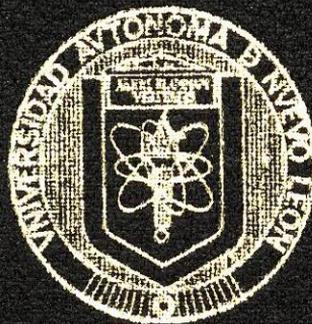


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON UNA INTERAC-
CION DE ESTIERCOLES DE CABRA-VACA-GALLINA,
DESPUES DE DOS AÑOS DE INCORPORADA AL SUELO,
EN ALGUNAS PROPIEDADES 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:

FERNANDO ARTURO SALCEDO QUIROZ

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE, 1966

T
SB191
.W5
S251
c.1



1080063739

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFEECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON UNA INTERAC-
CION DE ESTERCOLES DE CABRA-VACA-GALLINA,
DESPUES DE DOS AÑOS DE INCORPORADA AL SUELO,
EN ALGUNAS PROPIEDADES 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:

FERNANDO ARTURO SALCEDO QUIROZ

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE, 1986

006730

T
SB 191
.W5
S251



Biblioteca Central
Maza Solidaridad

F. Tesis



UAW

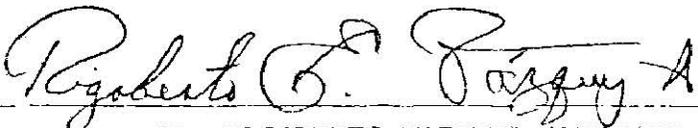
FONDO

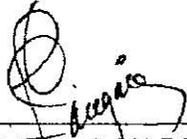
TESIS LICENCIATURA

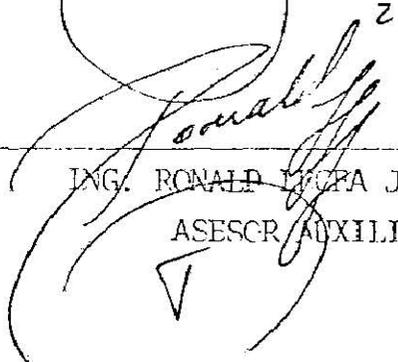
EFFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON UNA INTERACCION DE ESTIERCOLES DE CABRA-VACA-GALLINA, DESPUES DE DOS AÑOS DE INCORPORADA AL SUELO, EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DEL TRIGO (Triticum aestivum L.), BAJO RIEGO EN MARIN, N.L.

TESIS QUE PRESENTA FERNANDO ARTURO SALCEDO QUIROZ, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

COMISION REVISORA


DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO
ASESOR PRINCIPAL


ING. CARLOS S. LONGORIA GARZA
ASESOR AUXILIAR


ING. RONALD LOPEZ JUAREZ
ASESOR AUXILIAR.

DEDICATORIA

A mis Padres:

SR. RAUL SALCEDO SANCHEZ

SRA. MARIA DOLORES QUIROZ DE SALCEDO

A quienes tanto admiro.

Como un pequeño homenaje, por su amor, apoyo y comprensión, gracias a lo cuál, me han dado una formación profesional y el deseo de ser útil a mi País.

A mis Hermanos:

JESUS HECTOR

RAUL ERNESTO

ELIZABETH

JOSE LEON

JORGE ALBERTO

Con quienes he compartido momentos tristes y alegres.

A mis Familiares:

Por el apoyo y estímulo que siempre me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, NUESTRO PADRE CELESTIAL:

Por darme la inspiración
y la paciencia necesarias
para poder culminar mis -
estudios y escalar un pel
daño más en mi vida.

Al Dr. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO, asesor principal, quien con sus consejos y sugerencias, me guió en el desarrollo del presente estudio.

Al Ing. CARLOS S. LONGORIA GARZA y al Ing. RONALD J. LECEA JUAREZ, miembros del Comité Consejero, por su amplia y desinteresada ayuda en el desarrollo del presente estudio.

A mi gran amiga, la Srita. MARIA GUADALUPE MORON FERNANDEZ, por su valiosa y desinteresada colaboración en el mecanografía y revisión ortográfica del presente estudio.

Al compañero ANTONIO DURON ALONSO, por su paciencia y colaboración, en la realización de los análisis estadísticos del presente estudio.

Al Sr. DAMASIO MEDINA TRISTAN, por todas las facilidades brindadas durante el desarrollo del presente estudio.

A la Sra. ROSA ELIA PEREZ RENDON, por su valiosa y desinteresada ayuda.

Al Sr. RAFAEL RODRIGUEZ CRUZ, por todas las atenciones que me dispensó.

A mis Maestros

A mis Compañeros y Amigos

A mi Escuela

I N D I C E

	Página
LISTA DE TABLAS.	vii
LISTA DE FIGURAS.	ix
ABREVIATURAS DEL TEXTO.	x
RESUMEN	xi
SUMMARY	xiii
1. Introducción.	1
2. Revisión de Literatura.	4
2.1. Generalidades sobre el Cultivo del Trigo.	4
2.1.1. Origen e Importancia.	4
2.1.2. Taxonomía.	5
2.1.3. Características Botánicas.	5
2.1.4. Fecundación y hábito de crecimiento.	8
2.2. Propiedades Físicas y Químicas de los suelos encostrados	10
2.2.1. Propiedades Físicas.	10
2.2.1.1. Estructura.	10
2.2.1.2. Textura.	12
2.2.1.3. Color.	13
2.2.1.4. Densidad Aparente.	13
2.2.1.5. Infiltración.	14
2.2.1.6. Permeabilidad.	17
2.2.1.7. Capacidad de Campo.	18
2.2.1.8. Punto de marchitez permanente.	18
2.2.2. Propiedades químicas de los suelos encostrados.	19
2.2.2.1. Conductividad eléctrica.	19
2.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico.	20
2.2.2.3. Reacción del suelo (pH).	21
2.3. Materia orgánica (M.O.).	22
2.3.1. Contenido de materia orgánica en los suelos.	22
2.3.2. Funciones de la materia orgánica.	23
2.3.3. Efectos desfavorables de la M.O.	25
2.3.4. Composición de la materia orgánica.	26
2.3.5. Descomposición de la materia orgánica.	27
2.3.6. Organismos del suelo, su actividad y papel en la pro ductividad.	30
2.3.6.1. Clases de organismos del suelo.	30
2.3.6.2. Cambios en la descomposición de la M.O.	35
2.3.6.3. Ciclo del Carbono	39
2.3.6.4. Ciclo del Nitrógeno.	40
2.3.7. Conservación de la M.O. en regiones áridas y semiáridas	42

2.3.8.	Humus.	44
2.4.	Proceso de encostramiento.	45
2.4.1.	Factores que determinan la formación de costras superficiales	45
2.4.2.	Génesis de la costra superficial	47
2.4.3.	Características mecánicas de la costra: el módulo de ruptura.	50
2.4.4.	Resistencia del suelo a la penetra- ción: el penetrómetro.	54
2.5.	El mantenimiento de la fertilidad del suelo.	56
2.5.1.	Uso de abonos verdes	56
2.5.1. 1.	Abono verde como mejorador de suelos arenosos.	57
2.5.1.2.	Abono verde como mejorador de suelos arcillosos,	58
2.5.2.	Uso de algas marinas,	58
2.5.3.	Empleo de aguas negras,	59
2.5.4.	Empleo de compost.	60
2.5.5.	Empleo de estiércol.	61
2.6.	Estiércol como aportador de M.O. al suelo.	62
2.6.1.	Disponibilidad de estiércol.	62
2.6.2.	Composición del estiércol.	65
2.6.3.	Cuidado y conservación del estiércol.	69
2.6.4.	Efecto de la aplicación de estiércol en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo.	73
2.6.4.1.	Efecto del estiércol en la estructura del suelo.	73
2.6.4.2.	Efecto de la aplicación de estiércol sobre la infiltración y capacidad de retención de agua del suelo.	75
2.6.4.3.	Efecto de la aplicación de estiércol en la densidad aparente del suelo.	77
2.6.4.4.	Efecto de la aplicación de estiércol sobre la capacidad de intercambio catiónico - - del suelo,	79
2.6.4.5.	Efecto de la aplicación de estiércol sobre la disponibilidad de nutrientes en el - - suelo.	82
2.6.5.	Efecto de la aplicación de estiércol en la conservación del suelo.	87
2.6.6.	Efecto residual de los abonos orgánicos (estiércoles).	89
3.	MATERIALES Y METODOS.	94
4.	RESULTADOS	118
5.	DISCUSION	129
6.	CONCLUSIONES.	136
	BIBLIOGRAFIA CITADA	139
	APENDICE	148

