, a los 10 días, se realizó otro 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 conservo el estacado, evitandose así posibles errores en el terreno que hicieran se confundieran los tratamientos. Posteriormente 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.

Tabla 2. Labores realizadas durante el presente experimento, donde; D.A. es la densidad aparente; H, humedad del suelo y M.O., materia orgánica.

Fecha	Días transcurridos	Labor realizada
21-12-1984	-	Siembra
23-12-1984	2	1º Riego
10- 2-1985	51	2º Riego
17- 3-1985	86	Altura de planta (llenado)
30- 3-1985	99	3º Riego
7- 4-1985	107	Altura de planta
30- 4-1985	130	Cosecha
7- 5-1985	132	Trilla
30- 5-1985	134	Muestreo de suelo (DA y H ^o)
2- 5-1985	136	Penetrómetro
4- 5-1985	140	Muestro de suelo (M.O.)

Cabe señalar, que no fué necesario la aplicación, de ningun agroquímico, debido a la baja incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo. Por otra parte, se tuvo pocos problemas con malezas, las cuales fueron controladas manualmente. En la tabla-13, se hace referencia de la temperatura y precipitación registradas durante el ciclo del cultivo.

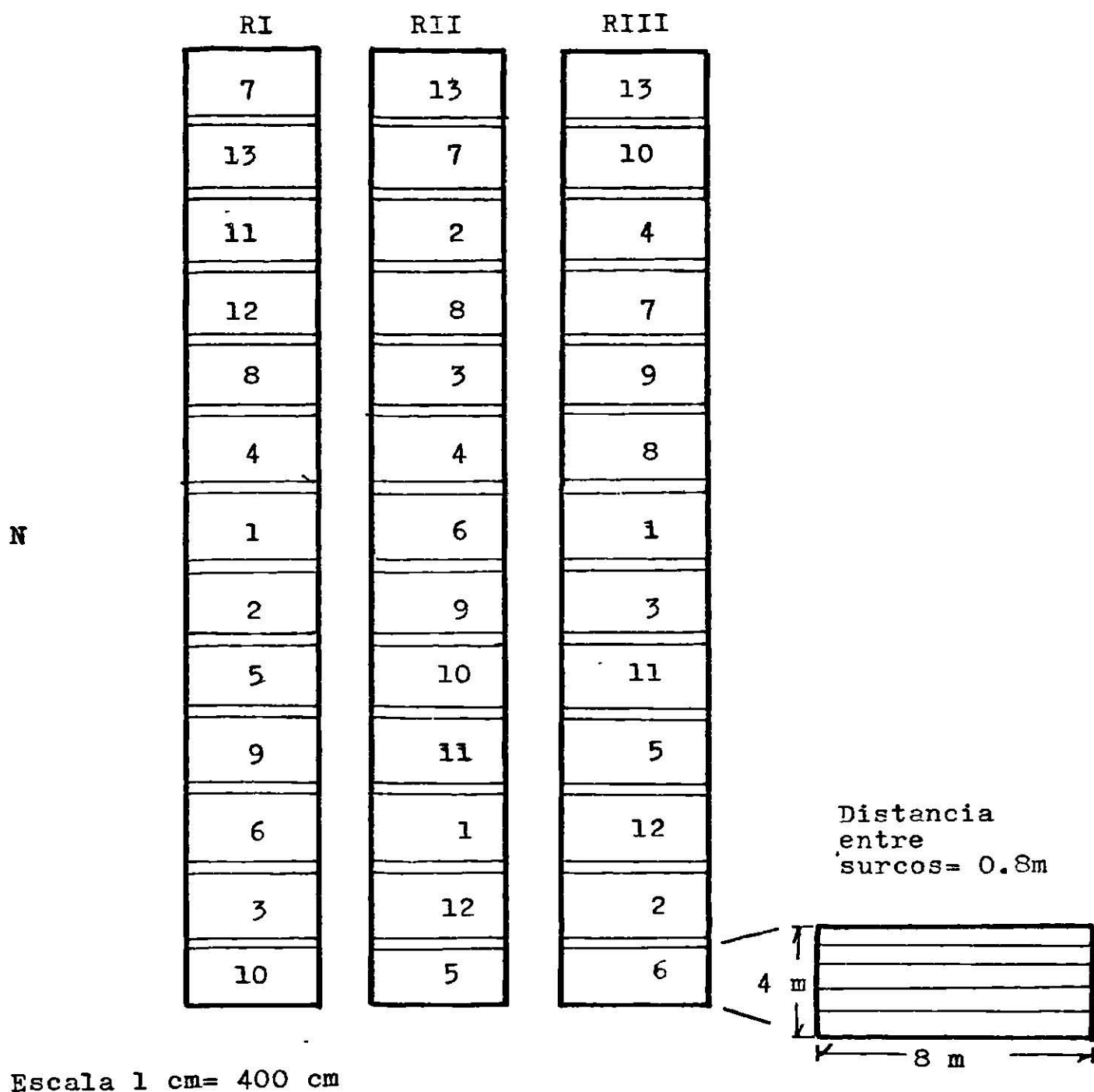


Fig. 6. Croquis de la distribución de parcelas en el campo, con sus tratamientos correspondientes.

4.4.2. Diseño experimental

En el presente experimento, se utilizó un diseño de bloques al azar, el cual constó de tres repeticiones, cada una de las cuales contenía trece unidades experimentales, en donde se aleatorizaron los tratamientos. El arreglo de éstos fué de acuerdo a un cuadrado doble (ver figura 5). Este arreglo forma parte de los llamados factoriales parciales o incompletos, el cual consiste en un factorial 5 X 5, dando por resultado la eliminación sistemática de 12 tratamientos, de tal manera que los trece tratamientos restantes, hacen un recubrimiento uniforme del área de exploración, minimizando el sesgo. Esto también nos permite probar algunas interacciones compost-fertilizante que resulten de interés. Las hipótesis estadísticas planteadas son las siguientes:

H_0 : No existe en realidad efecto residual de la incorporación de compost al suelo para las variables estudiadas.

H_1 : Existe en realidad efecto residual de la incorporación de compost al suelo para las variables estudiadas.