LISTA DE TABLAS

Tabla (texto)		Página.
1	Límites de tamaño de divisiones del suelo.	12
2	Composiciones de algas frescas	59
3	Producción anual de estiércol por cada 450 kg. de peso vivo de animal.	63
4	Inventario de abonos orgánicos en México.	64
5	Composición porcentual media de estiér- col fresco (Sólido+líquido) de algu- nos animales de granja.	68
6	Trabajos de evaluación de costra y efec- to residual de la interacción de estiér- coles de cabra-vaca-gallina, llevados a cabo a partir del verano de 1983 a la fe- cha, en el mismo lote experimental.	102
7	Labores llevadas a cabo en el presente - experimento en orden cronológico.	104
8	Dosis de estiércol de cabra,vaca y galli- na, correspondientes a cada tratamiento.	107
9	Dosis de estiércol incorporadas en el ve- rano de 1983 en cada parcela experimen- tal de 32 m ² de superficie, equivalentes a los niveles de estiércol de cada trata- miento.	107
10	Resumen de los análisis de varianza de - las variables estudiadas.	118
11	Resultados de la prueba de comparación - de medias para la variable PP.	119
12	Resumen de la prueba de comparación de - medias de los tratamientos para las va- riables M.O.I.y ALL, por el método de Tu- ckey, a un nivel de significancia del 5%.	120
13	Análisis de varianza para la variable -- M.O.I..	121

Tabla (texto)		Página.
14	Análisis de regresión para la variable PP.	122
15	Análisis de regresión para la variable ALL.	122
16	Modelos reducidos de regresión para las va riables significativas.	123
17	Comparación de resultados de la variable - PP del ciclo anterior y el presente	124
18	Contenido de M.O. del suelo y clasificación de los tratamientos en el presente experi- mento (0-15 y 15-30 cm.).	125
19	Contenido del contenido de M.O. del ciclo- actual y el anterior (0-30 cm. suelo).	126
Tabla (apéndice)		
20	Observaciones climáticas, temperatura en gra dos centígrados y precipitación pluvial en milímetros registrados a partir de diciem- bre de 1984 hasta abril de 1985, durante el ciclo de cultivo.	149
21	Resumen de las variables correlacionadas en el presente experimento.	152

LISTA DE FIGURAS

Figura (texto)	Página.	
1	Esquema de descomposición de los restos orgánicos, con sus productos y subproductos.	37
2	Ciclo del carbono.	40
3	Ciclo del nitrógeno.	42
4	Vistas lateral y anterior del aparato <u>me</u> didor de módulo de ruptura.	97
5	Moldes empleados para la elaboración de ladrillos que simulan las costras del campo.	98
6	Penetrómetro utilizado para determinar la dureza de la costra directamente en el campo.	100
7	Barrenas para densidad aparente y barrenas de caja.	101
8	Croquis del experimento y forma en que fueron distribuidos aleatoriamente los tratamientos en el campo.	109
9	Ladrillo tamaño real para módulo de ruptura.	115
Figura (apéndice)		
10	Gráfica del anillo probador.	150
11	Módulo de ruptura con el bloque <u>fractura</u> do.	151

ABREVIATURAS DEL TEXTO

RGH:	Rendimiento de grano por hectárea.
PMC:	Rendimiento de grano por metro cuadrado.
NE:	Número de espigas por metro cuadrado.
MO ₁ :	Materia Orgánica a 0-15 cms. de profundidad del suelo.
MO ₂ :	Materia Orgánica a 15-30 cm. de profundidad del suelo.
ALL:	Altura de planta al período de llenado de grano.
AM:	Altura de planta al estado de grano masoso.
PP:	Peso de paja por metro cuadrado.
DA ₁ :	Densidad aparente a 0-15 cm. de profundidad del suelo.
DA ₂ :	Densidad aparente a 15-30 cm. de profundidad del suelo.
HS ₁ :	Humedad del suelo a 0-15 cm. de profundidad.
HS ₂ :	Humedad del suelo a 15-30 cm. de profundidad.
MR ₁ :	Módulo de ruptura a 0-15 cm. de profundidad del suelo.
MR ₂ :	Módulo de ruptura a 15-30 cm. de profundidad del suelo.
LP:	Lectura del penetrómetro.
C:	Estiércol de cabra.
V:	Estiércol de vaca.
G:	Estiércol de gallina.

RESUMEN

Tesista: Fernando Arturo Salcedo Quiroz.

Carrera: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

Título de la Tesis: Efecto Residual del Abonado con una Interacción de Estiércoles de Cabra-Vaca- Gallina, después de Dos Años de Incorporada al Suelo, en Algunas Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y su Influencia en el Cultivo del Trigo (Triticum aestivum L.), Bajo Riego en Marín, N.L..

Asesorado por: Doctor Rigoberto Vázquez Alvarado.

El presente estudio se llevó a cabo en un suelo arcilloso, calcáreo - sedimentario, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U. A.N.L. ubicado en Marín, N.L.. Los objetivos del estudio fueron: a) Determinar si existe efecto residual de la aplicación de la interacción de estiércoles de cabra-vaca-gallina, realizada en el verano de 1983, observando el comportamiento y evolución de las propiedades físicas y químicas del suelo. b). Observar y registrar, si los hay, el efecto que producirán éstos cambios en el cultivo del trigo; c). Determinar las dosis aplicadas que han producido un mayor efecto residual en el suelo y que se reflejaron en una mayor producción del cultivo.

La siembra del trigo se realizó el 21 de Diciembre de 1984 y la cosecha el 30 de abril de 1985. Las variables estudiadas fueron: rendimiento de grano por hectárea, rendimiento de grano por metro cuadrado, número de espigas por metro cuadrado, peso de paja por metro cuadrado, altura de plan

ta al período de llenado del grano, altura de planta al estado de grano ma soso, contenido de M.O. a 0-15 y 15-30 cms. de profundidad del suelo, densidad aparente (0-15 y 1530 cms. de profundidad de suelo) % de humedad de suelo (0-15 y 15-30 cms. de profundidad), módulo de ruptura a las mismas profundidades del suelo, y lectura del penetrómetro. Los análisis de va rianza mostraron significancia para las variables: peso de paja/m² - - - ($p \leq 0.05$), altura de planta al período de llenado de grano ($p \leq 0.05$) y M.O. de suelo a profundidad de 0-15 cms. ($p \leq 0.01$).

Los análisis de regresión mostraron ser altamente significativos para éstas variables, sin embargo, la ecuación cuadrática propuesta no expli có satisfactoriamente la variación debida a la regresión, ya que las R^2 en ningún caso superaron el valor de 0.55, ésto debido a que en los experimen tos de residualidad se tiene gran impacto en los primeros ciclos, siendo su efecto menos espectacular en los ciclos subsiguientes, por lo que los modelos van perdiendo su eficiencia.

Sin embargo, en base a los resultados obtenidos, se llegó a concluir que existió efecto residual de la aplicación de la interacción de estiérco les cabra-vaca-gallina y que los mejores tratamientos (los que mostraron los efectos más notables) fueron en general, los tratamientos 8, 11 y 13, cuyas dosis son 50,75 y 100 ton/ha. de estiércol.

En base a esto, se recomienda ampliamente el uso de interacciones de estiércoles cabra-vaca-gallina, como mejoradores de las características de los suelos calcáreos arcillosos del estado de Nuevo León y de otras regiones con características similares en cuanto a clima y suelo.

S U M M A R Y

Tesista: Fernando Arturo Salcedo Quiroz

Carrera: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Título de la Tesis: Long-term effects of the manure with an interaction of sheep-cow-chicken manures after two years of being incorporated to the ground, in some physical and chemical properties of the soil and its influence on irrigated wheat --- (Triticum aestivum L.), in Marín, N.L.

Asesor Ph.D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

The presente experiment was carried out in a clay loam soil, calcareous sedimentary, in the Experimental Station of Agronomy Faculty of the UANL in Marín, N.L. The objectives of this work were: a) To observe if there exists residual effects in the application of the interaction of manure between sheep-cow-chicken, carried out on the summer of 1983, observing the reactions of some physical and chemical characteristics of the soil. b) To observe and register, the effect that will produce these changes in the irrigated wheat and c) And to determine the dose applied that have produced a greater residual effect on the soil and that were reflected in a greater production of the cultivar.

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: yield of grain per hectarea, yield of grain per square meter, number of spikes per square meter, weight of straw per square meter, height of plant at full of grain, mass stages, content of organic matter at 1-15 and 15-30 cms from the soil surface, bulk density, % of soil humidity, modulus of rupture at the same deepness of the soil and lecture of the penetrometer. The analysis of variance showed significance for the following variables: weight of straw/m² ($p \leq 0.05$), height of plant at full of grain ($p \leq 0.05$) and organic matter of the soil in the depth of 0.15 cms ($p \leq 0.01$).

Regression analysis have demonstrated highly there significance for these variables, but the proposed quadratic equation didn't

explain satisfactorily the variation of the regression, therefore - the R^2 in none of the cases supported the value of 0.55, this is - because in the residuality experiments there is a great impact in the first cycles, having an effect of lease spectacular in the following cycles, therefore the models have been reducing there efficiency.

But basing on the results obtained, there has been made a conclusion that a residual effect existed in the application of the - manure interaction sheep-cow-chicken and that the best treatments were in general, the treatments 8, 11 and 13 having a dose of 50, 75 and 100 ton/ha of manure.

In base to this, it can be recommended the use of interactions of sheep-cow-chicken, manures to improve the characteristics of the - calcareous clay loam soil of the State of Nuevo Leon and of other regions with similar characteristics concerning to the weather -- and soil.

I N T R O D U C C I O N

En México, la población ha venido creciendo a un ritmo acelerado, sobre todo en los últimos cincuenta años, en los que la tasa de natalidad se ha caracterizado por ir en ascenso continuo. Ello quiere decir que la producción agrícola para ser satisfactoria debe ir paralela a este constante crecimiento poblacional, lo cual, cada vez se vé más difícil poder lograr. Sin embargo, el hombre debe dar sóluciones para asegurar una ración suficiente de alimentos, incluso, manteniendo las insuficiencias actuales. Estas soluciones consisten en la generalización de las técnicas agrícolas modernas, que permiten incrementar las producciones unitarias, ya que las superficie cultivadas solo pueden incrementarse en proporciones muy limitadas.

Actualmente en nuestro país, el uso de los abonos minerales está muy difundido, por ser un factor muy importante en la producción de cosechas, sin embargo, también es muy cierto que el abuso de éstos a largo plazo, es causa de daños al suelo, por lo que es necesario buscar otra opción; los abonos orgánicos, ya que éstos contienen lo que les falta a los abonos minerales; la materia orgánica (M.O.), la cuál consiste en los restos y - - deshechos de los animales y plantas que son descompuestos por los microorganismos del suelo. Los beneficios que la M.O. arroja sobre las propiedades físicas y químicas del suelo son en verdad, muy notables: Mejora la estructura, reduce la densidad aparente, aumenta la captación y retención de humedad, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, regula el pH, favorece la disponibilidad de nutrientes, incrementa la actividad microbia

na etc.. Es por ésta y por muchas otras razones que en los suelos debe de haber niveles satisfactorios de M.O., por lo que es necesario mantenerla o incrementarla en donde sea necesario. Existen diversas fuentes de M.O. -- las cuales pueden ser muy útiles para estos propósitos, como son: las aguas negras, abonos verdes, residuos de cosecha, compost, o bien el uso de estiércoles de diferentes especies de ganado. El estiércol es sin duda, el abono orgánico de mayor importancia, dado el aumento del ganado de engorda y lechero en estabulación, así como las explotaciones avícolas. En N. L. existen explotaciones ganaderas y avícolas cuyas producciones de estiércol serían de gran ayuda como mejoradores del suelo (32).

En el Estado de Nuevo León predominan los suelos arcillosos, calcáreos, pobres en M.O. y con baja disponibilidad de nutrientes. Además, estos suelos de regiones áridas, y semiáridas se presenta el fenómeno de formación de costras densas, por la acción impactante y aflojante de las gotas de lluvia seguidos por días soleados. Tal encostramiento afecta directamente el crecimiento de la planta e indirectamente los procesos del suelo (disminuye la penetración del agua, aumenta la escorrentía, inhibe la actividad microbiana, etc.), por lo que el uso de estiércoles como mejoradores de suelos calcáreo- arcillosos, se vuelve imperativo (23).

A pesar de todos los beneficios que trae consigo el uso de estiércoles, la información es escasa en la región, motivo por el cuál se realizó el presente estudio, cuyos objetivos son:

- 1.- Determinar si existe efecto residual de la aplicación de la interacción

de estiércoles cabra-vaca-gallina, realizada en el verano de 1983, observando el comportamiento y evolución de las propiedades físicas y químicas del suelo.

2.- Observar y registrar, si lo hay, la magnitud y dirección del cambio de las propiedades físicas y químicas del suelo estudiadas, así como el efecto que se produce en el cultivo del trigo.

3.-Determinar las dosis aplicadas que han producido un mayor efecto residual en el suelo y que se reflejarán en una mayor producción del cultivo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades Sobre el Cultivo del Trigo.

2.1.1. Origen e Importancia.

El Trigo (Triticum aestivum) es originario del antiguo continente, - muy posiblemente de la región comprendida entre Palestina, La India y el -- Turquestán; se sabe que fué cultivado en China 3,000 años antes de nuestra- era (40).

El Trigo fué introducido a los Estados Unidos de Norteamérica por los- primeros colonizadores a lo largo de las costas orientales. En México se - introdujo el cultivo del trigo por los españoles a principios de la década- de 1,520, poco después de su llegada. El cultivo del trigo, se encuentra - ampliamente extendido en muchas partes del mundo, quizá por ser una especie que tiene amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países de tal manera que en la actualidad, ocupa el 1 er lugar entre los cuatro ce- reales de mayor producción mundial, (trigo, arroz, maíz y cebada).

Los países con mayores producciones de trigo son la Unión Soviética,- China, Estados Unidos, Canadá, India, Francia, Italia, Australia y Argenti- na; los países que más exportan son: Estados Unidos, Canadá, Australia, U-- nión Soviética y Argentina.

Hughes y Henson, según Robles (38), estiman que entre la Unión Soviética y- China producen 43;875,000 toneladas, lo que corresponde a una quinta parte-

de la Producción Mundial de trigo (38).

La importancia del trigo en México, y de acuerdo con el área y producción, ocupa el cuarto lugar con 857,000 Has. y 2;400,000 tons. de semilla. 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 (38,45).

2.1.2. Taxonomía del Trigo.

Clase= Monocotyledoneas.

Tribu= ordeas.

Orden= Glumifloras.

Subtribu= triticeae (Hordeae)

Familia= Gramináceas.

Género= Triticum.

Subfamilia= Festucoideas.

Especie= aestivum.

Fuente: Gadea (18)

2.1.3. Características Botánicas del Trigo.

Raíz: Al germinar la semilla del trigo, emite la plúmula y produce las raíces temporales. Las raíces permanentes nacen después de que emerge la plántula en el suelo, estas 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 del agua y nutrientes del suelo hasta su maduración (38,45).

Tallo: El tallo crece de acuerdo con las variedades normalmente de 60 a 120 cms. o más, para facilitar la recolección mecánica. Sin embargo, en -

la actualidad existen trigos enanos que tienen una altura de 25 a 30 cms.- y trigos muy altos de 120 a 180 centímetros, que dan una relación paja-grano muy alta y viceversa para los trigos enanos. Desde el punto de vista comercial, los trigos semi-enanos de 50 a 70 cms. son los más convenientes.

En estado de plántula, los nudos están muy juntos y cercanos a la superficie del suelo; a medida que la planta va creciendo, éstos se alargan- además emiten brotes que dan lugar a otros tallos que son los que constituyen los macollos, variables en número, de acuerdo con el clima, variedad y suelo, que también producen espiga; en esto radica el menor o mayor rendimiento de algunas variedades. (38,45).