Módulo 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-ésimo tratamiento

B_1 = Efecto lineal del compost

B_0 = Término constante

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-ésimo 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 (ton/ha)	Nitrógeno S.A. (kg/ha)
1	0	0
2	0	50
3	0	100
4	25	25
5	25	75
6	50	0
7	50	50
8	50	100
9	75	25
10	75	75
11	100	0
12	100	50
13	100	100

Tabla 4. Dosis de compost, aplicadas el verano de 1983, en cada
unidad o parcela experimental de 32 m².

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

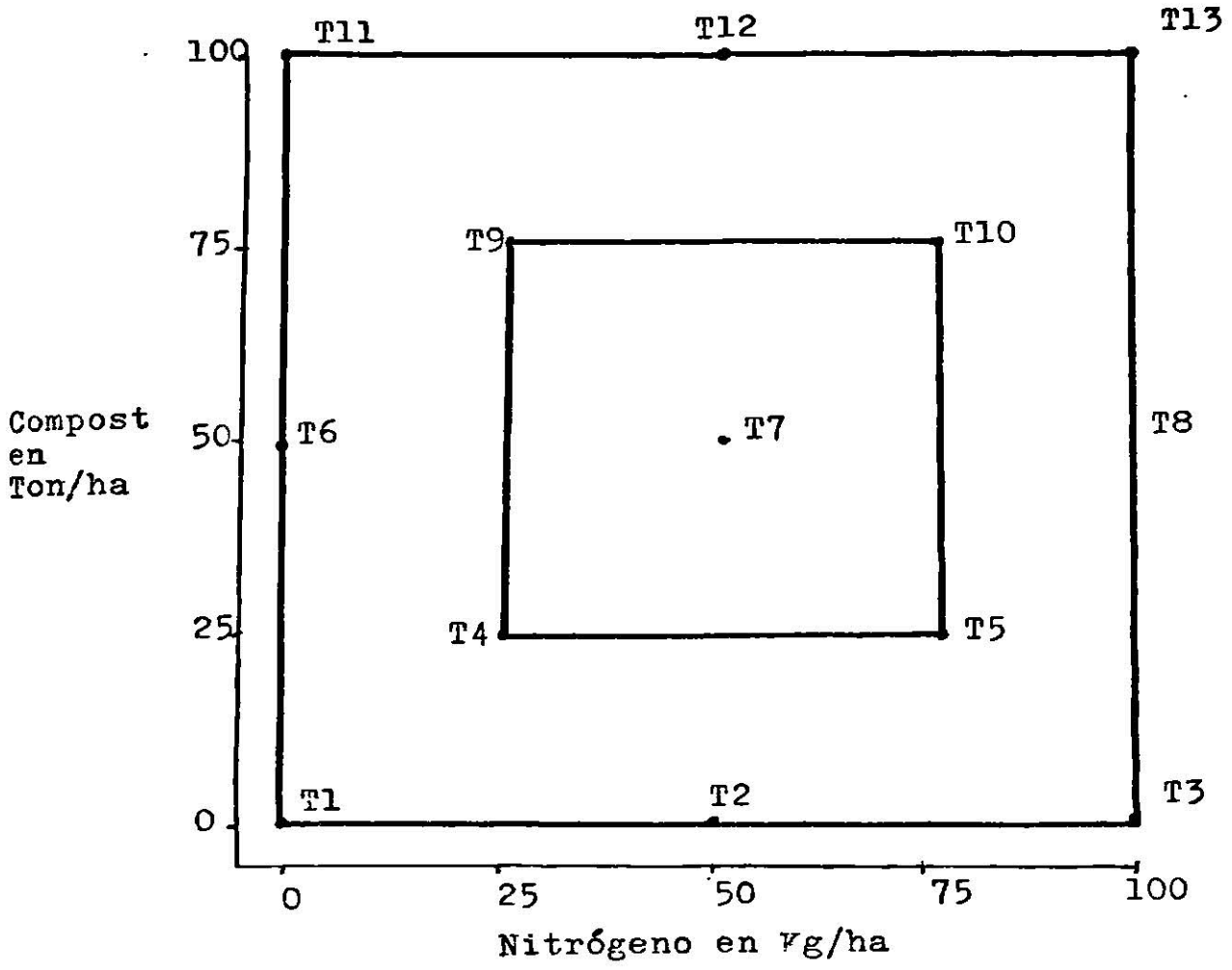


Fig. 5. Distribución de los tratamientos, según el cuadro doble.

4.5. Procedimiento de recolección de datos

4.5.1. Variables consideradas con respecto al suelo

Densidad aparente (DA). Se tomaron muestras de suelo de la parcela útil a dos profundidades, 0-15cm (DA_1) y 15-30cm (DA_2), se colocaron en frascos, se etiquetaron y se metieron en la estufa de secado durante 24 hrs., 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 grs/cm^3

Contenido de materia orgánica (MO). Se obtuvo al final del ciclo de dos muestras obtenidas de la parcela útil, a dos profundidades, 0-15 cm (MO_1) y 15-30 cm (MO_2), suelo y subsuelo respectivamente. Esto se realizó utilizando la barrena de caja. El método de laboratorio utilizado para determinar el contenido de M.O., del suelo y subsuelo, fué el de Wolkley 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 inverso 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 formada directamente en el campo. El valor de la dureza de la costra, se obtuvo del promedio de cinco lecturas, tomadas por cada parcela ---

útil y los datos fueron ajustados (Lb/plg^2), utilizando la gráfica del anillo probador. Para efecto del análisis de varianza -- los datos fueron transformados a Bares, ejemplo:

$$\text{Lectura de la carátula} = \bar{X} = 180$$

$$\text{Valor ajustado en la gráfica} = 53 \text{ Lb/plg}^2$$

$$53 \text{ Lb/plg}^2 (1 \text{ plg}^2 / 6.416 \text{ cm}^2) (1 \text{ gr} / 0.0022 \text{ Lb}) = 3754.81 \text{ gr/cm}^2$$

$$3754.81 \text{ gr/cm}^2 (980 \text{ cm/seg}^2) = 3679721.2 \text{ dinas cm}^2$$