Hoja: En cada nudo nace una hoja, ésta se compone de vaina y limbo o lámina. Entre éstas dos partes, existe una parte que recibe el nombre de cuello, de cuyas partes laterales salen unas prolongaciones llamadas aurículas, y entre la separación del limbo y tallo o caña, existe una parte membranosa que recibe el nombre de ligula. La hoja tiene una longitud que varía de 15 a 25 cms., y de 0.5 a 1 cm. de ancho. El número de hojas varía de 4 a 6 y en cada nudo nace una hoja, excepto los nudos que están debajo del suelo, que en lugar de hojas producen brotes o macollos (38,45).

Espiga: Está formada por espiguillas (manitas) dispuestas alternadamente en un eje central denominado raquis. Las espiguillas contienen de 2 a 5 flores que posteriormente formarán el grano que queda inserto entre la lemma (envoltura exterior del grano que en algunas variedades tiene una prolongación que constituye la barba o arista), y la palea o envoltura interior del grano. La primera y segunda flor están cubiertas exteriormente -

por las glumas. En algunas variedades de trigo, la lema queda casi totalmente cubierta exteriormente por las glumas, mientras que en otras la gluma solo cubre aproximadamente dos terceras partes de la lema.

No todas las flores que contiene la espiguilla son fértiles, de aquí que el número de granos por espiguilla varia desde dos hasta cuatro. El número de espiguillas varía de 8 a 12 según sean las variedades y la separación entre ellas, variable también, lo que da la longitud total de la espiga. La flor del trigo se compone de un estigma y alrededor nacen las anteras que tienen un filamento que se alarga conforme va desarrollándose el estigma hasta que adquiere un aspecto plumoso, que es precisamente cuando se encuentra receptivo. Cuando llega a éste estado, las anteras están próximas a reventarse, soltando el polen sobre el estigma. La polinización se efectúa en su mayor parte, estando las anteras dentro de la palea y la lema (38,45).

Fruto: El fruto empieza a desarrollarse después de la polinización, alcanzando su tamaño normal entre 30 a 45 días. El fruto es un grano o cariópside de forma ovoide, con una ranura o pliegue en la parte ventral, en un extremo lleva el germen y en el otro una pubescencia que generalmente se le llama brocha. El grano está protegido por el pericarpio de color rojo o blanco, según las variedades. El resto, que es en su mayor parte del grano está formado por el endospermo, éste a su vez puede ser de color blanco almidonoso y córneo o cristalino. Los granos del tipo almidonoso se usan para la extracción de harina para pan y los de tipo cristalino se usan para la fabricación de pastas y macarrones (38).

2.1.4. 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 primero y más tarde las de los hijuelos en el orden que se formaron. La formación se inicia en el extremo superior de la espiga y continua en ambas direcciones. La floración continúa durante el día, requiriéndose de 2 a 3 días para la completa floración de una espiga. Las glumas suelen abrirse durante el proceso de floración, las anteras asoman entre las glumas y parte del polen esparcido fuera de las flores mismas. La penetración de polen extraño mientras la flor está abierta, puede determinar que haya una pequeña proporción de polinización cruzada. Normalmente la polinización cruzada es menor del uno por ciento. Si las condiciones son desfavorables para la abertura de las glumas, las anteras pueden derramar su polen sin asomar exteriormente (35).

Por lo que se refiere a su hábito de crecimiento, el C.I.M.M.Y.T. reporta que los trigos pueden ser de tipo primavera o tipo invernal. Los trigos invernales requieren de un período de vernalización en estado de plántula de 12 a 15 semanas a temperaturas mínimas de 2 a 3° C para poder llegar a espigar los trigos de hábito de primavera no requieren de un período intenso de vernalización para inducir a su floración (9).

2.1.5. Condiciones Ecológicas y Edáficas del Cultivo del Trigo.

El Trigo es un zacate anual que se cultiva desde el nivel del mar hasta altitudes por arriba de las 3,000 m., sin embargo se adapta mejor a las

zonas templadas con ambientes áridos o semiáridos, situadas desde unos 15° a 60° de latitud Norte y de 27 a 40° de latitud sur, pero ésto no quiere decir que no se pueda cultivar en otras regiones; esto es debido a la obtención de nuevas variedades que se adaptan a otras regiones o países como Colombia, que está situada en la región ecuatorial y sus regiones trigueras se localizan a una altura de 2,500 a 3,000 M.S.N.M. (9).

En México se siembra trigo en casi todos los Estados de la República y se adapta tanto a tierras pobres en nutrientes, como a tierras ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas.

Las condiciones de temperatura varían considerablemente, pero las temperaturas mejores para una buena producción de trigo, oscilan entre 10 y 25° C bajo las condiciones de temperatura en las regiones trigueras de México.

La influencia del fotoperíodo en el trigo se manifiesta en que a mayor duración del día, se acelera la floración, razón por la cuál se dice que las plantas que se comportan de ésta manera como es el trigo, lino, chícharo, cebada, avena, centeno etc., se les llama " plantas de fotoperíodo largo " (días largos), o plantas de noches cortas. En general la disminución de la longitud del día atrasa la floración de las plantas de invierno, como el trigo (9, 38).

Suelo: La baja fertilidad del suelo es el principal factor limitante en la producción de cultivos en todo el mundo. Las variedades mejoradas de trigo, con alto potencial de rendimiento significan poco, a menos que

se cultiven en suelos fertilizados adecuadamente (38).

Necesidades hídricas del trigo: Es necesario que el terreno tenga humedad suficiente para que las semillas germinen normalmente y mantenga a las - - plantas de trigo hasta por lo menos 30 días de su nacimiento y posteriormente aplicar los riegos de auxilio. La producción bajará notablemente si el cultivo sufre una falta de agua al momento de la floración y formación del grano. Los riegos deben aplicarse antes de que las plantas presenten síntomas de sequía tales como el enrollamiento de las hojas o quemaduras - en las puntas de las mismas (9,38).

2.2. Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos Encostrados.

En este apartado discutiremos las principales propiedades físicas y químicas del suelo, poniendo especial atención al curso que toman éstas en los suelos con problemas de encostramiento.

2.2.1. Propiedades Físicas.

2.2.1.1. Estructura

Las partículas fundamentales de un suelo (arena, limo, y arcilla), se presentan generalmente en grupos, en forma de agregados. La disposición de éstas partículas individuales y sus agregados en patrones definidos determinados se llama estructura. Los agregados naturales se denominan grumos, por su parte la palabra terrón, designa una masa de suelo formada de-

manera artificial. Otros términos que se confunden con frecuencia con grumos, son fragmento y concreción. Fragmentos significa una bolsa rota. La concreción se forma dentro del suelo a causa de la precipitación de sales disueltas en las aguas de filtración.

Hay cuatro formas geométricas principales de estructura del suelo: - de Placa, Prismática, Blocosa y Esferoidal. En los suelos con problemas de encostramiento predominan generalmente las partículas de arcilla sobre las de arena y limo, y se arreglan preferentemente en estructura laminar. Cuando éstos suelos mojados se someten a presión, las placas de arcilla húmeda, actúan como lubricantes y es posible su orientación, produciendo suelos lodosos. Al deshidratarse el suelo, los agregados se estabilizan a causa de la floculación debida a: La concentración mayor de Sales, secado irreversible de los materiales orgánicos mucilaginosos a la precipitación de los carbonatos de calcio (CaCO_3) o a la deshidratación irreversible de hidróxidos de hierro y aluminio. El apelmazamiento de los agregados del suelo, disminuye el tamaño de los macroporos, la permeabilidad y la aireación, haciéndose difícil el laboreo, debido a lo terroso y duro del suelo (32,33,47).

Los pedos en suelos deficientemente agregados se deslíen o desintegran cuando húmedos. El efecto de desintegración resulta de la acción explosiva del aire atrapado, cuando es comprimido por el agua absorbida por los terrones a través de la acción capilar, por hinchamiento diferencial y por la disolución de los agentes cementantes solubles en el agua. Al desleírse los agregados en la superficie, decrece la permeabilidad del suelo y aumenta la escorrentía y el peligro de erosión (22,47).