Mediante las lecturas directas de la carátula y las ya transformadas a bares, se determinó la Ec. de regresión para penetrómetro, la cual quedó de la siguiente manera:

$$\bar{y} = B_0 + B_1 X_1$$

$$\bar{y} = -.3077412 + 0.0221684 X_1$$

$$\text{Ejemplo: Lectura de la carátula} = 180$$

$$\bar{y} = -.3077412 + 0.0221684 (180)$$

$$y = 3.682 \text{ Bares}$$

NOTA: 980 cm/seg^2 = es la gravedad

X_1 = Lectura de la carátula

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 - 15cm (MR_1) y 15 - 30cm (MR_2). Estas muestras -- fueron obtenidas de todos los tratamientos de cada bloque experi_{mental}. Dichas muestras fueron tamizadas (malla No 20) y se -- llenaron 5 moldes, obteniéndose 5 ladrillos o repeticiones de ca_{da} parcela experimental. Cada reja (que contenía 98 pequeños -- moldes 3.5cm X 7cm X 1cm) se colocó, sobre una plataforma de lá_{mina}, se procedió al llenado de los 98 pequeños moldes con las -- muestras de suelo correspondiente. Una vez llenados los moldes,

se humedecieron por trasporo, lo cual se logró aplicando agua -- suavemente, la cual pasaría por debajo de los moldes, de tal manera, que las muestras se humedecieron a través de la malla mosquitera que servía de piso al molde. Las muestras humedecidas se trasladaron al cuarto de secado, en donde secaban a una temperatura de 50 - 55°C hasta peso constante. El tiempo que tomaba este último paso era de 48 hrs.

Una vez secas, las muestras se colocaban en el aparato ideado para determinar el módulo de ruptura. La báscula granataria se ajustó a cero (el piso del soporte de madera y el ladrillo -- eran destarado). La navaja se colocaba de tal forma que sólo rozara justo la mitad del ladrillo. En seguida, se añadía peso a la báscula y se registraba el peso necesario para romper cada ladrillo. Se sacaba un promedio de los 5 ladrillos fabricados de la muestra de suelo y los datos fueron sustituidos en la fórmula siguiente:

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

Donde:

F= La fuerza de ruptura en el centro del ladrillo (en gr-
peso)

L= Es la distancia entre los soportes que sostienen al ladrillo (5.08cm)

b= Es el ancho del ladrillo (3.5cm) y,

d= Espesor del mismo (1cm)

Ejemplo:

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

$$\text{Fuerza} = 2000\text{gr}$$

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

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

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

$$S = 4.267 \text{ Bares}$$

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

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

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:

$\text{Sen}^{-1} \sqrt{p}$, donde; Sen^{-1} es el seno inverso y p, es el % de humedad.

4.5.2. Variables con respecto a la planta

Rendimiento de grano por hectárea (RG₁). Esta variable se obtuvo al pesar el grano de todas las plantas cosechadas de la parcela útil (8.6m²), el resultado obtenido se transformó a toneladas por hectárea.

Rendimiento de grano por metro cuadrado (RG₂).

Esta variable se obtuvo al pesar el grano de todas las plantas cosechadas en un metro cuadrado, el cual fué delimitado al centro de cada unidad experimental. Estos valores fueron expresados en gramos.

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 cada una de las unidades experimentales. Para efecto de la realización del análisis de varianza, los datos fueron transformados así: $\sqrt{NE + 1}$. Donde NE, es igual al 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 unidades experimentales), la cual fué expresada en gramos.

Altura de la planta (AP). Se tomaron dos medidas de la altura de la planta, la primera se llevó a cabo el 17 de marzo de 1985 (estado de la planta, llenado de grano AP₁), y la segunda, se realizó el 7 de abril de 1985 (estado masoso AP₂). Ambas se midieron 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 las mismas.

5. RESULTADOS

En la tabla 5, se hace referencia de los resultados, donde se muestra un resumen de los análisis de varianza de las variables estudiadas.

Tabla 5. Resumen de los análisis de varianza de las variables -- estudiadas.

Variable	SCT	SCE	Fcal.	Sig	X Gral.	CV%
g.1	12	24				
RG ₁	4081984.750	7875128.0	1.037	NS	3802.34	15.06
RG ₂	0.087	0.082	1.830	NS	0.38	15.38
NE	72278.758	112262.305	1.341	NS	455.26	15.02
PP	16861.980	406018.180	0.831	NS	547.93	23.73
AP ₁	119.544	145.621	1.642	NS	44.05	5.59
AP ₂	55.274	195.341	0.566	NS	70.27	4.06
MO ₁	2.331	6.697	0.696	NS	2.88	18.34
MO ₂	0.707	1.858	0.760	NS	2.53	10.96
DA ₁	0.142	0.146	1.937	NS	1.20	6.45
DA ₂	0.046	0.117	0.794	NS	1.30	5.43
HS ₁	148.645	1164.997	1.602	NS	10.48	25.01
HS ₂	156.389	321.004	0.974	NS	14.80	24.71
PE	0.809	1.411	1.147	NS	3.87	6.27
MR ₁	4.341	23.892	0.363	NS	2.74	36.35
MR ₂	21.089	16.595	2.542	*	3.26	21.19

SCT= suma de cuadrados de los tratamientos

SCE= suma de los cuadrados del error

Fcal= es el valor de la F calculada

X gral= media general de cada variable bajo estudio

% CV= coeficiente de variación en porcentaje

g.1= grados de libertad para cada fuente de variación.

NS= no significativa (p_.05)

(*)= Diferencia significativa entre tratamientos

Como se observa en la tabla 5, se detectó únicamente diferencia significativa ($p_{.05}$), para la variable MR_2 (módulo de ruptura del subsuelo), los tratamientos con valores de módulo de ruptura más altos fueron el 2 (4.55 bares) y el 11 (3.95 bares) mientras que los valores más bajos fueron los de los tratamientos 10 (2.12 bares), 7 (2.35 bares) y 6 con igual número de bares; por lo que se procedió a relizar la prueba de medias para ésta variable.

Tabla 6. Prueba de medias Dumcan, para la variable MR_2 , la cual resultó significativa entre tratamientos.

Tratamiento	Media	0.05
2	4.55	
11	3.95	
3	3.83	
12	3.84	
1	3.77	
9	3.64	
8	3.33	
4	3.25	
5	2.98	
13	2.39	
6	2.35	
7	2.35	
10	2.12	

Tabla 7. Rendimiento obtenido en los cuatro ciclos consecutivos los cuales comprenden éste experimento.

T	RENDIMIENTO (Kg/Ha)			
	CICLOS			
	1º frijol	3º frijol	2º trigo	4º trigo
1	675.60	832.63	2613.90	3528.40
2	660.16	905.65	2470.20	3683.30
3	850.56	876.73	2623.70	3277.70
4	905.90	927.42	2975.90	3509.50
5	776.30	1207.98	2443.30	3888.80
6	575.66	1070.83	2492.50	3261.00
7	996.53	1142.01	2706.30	4028.10
8	1447.90	1040.97	2814.60	3742.10
9	567.83	1047.56	2822.90	3740.60
10	427.52	1053.46	2575.60	4042.90
11	752.90	1003.12	2714.20	4319.20
12	922.86	1153.47	2951.47	4218.10
13	946.76	858.33	2900.10	3920.70
\bar{X}	808.19	1009.24	2700.33	3781.56

En la tabla 7, se comparan los rendimientos obtenidos de los diferentes cultivos, pudiendose observar un incremento (promedio), tanto para el cultivo de frijol (1º y 3º ciclo) como en el cultivo de trigo (2º y 4º ciclo).

Tabla 8. Densidad aparente del suelo (0 - 15cm) y subsuelo (15-30cm), antes y después de éste experimento (3º y 4º ciclo). Estos valores estan expresados en gr/cm^3

Trat.	D.A. suelo		D.A. subsuelo	
	3º Ciclo	4º Ciclo	3º Ciclo	4º Ciclo
1.	1.24	1,29	1.39	1.31
2	1.37	1.21	1.36	1.29
3	1.24	1.81	1.41	1,27
4	1.20	1.25	1.37	1.31
5	1.28	1.22	1.33	1.28
6	1.26	1.17	1.28	1.28
7	1.33	1.21	1.39	1.28
8	1.36	1.81	1.33	1.36
9	1.24	1.17	1.39	1.32
10	1.18	1.18	1.32	1.36
11	1.26	1.10	1.39	1.31
12	1.16	1.30	1.33	1.35
13	1.25	1.26	1.26	1.23
\bar{X}	1.25	1.48	1.35	1.29

Al comparar los resultados obtenidos para la variable densidad aparente del suelo y subsuelo del 3º y 4º ciclo (tabla 8), se puede observar que; la media para densidad aparente del suelo (0 - 15cm) aumentó de $1.25 \text{ gr}/\text{cm}^3$ a $1.48 \text{ gr}/\text{cm}^3$. Esto puede atribuirse a que el efecto residual del abonado con compost va disminuyendo, Para densidad aparente del subsuelo (15 - 30cm)-- el valor promedio bajó de 1.35 a $1.29 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

Tabla 9. Resultados obtenidos para la variable módulo de ruptura para suelo (0 - 15cm) y subsuelo (15 - 30cm) antes y después de éste experimento, valores expresados en bares.

	M. Ruptura suelo	M. Ruptura suelo	M. Ruptura subsuelo	M. Ruptura subsuelo
T	3º Ciclo	4º Ciclo	3º Ciclo	4º Ciclo
1	3.470	2.960	2.990	3.773
2	3.486	2.636	2.910	4.553
3	3.103	3.096	3.213	3.840
4	2.353	2.723	3.130	3.250
5	2.550	2.803	3.343	2.983
6	2.736	2.436	2.580	2.350
7	2.023	3.123	2.353	2.350
8	2.813	2.713	3.793	3.333
9	2.403	3.040	2.340	3.653
10	2.880	2.343	4.030	2.086
11	2.686	2.950	4.550	3.946
12	2.390	2.453	3.636	3.543
13	1.960	2.383	4.430	2.720
\bar{X}	2.674	2.743	3.330	3.260

La concentración de datos para módulo de ruptura del suelo (0 - 15cm) y subsuelo (15 - 30cm) correspondientes al 3º y 4º ciclo (tabla 9), muestran que para el caso de módulo de ruptura del suelo aumentó la media de 2.674 a 2.743 bares y para módulo de ruptura del subsuelo disminuyó de 3.330 a 3.260 bares.

Tabla 10. Valores obtenidos mediante el penetrómetro antes y---
después del presente experimento, con los resultados -
expresados en bares

Trat.	PENETROMETRO	
	3º Ciclo	4º Ciclo
1	2.6845	3.8121
2	2.8465	3.9439
3	2.4068	3.8525
4	2.8000	4.0501
5	2.6151	3.6061
6	2.3374	3.9285
7	2.4994	4.1677
8	2.2911	3.8590
9	2.2911	3.8200
10	2.7077	4.0760
11	2.4300	3.8870
12	2.4300	3.8739
13	2.1290	3.6545
\bar{X}	2.4975	3.8824

La tabla 10, muestra los valores de la variable Penetrómetro correspondientes al 3º y 4º ciclo de estudio, en los cuales se puede observar una media más alta en el 4º ciclo, o sea que; aumentó la dureza de la costra, la cual fué medida directamente en el campo por medio de dicho aparato.

Tabla 11. Resumen del contenido de materia orgánica presente en el suelo (0 - 15) y subsuelo (15 - 30), en el 4º ciclo.

T	% M.O. Suelo	Clasificación	% M.O. Subsuelo	Clasificación
1	2.78	MR	2.27	M
2	2.64	MR	2.43	MR
3	2.61	MR	2.29	M
4	3.31	R	2.57	MR
5	3.17	R	2.66	MR
6	2.71	MR	2.45	MR
7	2.48	MR	2.59	MR
8	3.17	R	2.48	MR
9	2.98	MR	2.51	MR
10	2.71	MR	2.59	MR
11	2.77	MR	2.71	MR
12	2.96	MR	2.66	MR
13	3.07	R	2.66	MR
\bar{X}	2.87		2.52	

Donde:

M: Medio

MR: Medianamente rico

R: Rico

Tabla 12. Contenido de M.O., existente en el suelo, de los ciclos anteriores y después de éste experimento.