2.2.1.2. Textura.

La textura del suelo se refiere al porcentaje relativo de arena, limo y arcilla de un suelo. Los suelos de campo natural son siempre mezclas de divisiones del suelo. Las combinaciones posibles de los porcentajes relativos de las divisiones de suelos diversos en un suelo de campo son casi infinitas. Por consiguiente, es necesario establecer límites de variaciones entre las divisiones de suelos para agruparlos en clases de texturas, como arena, limosa, margosa y arcillosa. El tamaño del grano de arena como -- " fina " o " gruesa ", modifica más el nombre textural. Los límites en el margen de cada nombre textural se han establecido sobre la base de diferencias importantes en las propiedades físicas de cada clase textural, como se puede apreciar en la tabla # 1.

Tabla # 1 Límites de tamaño de divisiones del suelo.

NOMBRE DE LA DIVISION	Ø (LIMITES) MM.
Arena muy gruesa	2.00-3.000
Arena gruesa	1.00-0.500
Arena mediana	0.50-0.250
Arena fina	0.25-0.100
Arena muy fina	0.10-0.050
Limo	0.05-0.002
Arcilla	Menos de 0.002

Se ha observado que la textura de las costras es diferente del material en que se originaron. En general hay enriquecimiento de las partículas menores de 100 μ en detrimento de las fracciones más gruesas. Lemus y Lutz citados por Figueroa (16), en un estudio de costras formadas sobre suelos de muy diversa textura, demostraron que ésto ocurría a pesar de las diferencias existentes en las composiciones granulométricas de los mismos. También se señala que el enriquecimiento en limo se presenta invariablemente en todos los casos y es más importante que los de arena muy fina y arcilla. Este cambio de textura puede revertirse en ciertos sectores dentro de una misma área, particularmente, en aquellas en donde se produce escurrimiento, y el agua determina la clasificación y deposición de partículas más gruesas.

2.2.1.3. Color.

Los suelos con problemas de encostramiento son pobres en humus y decoloraciones claras: gris, crudo o amarillento. Los procesos de coloración deben evidentemente ser tomados en consideración, por ser también de diversa naturaleza. El empobrecimiento de un suelo en humus, es uno de los más frecuentes; en las redzinas es bastante típico para permitir una clasificación empírica de los suelos válida en agricultura, pues éste empobrecimiento es correlativo a una disminución de la fertilidad y de una sensibilidad más grande a los factores de erosión. El levigrado es otro proceso extendido de decoloración de los suelos, cuyo mecanismo es fácil de comprender, puesto que involucra la eliminación del humus y el Hierro.

Los procesos de decoloración conducen a menudo el color del suelo, a coloraciones gris claro, crudo o amarillo claro, a las que se llega por una especie de disolución de los elementos cromógenos en los suelos ricos en elementos blancos. Los suelos calcáreos son muestra muy palpable de este fenómeno (21).

2.2.1.4. Densidad Aparente.

La densidad aparente del suelo es el peso por unidad de volumen del mismo, secado en estufa. Comúnmente se expresa en gramos/centímetro cúbico pero puede también expresarse en otras unidades como libra por pié cubico.

Cuando está expresada en gramos/cm^3 , la densidad aparente de los suelos superficiales de textura fina comunmente se encuentra entre los límites 1.0 al 1.3. Los suelos superficiales de textura gruesa están entre los límites de 1.3. a 1.8. El mayor desarrollo de la estructura en los suelos superficiales de textura fina, se considera para su densidad al compararla con suelos más arenosos (16).

La densidad aparente de las costras está sensiblemente aumentada. Esto ocurre como consecuencia de la existencia de un arreglo más cerrado entre partículas por falta de agregación. Dentro de la misma, es posible distinguir una capa muy fina de pocas décimas de mm, en contacto con la atmósfera, con un ordenamiento interparticular aún más cerrado. Dudley citado por Figueroa (16), muestra una serie de microfotografías tomadas de costras desarrolladas sobre suelos franco-limosos, donde se nota la presencia de ésta capa que actúa " sellando " la superficie del suelo y que tiene particular importancia en el movimiento del agua y la resistencia mecánica. según Figueroa (16) en, estudios de láminas delgadas de costras - - - -- formadas en suelos de diversa textura, señalan la presencia de ésta capa superficial cuya densidad es muy superior a la del resto de la costra en cada caso. Estos autores muestran microfotografías tomadas a través de nicolecruzados de costras formadas por aplicación de riego en suelos franco-limosos y franco arcillo limosos de muy baja estabilidad estructural. Puede -- observarse en ellos la orientación de partículas de arcilla y limo en direcciones paralela a la superficie del suelo. Tachett, según Figueroa (16), en un estudio similar sobre la costra formada por la acción de una lluvia artificial en un suelo franco arenoso fino, observa la misma orientación en la parte superficial (31).

2.2.1.5. Infiltración.

La infiltración es la penetración de agua en el suelo. Los factores que controlan la magnitud del movimiento del agua en la infiltración son:

1o.- Porcentaje de Arena, Limo y arcilla del suelo (textura). Arenas gruesas favorecen el incremento de la infiltración.

2o.-Estructura. Suelos con grandes agregados estables al agua tienen proporciones de infiltración más altas.

3o.-Cantidad de M.O. del Suelo. Altas proporciones de materia orgánica -- sin descomponer, propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.

4o.-Profundidad del suelo a un "hardpan", lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.

5o.-Cantidad de agua del suelo. En general, los suelos mojados tienen menor infiltración que los suelos secos.

6o.- Temperatura del suelo. Los suelos calientes tienen mayor infiltración de agua que los suelos fríos (33).

Las relaciones estructurales del suelo en la superficie, tienen efecto importante en la capacidad de infiltración de un suelo cuando la superficie del suelo es muy porosa y de una estructura muy abierta, la tasa inicial de infiltración es más grande que la de un suelo uniforme, y la tasa final de infiltración permanece sin cambios debido a su limitación de la baja conductividad de la zona de transmisión debajo de la superficie del suelo. En -- otras palabras, cuando la superficie del suelo es compactada y cubierta por una costra de baja conductividad, la tasa de infiltración es más baja que -- la de los suelos sin costras. Las costras de la superficie del suelo actúan como una barrera hidráulica o cuello de botella, impidiendo la infiltración. Este aspecto, el cuál empieza a ser más pronunciado en cuanto más gruesa y-

y densa sea la costra, reduce ambas tasas de infiltración inicial y final.

Un suelo de una estructura no estable, tiende a formar este tipo de costras durante la infiltración, especialmente con la acción del aflojamiento, debido al golpeteo de las gotas de lluvia (23).

Como se mencionó anteriormente, diversos investigadores observaron - mediante estudios micromorfológicos de la costra, la presencia de una capa superficial de alta densidad y otra inferior con un arreglo entre partículas más abierto.

M^C Intyre, citado por Figueroa (16), determinó la conductividad Hidráulica de éstas dos capas que conformaban la costra de un suelo Franco arenoso. Este autor comprobó que éste parámetro era 2,000 y 200 veces menos en la capa superior e inferior respectivamente que el suelo subyacente.

Diversos investigadores en un estudio similar realizado en un -- suelo franco-arenoso fino, encontraron que las conductividades hidráulicas eran de 170×10^5 cm/seg. para la costra formada por la acción de una lluvia superficial y $1,100 \times 10^5$ cm/seg para el suelo subyacente. La presencia de la costra superficial significa una disminución en la velocidad de infiltración, debido a su menor conductividad hidráulica. Esto se ve reflejado en los perfiles de humedad durante la infiltración. Se observa -- que la zona de transición situada por debajo de la costra tiene un contenido hídrico menor que cuando la misma está ausente. La disminución en la -- velocidad de infiltración tiene mucha importancia en el balance hídrico --

del suelo, ya que la presencia de la costra reduce la cantidad de agua infiltrada, y por lo tanto su disponibilidad para: los cultivos (16).

2.2.1.6. Permeabilidad.

Es la cualidad del suelo o de sus horizontes, que se relaciona con la transmisión del agua o del aire a todas las partes de su masa.

El agua es movilizada en el suelo como líquido o como va por principalmente a través de los macroporos. Esto significa que entre más grandes y numerosos sean los poros mayor será la permeabilidad (33).