Trat.	% M.O. 1º Ciclo	% M.O. 2º Ciclo	% M.O. 3º Ciclo	% M.O. 4º Ciclo
1	1.88	2.02	1.90	2.52
2	1.80	1.99	1.50	2.53
3	2.11	1.83	1.60	2.45
4	2.32	2.11	2.12	2.94
5	2.27	2.16	1.70	2.91
6	2.11	2.71	2.27	2.58
7	1.88	2.15	1.94	2.53
8	2.11	2.04	1.82	2.82
9	2.46	2.22	1.48	2.74
10	2.48	2.36	2.29	2.65
11	2.30	2.59	2.05	2.74
12	2.11	2.59	1.94	2.81
13	2.59	2.13	1.96	2.86
\bar{X}	2.18	2.22	1.89	2.69

Clasificación: Segun Aguirre (Manual de Practicas)

Ext. pobre	= 0.00 - 0.60
Pobre	= 0.61 - 1.20
Medianamente pobre	= 1.21 - 1.80
Medio	= 1.81 - 2.41
Medianamente rico	= 2.42 - 3.00
Rico	= 3.01 - 4.20
Ext. rico	= \geq 4.21

En la tabla 12, se hace una comparación del contenido de M.O., registrada en los ciclos anteriores, con el contenido de M.O., del ciclo actual. Cabe mencionar, que en los ciclos pasados, se tomaron muestras de suelo a 0 - 30 y 30 - 60 cm de profundidad, sin embargo, a partir del presente ciclo se optó por cambiar el procedimiento, obteniéndose muestras a profundidades de 0 -15 y 15 - 30 cm, por considerarse, en base a observaciones anteriores, que en los primeros 30 cm del suelo, es donde se encuentran las cantidades de M.O., mas significativas.

Correlación para las variables estudiadas. El análisis de correlación, se llevó a cabo en el presente experimento, en el cual tomaron parte todas las variables bajo estudio, encontrándose lo siguiente:

La variable PE (penetrómetro) resultó altamente significativa ($p \leq .01$) -0.4978, con la variable MO, (materia orgánica del suelo). De igual manera ésta variable PE correlacionó significativamente ($p \leq .05$) -0.3181. con la variable MO₂ (materia orgánica del subsuelo).

Por otra parte la variable MO, resultó significativa ($p \leq .05$) 0.3064, con la variable MO₂.

Las variables restantes, presentan valores menores del 30% o bien; no son de gran importancia, por lo que se optó no reportarlas.

Siguiendo el procedimiento de todas las regresiones posibles se encontró que los efectos lineal y cuadrático del compost y nitrógeno así como la interacción de ambos, resultaron no significativas, por lo que no se pudo explicar la variación debida a la regresión. Por esta razón, se llevaron a cabo regresiones individuales, haciendo variar los niveles de nitrógeno, mante--

niendose fijos los niveles de compost, encontrandose que para los niveles, 25 y 100 kg de nitrógeno/ha, no hubo respuesta -- significativa.

Para los niveles 50 y 75 kg de nitrógeno/ha, se detectó una respuesta cuadrática.

6. DISCUSION

En base a los resultados obtenidos, se puede decir, que se rechaza la hipótesis nula que se había planteado y por lo tanto; si existe efecto residual de la aplicación de compost después de 4 ciclos de haberse incorporado al suelo. Esta afirmación se hace en base a los resultados del análisis de varianza, llevados a cabo en cada una de las variables estudiadas, donde como se muestra en la tabla 5 , se encontró diferencia significativa para la variable MR_2 (módulo de ruptura del subsuelo), o sea; que sí hay diferencia entre los tratamientos para esta variable.

En lo que respecta a las variables restantes, no sufrieron cambios lo suficientemente grandes como para dar resultados significativos. Esto puede atribuirse, a la pérdida de nitrógeno - por la volatilización del amoníaco, lo cual es considerable en - ésta región, debido a la naturaleza álcaldna del suelo y a las - altas temperaturas predominantes en ésta zona, lo cual se acentúa, en estos suelos, los cuales son ricos en carbonatos y poseen una Capacidad de Intercambio Cationico (C.I.C) baja, (22). Por otra parte algunos autores (34), señalan, que se aprecia mejor - el efecto residual de los abonos orgánicos, incorporando dichos - abonos al suelo, en cantidades pequeñas a intervalos cortos; que sí, se incorpora una cantidad elevada en una sola aplicación, como es el caso del presente experimento, en el cual se llevó a cabo una sola aplicación. También, tal vez se tenga un mayor efecto residual por medio del abonado del compost, si aumentamos el rango de exploración de las dosis.

A pesar de que no se encontró un mejoramiento significativo para la mayoría de las variables estudiadas resulta ventajosa la

incorporación de compost al suelo, ya que como se observa en el rendimiento tanto en el cultivo del frijol (1º y 3^{er} Ciclo), como en el cultivo del trigo (2º y 4º Ciclo). Se obtuvo un incremento de 24.87 y 40.03^o/o respectivamente (ver tabla 7), esto podría explicarse a un mejor uso de los elementos nutritivos del suelo.

En cuanto a M.O., se obtuvo un aumento de un 23.05^o/o comparado con el contenido de M.O., encontrado al inicio de esta serie de experimentos, aunque su efecto no fué lo suficientemente grande como para obtener resultados significativos.

La densidad aparente del suelo, comparado con el ciclo anterior (3^{er} Ciclo), se incrementó de 1.25 gr/cm³ a 1.29gr/cm³. La literatura revisada, parece confirmar el hecho de que para disminuir la densidad aparente del suelo, son necesarios dosis muy altas de M.O., por ejemplo Tianks, Mazurek y Chesnin 1974. Citados por Nieto (22), encontraron que la densidad aparente de un suelo migajón arcillo-arenoso que ellos estudiaron, bajó de 1.05 a 0.90 gr/cm³ solo después de tres años de aplicación de estiércol de bovino a razón de 90, 180, 360 ton/ha por año.