La distribución de poros y tamaños es determinada en gran parte, por el grado de agregación del suelo. Cuanto mayores sean los agregados mayor será la cantidad de poros no capilares. Generalmente la permeabilidad del suelo disminuye con la profundidad a medida que las capas del subsuelo son más compactas; la compactación reduce en especial los macroporos. Hay menos materia orgánica en los estratos del subsuelo; de ahí la falta de buena agregación. La permeabilidad de un suelo está limitada por el horizonte menos permeable de un corte del suelo, tal como las capas resistentes al grado, capas de tierra endurecida, capas de arcilla, naturales u otras capas obstructivas. La permeabilidad aumenta con el grueso de la textura del suelo. Las texturas más finas que el migajón arenoso no están relacionadas directamente con la permeabilidad. En resumen, las condiciones de textura fina, pobre agregación del suelo, bajo contenido de materia orgánica, y en ocasiones la presencia de capas impermeables (caliche, arcilla, material madre, etc.) a poca profundidad de los suelos encostrados, hacen que la

permeabilidad sea de muy lenta a moderada, generalmente (32, 47).

2.2.1.7. Capacidad de Campo.

La capacidad de campo depende de la textura, estructura, proporción de espacios porosos vacíos, contenido de materia orgánica y temperatura, - siendo menor en verano que en invierno, ya que la tensión superficial disminuye con la temperatura.

La tensión de humedad en un suelo que ha alcanzado la capacidad de campo, está comprendida entre $1/10$ y $1/3$ de atmósfera, dependiendo este valor de las características de drenaje del tamaño y del lapso de tiempo. -- transcurrido después del riego que se considera necesario para que el suelo alcance la capacidad de campo (2).

Los suelos de textura fina tienen la máxima capacidad total de retención de agua, pero la máxima agua aprovechable está retenida en suelos de textura media. La investigación ha demostrado que el agua aprovechable en muchos suelos está íntimamente correlacionada con el contenido de limo y arena muy fina. En los suelos con problemas de encostramiento, se tienen altas proporciones de arcilla por lo que no se tiene la máxima retención a aprovechable (31).

2.2.1.8. Punto de Marchitez Permanente.

El punto de marchitamiento de cualquier suelo puede definirse como - aquel porcentaje de humedad en el cuál la fuerza de succión de la planta - es exactamente igual a la presión negativa que el suelo ejerce sobre el agua (2).

Cuando la tensión de humedad del suelo a través de la zona radicular-

es baja o cercana a la capacidad de campo, las raíces absorberán más rápidamente de la parte superior del suelo, donde el oxígeno es más abundante y cerca de la planta debido a la menor resistencia que se encontrará en -- mover el agua a través de las grandes raíces al tallo. A medida que el -- suelo se seca y la tensión de humedad del suelo de las capas superficiales del suelo aumentan, la absorción del agua cambiará a las capas de suelo -- más profundas, donde el suministro de oxígeno es menor, pero el suelo está húmedo y la tensión de humedad es baja. En el caso de plantas anuales jóvenes, deben seguir disponiendo de agua para su crecimiento continuo, la - extensión de las raíces a las capas húmedas más profundas debe hacerse con mayor rapidez de la que se requiere para que las capas superficiales del -- suelo lleguen al punto de marchitamiento. En el caso de suelos encostrados, las capas superficiales del suelo, llegan demasiado rápido al punto - de marchitamiento, por lo que la planta realizará mayores esfuerzos. Cuando las capas superficiales del suelo son rehumedecidas por la lluvia o por el agua de riego, la absorción de agua se hace sin mayores esfuerzos al regresar, a las capas superficiales del suelo, cerca de la base de la planta (31).

2.2.2. Propiedades Químicas de los Suelos con Problemas de Encostramiento.

2.2.2.1. Conductividad Eléctrica.

La conductividad eléctrica se usa comúnmente para indicar la concentración total de componentes ionizados en las soluciones. Las sales en solución tienen propiedades electrolíticas y conducen una corriente eléctri-

ca. La conducción electrolítica, consiste en el movimiento de iones en solución y produce reacciones químicas en los electrodos.

La conductividad Eléctrica es el recíproco de la Resistencia Específica. La Resistencia Específica es la resistencia medida en ohmios al paso de una corriente eléctrica de un conductor metálico o electrólito de un centímetro de largo y con área seccional de un centímetro cuadrado.

La unidad tipo para conductividad mho/cm. es una unidad grande, siendo mas conveniente la de milimho por centímetro. (mmho/cm.) (2).

En las regiones áridas con suelos encostrados, donde hay poca lluvia y temperaturas elevadas, existe siempre una tendencia a la acumulación de sales solubles cerca de la superficie. Durante la temporada lluviosa, estas sales pueden moverse hacia abajo hasta las capas inferiores del suelo, pero después de la estación de lluvias, la evaporación intensa lleva de nuevo las sales a la superficie. En los suelos en donde las sales solubles contienen una cantidad importante de Calcio y de magnesio, el Sodio no influye sobre los coloides. Estos suelos tienen una buena reserva de carbonatos de calcio. En suelos donde hay poca o ninguna reserva de carbonato de calcio, el sodio perjudica el complejo coloidal y tiende a aumentar el Sodio intercambiable (47).

2.2.2.2. Capacidad de Intercambio Catiónico. (C.I.C.)

Se denomina Capacidad de Intercambio Catiónico, a la absorción de un

cación por un núcleo o micela coloidal y la liberación subsecuente de uno o más iones retenidos por el núcleo (2).

En general, en cuanto más arcilla haya en un suelo, tanto más elevada es la C.I.C.. Los suelos arenosos, tienen en promedio, de 0 a 5 m.e. de C.I.C. por 100 g. de suelo. El valor oscila aproximadamente de 5 a 10 meg./100 g. de Suelo en el margo-arenoso fino. En las margas arcillosas, es más o menos de 15 a 20 m.e. mientras, que en los suelos de arcilla excede por lo general de 30 miliequivalentes (2).

Los suelos con problemas de encostramiento en teoría tendrían una C.I.C. alto, por su condición arcillosa. Sin embargo el tipo de arcilla predominante es la montmorillonita expansiva, la cuál reduce significativamente la C.I.C.. Probablemente la explicación de esto sea que los iones se movilizan al interior entre los cristales de arcilla, cuando ésta se encuentra húmeda (expandida); al deshidratarse y venir la contracción de los iones, quedan atrapados e inaprovechables para las plantas. La escazes de materia orgánica, la cuál actúa como regulador de la humedad, contribuye a que la contracción de arcilla sea más abrupta. También ocurre un proceso de intercambio aniónico, aunque en menor escala que el intercambio catiónico. El H_2PO_4 , SO_4^- y el NO_3 , pueden intercambiarse mediante este proceso, que ocurre principalmente en suelos con pH inferiores a 7 - (32, 47).

2.2.2.3. Reacción del Suelo. (pH).

La reacción del suelo, es la característica química de mayor impor-

tancia, que determina muchas propiedades físicas y químicas del suelo. (2)

El pH, es la medida o criterio más generalizado para juzgar si un -- suelo es ácido o alcalino. Se dice que un suelo es ácido cuando su pH es de 4 a 6.5 unidades. Cuando los valores son superiores a 7, se dice que - hay alcalinidad.

El pH depende de la composición del material madre y de las condiciones climáticas y topográficas de la zona. Cuando los restantes factores - ambientales son análogos, las arcillas derivadas de piedra caliza tendrán un pH más alto que los suelos derivados de rocas ígneas.

En los suelos con problemas de encostramiento, como los de la región se tienen valores pH elevados, debido a la pobreza de materia orgánica ya que éstos suelos son ricos en carbonato de calcio (Suelos Calcáreos) . A demás, el acumulamiento de sales en las capas superiores hacen que éstos - valores de pH aumenten, ya que los regímenes de lluvia son malos en la región, por lo que las sales no drenan. El pH en estos suelos origina una - reducción en la solubilidad y disponibilidad para las plantas de Fierro, - Cobre Manganeso y Zinc (13,47).

2.3. Materia Orgánica. (M. O.)

2.3.1. Contenido de Materia Orgánica en los Suelos.

En general, el contenido de materia orgánica en los suelos minerales está por debajo del 20 %, mientras que en los suelos orgánicos (turbas y-

mucks) se tienen valores de M.O por encima del 20 %.

Las áreas que cuentan con precipitación abundante, baja temperatura, pastos nativos o drenaje deficiente, se verán muy favorecidas en cuanto a la acumulación de M.O. En zonas que cuentan con bajas temperaturas, la acumulación es grande debido a que la descomposición es lenta.