En lo que respecta a los resultados obtenidos para penetrómetro, se detectó un aumento de 2.48 a 3.88 bares, esto se explica a que tal vez el efecto residual del compost va disminuyendo, ya que solo se encontró significancia para una sola de las 15 variables estudiadas; por lo que se recomienda en estudios posteriores aumentar las dosis de compost, para tratar de lograr un efecto residual, por un periodo de tiempo más largo.

La prueba Dumcan, para la variable MR₂ (módulo de ruptura del subsuelo, por medio de los resultados obtenidos se observa una disminución significativa ($p \leq .05$) para esta variable en el tratamiento 10 (75 ton/ha de compost - 75kg/ha de nitrógeno con

2.12 bares).

En cuanto a el análisis de regresión, el procedimiento en el cual intervienen todas las regresiones posibles, resultó no-significativa para los efectos lineal, cuadrático y la interacción compost-nitrógeno. 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, pero esto implicaría procedimientos estadísticos muy complejos, por lo que se optó en llevar a cabo regresiones individuales, encontrándose que para los niveles 50 y 75 kg de N/ha, a niveles fijos de compost, una respuesta cuadrática significativa ($p \leq 0.05$), obteniéndose los modelos siguientes:

Nivel 50 kg de N/ha;

$$Y = 4.553333 - 0.08086658 X_I + 0.0007373324 X_I^2$$

Nivel 75 kg de N/ha;

$$Y = 3.794231 - 0.0341594 X_I + 0.00006892569 X_I^2$$

Y = Módulo de ruptura del subsuelo

No obstante que no se encontró efecto residual significativo en la mayoría de las variables estudiadas, basandonos en la amplia literatura que existe, sobre estudios realizados a cerca de los beneficios que en forma general aporta la materia orgánica incorporada al suelo; la aplicación de compost, como fuente de materia orgánica, es una alternativa para mejorar los suelos calcaréo-arcillosos del Edo. de Nuevo León. También es muy importante continuar con estudios similares a éste en esta región, además, incluir dosis más elevadas de compost, que nos permitan comprender mejor el efecto residual del mismo y los beneficios que éste puede tener en la agricultura.

7. CONCLUSIONES

1. El efecto residual de la aplicación de compost al suelo, se reflejó en la variable módulo de ruptura del subsuelo (MR_2), la cual presentó diferencia significativa ($p_{0.05}$) entre los tratamientos.
2. El tratamiento 10 (75 ton. de compost/ha-75 kg. de N/ha),--- disminuyó los valores del módulo de ruptura del subsuelo, el cual presentó una media de 2.12 bares, en contraste con el-- tratamiento 2 (0 ton. de compost/ha-50 kg. de N/ha) con 4.55 bares.
3. Se detectó un incremento en el contenido de M.O. del suelo,-- de un 23 % , comparado con el contenido de M.O., encontrado-- al inicio de esta serie de experimentos, aunque su efecto no fué lo suficientemente grande como para obtener resultados-- significativos.
4. 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-- como para lograr un efecto residual por un período de tiempo-- más largo, o también; esto se puede atribuir, a la pérdida-- de nitrógeno por la volatilización del amoniaco, debido a -- las condiciones de clima y suelo predominantes en ésta regi-- ón.
5. Las variables: densidad aparente del suelo, módulo de ruptu-- ra del suelo, y del penetrómetro, incrementaron sus valores--

Esto puede atribuirse, a que el efecto residual del compost va disminuyendo.

6. Las variables MO_I y MO_2 correlacionaron (-0.4978 y -0.318 -- respectivamente), con la variable PE (penetrómetro). Lo cual muestra, que si aumentamos el contenido de MO , los valores de PE son menores, por lo tanto; la resistencia de la costra es menor.
7. El análisis de regresión múltiple, llevada a cabo con las variables estudiadas en éste trabajo, resultó no significativo por lo que no explicó la variación. Por otra parte, las regresiones individuales mostraron que, a un nivel de 50 y 75-- kg. de Nitrógeno/ha, manteniendo fijos los niveles de com--- post, se obtiene una respuesta cuadrática, siendo los mode-- los los siguientes:

Nivel 50 kg de N/ha;

$$Y = 4.553333 - 0.08086658 X_I + 0.0007373324 X_I^2$$

Nivel 75 kg de N/ha;

$$Y = 3.794231 - 0.0341594 X_I + 0.00006892569 X_I^2$$

Y = Módulo de ruptura del subsuelo.

8. Se recomienda la continuación de estudios similares, para--- entender mejor el efecto residual del compost, como un mejorador de las características físico-químicas del suelo arcillo-calcareo, de las regiones semiáridas del estado de Nuevo León, así como también; aumentar el nivel de las dosis, o en su defecto, aplicar las mismas dosis en intervalos cortos,-- para posteriormente estudiar su efecto residual que resulte de dichas aplicaciones.

A P E N D I C E

Tabla 13. Observaciones climatológicas; temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y precipitación pluvial(pp mm), registradas durante el ciclo del cultivo.