La Materia Orgánica es llamada " La Sangre Vital del Suelo", debido al gran impacto que ejerce sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (33).

2.3.2. Funciones de la Materia Orgánica.

1).-Los residuos de origen orgánico que se encuentran en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua, además reduce la escorrentía y la erosión.

2).-La M.O. al descomponerse, produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo.

3).-Al descomponerse, las raíces de las plantas dejan conductos sobre los cuales penetra agua y hay difusión de gases del suelo, fenómeno que favorecerá al cultivo del siguiente ciclo (33,47).

4).-La M.O. fresca, proporciona alimento a los organismos del suelo. Algunos animales excavan en el suelo, permitiendo así a las raíces obtener oxígeno y liberar CO_2 al desarrollarse las plantas (33,47).

- 5).-La M.O. en la superficie del suelo, reduce las pérdidas de Suelo por erosión eólica (33,47).
- 6).-Las cubiertas a base de residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan al suelo más caliente en invierno.
- 7).-Los residuos orgánicos en el suelo reducen las pérdidas de agua por evaporación (33).
- 8).-La M.O. al descomponerse, produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Al ser liberados éstos nutrientes satisfacen las necesidades de las plantas, cuando las condiciones son favorables (33,47).
- 9).-Un suelo con alto contenido de M.O. tendrá mayor capacidad para almacenar agua aprovechable, que el mismo suelo con menor contenido de M.O. (33, 47).
- 10).-La M.O. ejerce un efecto amortiguador en los suelos, atenuando los cambios químicos rápidos que se presentan al fertilizar y/o agregar caliza.
- 11).-La descomposición de la M.O. libera ácidos orgánicos que ayudan a disolver minerales y ponerlos a disposición de las plantas (33).
- 12).-La M.O. descompuesta (humus), constituye un almacén de los cationes intercambiables y aprovechables; K, Ca, y Mg. Temporalmente el humus también retiene el amonio en forma aprovechable e intercambiable.

13).- La M.O. tiene la función especial de hacer que el fósforo se aproveche más fácilmente en suelos ácidos, ya que se liberan durante la descomposición, citratos, oxalatos, tartratos y lactatos, los cuales se combinarán muy fácilmente con el fierro y el aluminio que con el fósforo, dando por resultado la formación de menos fierro soluble y fosfato de aluminio, y por ende habrá mayor disponibilidad fósforo.

14).- Los ácidos orgánicos liberados de la M.O. en descomposición, ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos.

15).- La M.O. sirve como fuente de energía para el desarrollo de los organismos del suelo. Ejemplo, Azotobacter y clostridium que requieren carbohidratos (33,47).

2.3.3. Efectos desfavorables de la Materia Orgánica presente o Aportada.

1).- Bloquea los elementos fertilizantes en particular del nitrógeno, pasándolo a una forma orgánica no inmediatamente asimilable por los vegetales.

2. Produce efectos tóxicos debido a productos formados en el curso de fermentaciones reductoras, o más simplemente a la desaparición del oxígeno de la atmósfera del suelo. (Aquí se pueden incluir el desarrollo de la fauna parásita , la conservación de las esporas o de los micelios de las enfermedades criptogámicas).

3. Una acción desfavorable en la estructura:

- en medio reductor húmedo, cuando hay dispersión de los cementos coloidales, los óxidos de hierro particularmente.

-en medio aireado seco- porque las capas de materiales orgánicos que pueden formarse, se oponen al paso de las raíces y en ciertas condiciones a la circulación del agua no saturante (26).

Podemos afirmar, que hay simultáneamente un efecto favorable en la estabilidad de la estructura y un efecto desfavorable en la planta. Considerando los diversos efectos que hemos enumerado, queda claro que éstos van a estar en función de la cantidad y de la naturaleza de los Materiales Orgánicos y de la manera en que son enterrados (26).

2.3.4. Composición de la Materia Orgánica.

La composición de la M.O. del suelo y especialmente, la composición del humus del suelo, ha constituido uno de los más grandes problemas para los químicos de suelos, esto como consecuencia de la dificultad o mejor dicho, la imposibilidad de aislar la fracción M.O. de la parte mineral del suelo (11, 47).

La M.O. es una sustancia muy compleja, cuyos materiales variarán en proporción dependiendo del tipo de residuo, animal o vegetal, y su estado de descomposición. Dichos materiales se presentan a continuación:

- 1.-Carbohidratos
- 2.-Lignina
- 3.-Tanino
- 4.-Grasas, Aceites y Ceras.
- 5.-Resinas
- 6.-Proteínas
- 7.-Pigmentos
- 8.-Minerales como Calcio, Fósforo, Azufre, Hierro, Magnesio y Potasio.

En gran parte, la lignina y proteínas constituyen el mayor porcentaje de la M.O. en los suelos; este porcentaje varía del 25 al 30 %. Los suelos podsólicos son los más altos en contenido de lignina, mientras que los chernozem presentan porcentajes más bajos de lignina. Sin embargo se ha observado que la etapa fenológica tiene influencia en el porcentaje de lignina y proteínas en la planta, aumentando conforme se acerca la planta a madurez fisiológica el porcentaje de lignina y disminuyendo el % de proteína (47).

2.3.5. Descomposición de la Materia Orgánica.

La descomposición de la M.O. es un proceso que involucra a los organismos del suelo, ya que la M.O. suministra energía y nutrientes para todos ellos.

Durante la descomposición de la M.O. ocurrirán cambios físicos y se llevarán a cabo actividades químicas como la hidrólisis y solución.

Los organismos heterótrofos del suelo necesitan para descomponer a la M.O. el Nitrógeno. Cuando el material orgánico que se descompone tiene una pequeña cantidad de nitrógeno en relación al carbono que se halle presente (paja de trigo, tallos de cereales maduros, etc.), los microorganismos utilizarán algún NH_4^+ o NO_3^- presentes en el terreno ulteriores a la descomposición. Este nitrógeno será necesario para acelerar el desarrollo y crecimiento de la población microbiana que acompañará al material carbonado que se adicione al terreno. Por el contrario, cuando el material aña dido contenga una alta cantidad de nitrógeno en relación al carbono presente (trébol, alfalfa etc.) normalmente se observarán descensos en la cantidad de nitrógeno mineral (33,37).

Se denomina relación carbón: nitrógeno (o simplemente, relación C:N) a la proporción del porcentaje de carbono respecto al nitrógeno. La relación C:N de la M.O estable del suelo (humus) es de 10:1.

Cuando en el suelo existen materiales orgánicos recientes, durante sus etapas iniciales de descomposición hay un rápido aumento en la proliferación de organismos heterótrofos, acompañado por la evolución de grandes cantidades de bióxido de carbono. Si la relación C:N del material recientemente aportado es amplia, se observará una inmovilización neta del nitrógeno. Cuando se produce (la disminución, la relación C:N se hace más pequeña y el suministro de energía carbono) disminuye. Como consecuencia del decrecimiento del alimento disponible, una proporción de la población microbiana morirá, y se alcanza por último, un nuevo equilibrio. El logro de éste equilibrio resultante, se verá acompañado de la liberación de nitrógeno mineral. Como consecuencia, el nivel final de ésta forma de nitrógeno en -

el suelo puede ser mayor que el nivel original. También puede haber un aumento en el nivel de la M.O. estable o humus, dependiendo de la cantidad y tipo de M.O. fresca o añadida originalmente (11,33).

El tiempo requerido para que éste ciclo de descomposición se lleve a cabo completamente dependerá de la cantidad de material orgánico añadido, del suministro de nitrógeno utilizable, de la resistencia del material al ataque microbiano (en función de la cantidad de ligninas, ceras y grasas presente), temperatura y niveles de humedad del suelo.

En un suelo que no ha sido trabajado (no ha sido cultivado), el contenido de humus tenderá a alcanzar un nivel que es determinado por la textura del terreno, la topografía y las condiciones climáticas. Como norma, el nivel de humus es más alto en climas fríos que en climas cálidos. Además, para un nivel dado de temperatura media anual y tipo de vegetación, el contenido en el suelo de materia orgánica estable o humus, aumentará con un ascenso en la precipitación efectiva. En general el contenido de humus es mayor en los suelos de textura fina (arcillosos) que en los de textura gruesa (arenosos) (33,50).