Dias	Dic. '84		Enero '85		Feb. '85		Marzo '85		Abril '85	
	$T^{\circ}\text{C}$	pp(mm)	$T^{\circ}\text{C}$	pp(mm)	$T^{\circ}\text{C}$	pp(mm)	$T^{\circ}\text{C}$	pp(mm)	$T^{\circ}\text{C}$	pp(mm)
1	17.0		16.5	2.0	-0.5	0.2	18.7		19.5	
2	18.5		6.0	4.2	3.0	1.0	21.2		19.5	
3	12.0		5.5	2.0	4.5		25.0		22.0	
4	17.0	3.2	10.0		9.0		21.5		27.0	
5	15.0	0.6	12.5		8.0		14.5		30.0	
6	11.0		11.3		11.0	0.6	10.5		24.0	
7	9.0		14.0		8.0	1.8	22.5	3.3	24.5	24.7
8	12.5		12.0		8.0	1.0	24.7		17.0	23.6
9	17.5		18.0		12.5		24.7		14.0	10.1
10	19.0		17.0		18.5		25.5		17.5	
11	18.0		9.0	1.0	13.0		25.5		21.0	
12	18.0		2.5	9.0	7.3		25.2		23.0	
13	20.5		0	9.5	12.5		27.7	11.6	23.0	
14	26.0		4	9.6	16.5		17.5	2.1	21.0	21.0
15	25.0		5.5	0.6	15.0		13.0	0.6	22.0	
16	17.0		10.0	0.6	16.5		15.7		24.5	
17	25.0		11.5	3.6	18.0		18.5		22.0	0.6
18	23.0		13.5	0.3	20.0		15.5		21.5	
19	25.0		14.5		20.0		19.2		23.0	
20	20.0		5.0		16.0		21.0		25.0	
21	28.5		-2.0		24.0		22.0		26.0	
22	20.0		1.0		24.0		19.2		28.0	
23	28.5		3.8		25.5		21.7		29.0	
24	21.0		12.5		16.5		22.5		24.5	0.2
25	19.0		17.0		13.0		24.0		23.5	1.8
26	12.5	18.6	12.0	12.3	18.5		23.7		27.0	
27	19.5	0.2	15.0	0.1	14.5		28.2		27.5	
28	16.0	0.6	21.0		16.0		28.0		27.5	
29	19.0		17.5				26.0		28.0	
30	17.5	0.4	22.5				22.2		27.5	
31	21.5	14.6	17.5	0.2			21.5			

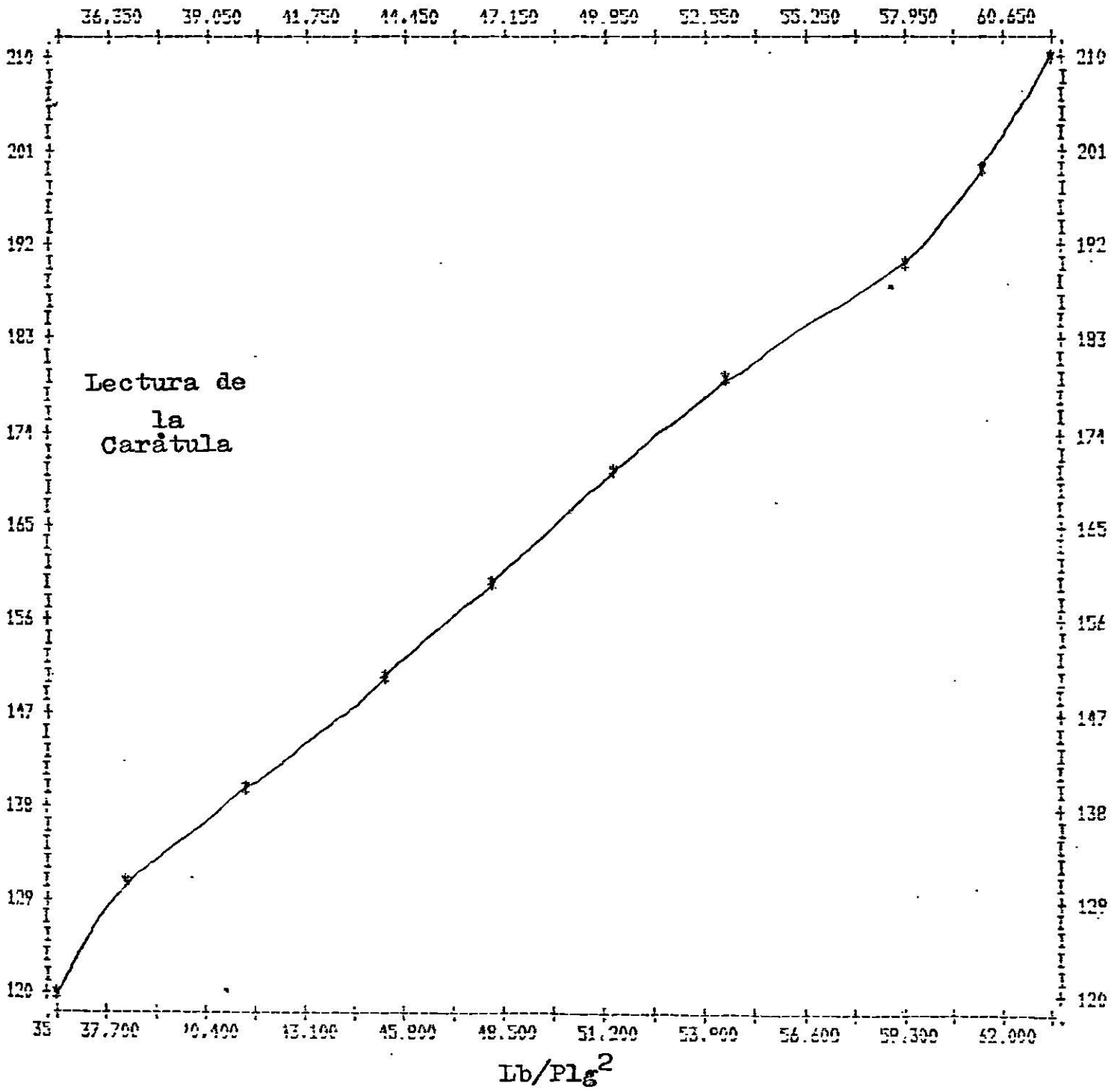


Tabla 15. Gráfica del anillo probador (penetrometro modelo CN-970)

Table 16. Análisis de regresión para la variable módulo de ruptura del subsuelo MR_2 .

Var.	SCR	SCB	Fcal.	Sig.	R^2	R. Multi.
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

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aguirre C., J. E. 1979. Prácticas de campo y laboratorio - para análisis de suelos. F.A.U.A.N.L. p. 42,52.
- 2.- Anónimo. 1982. Estiércol: importante fuente de nutrientes en el suelo. Agrosíntesis. 13 (7) 92.
- 3.- Arreola S., R. 1984. Efecto residual de mezclas de abonos - orgánicos con fertilizantes químicos en el suelo - calcimorfico. Tesis U.A.CH. Méx. p. 8-20.
- 4.- Bastidas, V. y S. Larín. 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.
- 5.- Baver, L. D., W. H. Gardner y W. R. Gardner. 1973. Física de suelos. Trad. del inglés por J. M. Rodriguez y R. U.T.E.H.A. Méx. D.F. p. 91-92.
- 6.- Brandy, N. C. 1974. Nature and properties of soils. Mc Millan publishing Co. Inc. N.Y., U.S.A. p. 140-149.
- 7.- Campos de J. S., M. Anaya G., y M. Martinez M. 1973. Efecto de la captación de lluvia, estiércol y rastrojo so bre la humedad del suelo y producción de la asocia ción maíz-frijol. Agrociencia. 52: 45-50.
- 8.- Cota, E. y S. Larín. 1975. Minerología de compuestos húmi cos por acción microbiologica en la humificación de residuos sólidos. VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. p. 42-43.
- 9.- Earl S., R. 1970. Manual de conservación de suelos. Trad. del inglés por Blachaller V. Centro Regional de - Ayuda Técnica. México, D.F. p. 23,28.

- 10.- Elizondo S., A. C., D. Rubio M., Fromm Z. 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. México 2:212.
- 11.- Figueroa, L. R. y R. García. 1982. El encostramiento superficial de los suelos. Publicación especial No.- 21 Universidad Nacional de Tucuman. Fac. Agronomía y Zootecnia. República Argentina p. 5-30.
- 12.- Fromm Z., R. A. 1974. Efecto de la aplicación de 5 niveles de compost sobre las características físicas del suelo y su influencia sobre las características agronomicas de la soya (Glycinemax) bajo condiciones de invernadero. Tesis. I.T.E.S.M.
- 13.- Gaucher, G. 1971. El suelo Omega. S. A., Barcelona España p. 91-94, 180, 540, 546-548.
- 14.- 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.52.
- 15.- Hardy, F. 1970. Edafología tropical. Herreros Hermanos S.A. Méx., D.F.
- 16.- Ignatieff, V., H. Page. 1969. El uso eficaz de los fertilizantes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2a. Edición Italia. p. 33,34.
- 17.- Maití, R. K. 1984. Establecimiento de cultivos en el trópico semiárido del noreste de México; Una síntesis práctica. F.A.U.A.N.L. pp. 47-50.
- 18.- Mendoza T, N. 1986. Efecto residual del abonado con com -

- post, en algunas propiedades físicas y químicas del suelo, y su influencia en el cultivo del frijol - (Phaseolus vulgaris l.) bajo riego en Marín N.L. - Tesis F.A.U.A.N.L. pp. 86,92,94,100, 106.
- 19.- Milton, P. J. 1965/ Mesoramamiento genético de las cosechas Versión española de Nicolás Sánchez D. Limusa, Méx. D.F.
- 20.- Millar, C. E., L. M. Turk y H. D. Forth. 1980. Fundamen -
tos de la ciencia del suelo. Trad. del inglés por -
Ramón Fernández Gzz. C.E.C.S.A. México, D.F. p. -
230-240.
- 21.- Morales R., D., J. Leal D. y G. Garza F. 1973. Influencia del estiércol de bovino y de la fertilización ni -
trogenada en el rendimiento del trigo cultivado en un suelo calcáreo. III Congreso Nacional de la --
Ciencia del Suelo. Méx. I: 94-100.
- 22.- Nieto G., L. A. 1986. Efecto residual del abonado con es -
tiércol de ganado vacuno, en algunas propiedades -
físicas y químicas del suelo y su influencia en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris l.) bajo -
riego en el Municipio de Marín, N.L. Tesis. F.A.U. A.N.L. p. 14,4 ,51,65,71,74.
- 23.- Nuñez, E. M. y H. Castro Z. 1977. Efecto residual de fer -
tilizantes químicos y gallinaza en maíz de tempo -
ral en el sureste del Valle de México. Avance en -
la enseñanza e investigación. U.A. CH. Méx.
- 24.- Ortiz V.,B. y C. A. Ortiz S. 1980. Edafología. U.A.CH. -
Méx. p. 70-100, 103, 120.
- 25.- Parra S., J. M. 1985. Efecto de la residualidad de la ga-

- llinaza en el cultivo del trigo (Triticum vulgaris)
l.) en suelos de Marín N.L. Tesis. F.A.U.A.N.L. p.
26,27.
- 26.- Pérez S., O. 1973. Liberación del fe asimilable, varia -
ciones en las relaciones nutrimentales y contenido
de clorofila en el maíz H-30, por efecto de inun -
dación y adición de M.O., en dos suelos calcáreos.
Resumen de resúmenes de Tesis de maestría y Doc -
torado presentados en el centro de edafología. -
Colegio de Postgraduados. Chapingo Méx. p. 108,109.
- 27.- Quintanilla, C. D. 1981. Comparación de 5 métodos indirec -
tos para estimar el uso consuntivo del trigo (Tri -
ticum aestivum) en la región de Marín N.L. Tesis
F.A.U.A.N.L.
- 28.- Robles S., R. 1979. Producción de granos y forrajes. Li -
musa. Méx., D.F. p. 183-212.
- 29.- Scade, J. 1981. Cereales. Trad. del inglés por García Na -
varro J.J. Acribian. Zaragoza España. p.11.
- 30.- Selke, W. 1968. Los abonos. Ed. Academia. León, España p.
58-110.
- 31.- Sociedad Mexicana du Fitogenética. 1978. Análisis de los
recursos genéticos disponibles a México. Chapingo,
Méx. p. 94-95.
- 32.- Tamhane, R. V., D. P. Montiramani y V. P. Balí. 1978. Sue -
los; su química y fertilidad en zonas tropicales.
Trad. del inglés por A. Romeo del V., Diana Méx., -
D.F. p. 168-180.
- 33.- Teuscher, H. y R. Adler. 1965. El suelo y su fertilidad.
Cía. Ed. Continental, S.A. p. 320-326.

- 34.- Tisdale, S. L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA. 1ª Edición México pp. 635-637.
- 35.- Treviño O., J. A. 1980. Prueba de diferentes niveles de compost, en el cultivo del trigo de la Hacienda -- "San Isidro", Mpio. de los Ramones, N.L. Tesis F.A U.A.N.L. p. 3-8
- 36.- Villaroel, A., J. M. 1979. Respuesta del 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.

006735