El pH juega un papel muy importante en relación al tipo de microorganismos que intervendrán en la descomposición de la M.O. Por ejemplo, cuando el pH del suelo es mayor de 6.0, los organismos más importantes de la descomposición serán las bacterias y los actinomicetos. Si en cambio, tenemos un pH menor de 6.0, los hongos predominarán en la descomposición.

Los organismos del suelo, requerirán para su desarrollo, al igual -

que las plantas, de condición óptimas de suelo, como lo sería: disponibilidad de nitrógeno, otros nutrientes, M.O. como fuente de energía y oxígeno libre (33,50).

2.3.6. Organismos del Suelo, su Actividad y Papel en la Productividad.

Una innumerable cantidad de formas de vida, entre plantas y animales, se desarrollan en el suelo. Estos varían en forma y tamaño, desde los microscópicos, hasta los macroorganismos como las lombrices. Estos organismos contribuyen a la productividad del suelo, mediante una gran variedad de actividades. Para apreciar mejor la importancia de tales organismos vivientes, es necesario conocer la naturaleza general de la población del --suelo, las funciones específicas de sus diversas formas y la influencia del medio ambiente en sus funciones y actividades (3,33).

2.3.6.1. Clases de Organismos del Suelo.

A continuación presentaremos un resumen de los grupos más importantes de los organismos del suelo.

Bacterias: Son más abundantes que cualquier otro organismo en suelo cultivados. Son plantas unicelulares y los individuos más grandes raras veces exceden 0.005 mm Ø : La mayoría pertenece al rango del tamaño de las partículas coloidales. La cantidad de bacterias en el suelo se ve fuertemente influenciada por los factores que los afectan y porque se multiplican con gran rapidéz (una nueva bacteria puede formarse en menos de 20 minutos)

Se han encontrado de 1,000 a 4,000 millones de bacterias por gramo - de suelo.

Según sus requerimientos de energía, las bacterias se dividen en:

1) Bacterias Heterotróficas: Obtienen su energía y carbono de sustancias orgánicas complejas. Se subdividen en : a) Bacterias fijadoras de nitrógeno, que pueden ser simbióticas o no simbióticas y b) Bacterias que requieren nitrógeno fijado, las cuales forman dos grupos (las formadoras de esporas y las no formadoras de esporas, que a su vez pueden ser aerobias o -- anaerobias).

2) Bacterias Autotróficas: Obtienen su energía de la oxidación de elementos compuestos inorgánicos, su carbono del CO_2 y su nitrógeno y minerales compuestos orgánicos. Se les considera las oxidantes del azufre hierro, así como las que actúan sobre el hidrógeno y sus compuestos. Además se les considera como las formadoras de NO_2 y NO_3 (3, 33).

Hongos: Se clasifican en tres grupos según su morfología:

1).-Levaduras y Hongos parecidos a levaduras; son escasos en los suelos y no son de importancia en el desarrollo y la productividad.

2).-Mohos, que incluyen varios hongos filamentosos; son los más importantes y de gran importancia en la productividad del suelo.

3).- Hongos, propiamente dicho; abundan principalmente en suelos foresta-

les.

Los hongos varían en estructura y tamaño. Carecen de clorofila. Su energía y carbono lo obtienen de sustancia orgánica compleja. Son sobrepasados en número por las bacterias, excepto en suelos ácidos, suelos muy estercolados y en suelos ricos en M.O. son organismos aerobios.

Se han cuantificado en el suelo en 8,000 a más de un millón de hongos por gramo de suelo (33).

Actinomicetos: Morfológicamente, son intermedios entre las bacterias y los hongos. A las bacterias se les parece por ser unicelulares y a los hongos por producir una maraña muy profusa y ramificada. Una gran parte de actinomicetos se reproducen por medio de esporas. El pH óptimo para su desarrollo es de 6.0 a 8.0. En suelos de escasa humedad se desarrollan mejor que las bacterias.

Prefieren los suelos orgánicos no muy ácidos.

-Los Actinomicetos atacan y descomponen la M.O. liberando los nutrientes que contiene. Los actinomicetos tienen una función muy importante desde el punto de vista de la fertilidad, al ayudar en el ciclo del nitrógeno, debido a que aparentemente éstos organismos son capaces de atacar el humus, el que sería muy lentamente descompuesto por las bacterias.

El número de actinomicetos en el suelo varía de 0.1 a 36 millones por gramo de suelo. (3, 7, 33).

Algas: Son plantas microscópicas formadas de clorofila. Se encuentran --

distribuidos en la capa superficial del suelo, debido a que para éstos organismos la luz y humedad son indispensables. El factor ecológico que afecta su distribución es la humedad, ya que en suelos húmedos existen muchas más especies que en suelos secos.

Las algas obtienen el N y minerales del suelo, de la atmósfera obtienen C y CO₂ y la energía del sol. Son microscópicos unicelulares o de estructura filamentosa. En ausencia de luz se comportan como los hongos, ya que utilizan la energía derivada de la descomposición de la M.O.

Además de contribuir a la descomposición de la M.O., las algas ejercen una acción solvente sobre ciertas rocas y minerales, afectando así la formación de suelos. Fomentan la fijación de Nitrógeno en simbiosis con el azotobacter y quizá las verde-azuladas sean capaces de adquirir algún nitrógeno libre.

Bajo condiciones favorables, un suelo puede contener de 100 mil a más algas verde-azuladas por gramo de suelo (7, 33).

Protozoarios: Son las formas más simples de vida. Son animales microscópicos y unicelulares, pero más grandes que las bacterias y con actividades más complejas.

Se agrupan de la siguiente forma:

1) Ciliados; Muy abundantes en los suelos. Se han encontrado de 80 a 1000 ciliados por gramo de suelo.

2) Flagelados: Muy abundantes. Se han encontrado de 500 mil a 1 millón - por gramo de suelo.

3) Amibas: También muy abundantes. De 100 mil a 500 mil amibas/g. de suelo se han encontrado.

Dependen de la M.O como fuente de alimento, aunque sus hábitos nutricionales no son muy conocidos. Algunos grupos pueden ingerir bacterias, afectando el desarrollo de plantas superiores (3, 7, 33).

Nemátodos: Se clasifican de acuerdo a sus requerimientos nutricionales en:

1).- Los que se alimentan de M.O en descomposición; los más abundantes en la mayoría de los suelos.

2).- Los que se alimentan de lombrices nemátodos, parásitos de plantas, bacterias, protozoos y similares.

3).- Los que infestan las raíces de plantas superiores, pasando una parte de su vida embebidos ahí. La mayoría son de tamaño microscópico.

No todas las actividades de los nematodos son perjudiciales para las plantas superiores. Por ejemplo, los nemátodos ayudan al desdoblamiento de materiales orgánicos, ayudan a promover una mezcla íntima de M.O. a mineral del suelo, además mejoran la aireación del suelo, debido a los espacios porosos producidos por su actividad (7, 33).

Lombrices: El grupo de los microorganismos más representativo y más impor

tante es la lombriz de tierra, de la que hay varias especies. Requieren suelos húmedos, abundantes en M.O. y Calcio aprovechable. Estos organismos se tornan en problema cuando se presentan en varias cantidades.

Wolliny, citado por Buckman (7), realizó experimentos que indicaron que las lombrices tenían efecto favorable sobre la productividad del suelo. Estos resultados han sido confirmados mediante estudios posteriores en la M.O. C.I.C. y del fósforo y potasio asimilables, que son incrementados a través de la actividad de la lombriz de tierra. Se ha estimado que entre 200 y 1,000 kg de lombrices por hectárea hay presentes en el suelo (7, 33).

Otros Animales Mayores: Aquí se incluyen roedores, hormigas, caracoles, arácnidos, acaros, milípedos y miriápodos, así como gusanos e insectos. Algunos de ellos pasan toda su vida en el suelo, mientras que otros pasan solo una parte de su vida en él.

Ciertos grupos de ellos, producen cambios químicos en el suelo, ya sea en forma directa por su proceso digestivo, o indirectamente, al influenciar las actividades de los demás organismos del suelo, como bacterias, hongos etc. Otro efecto puede ser también causado al alimentarse de algas, protozoarios, hongos etc. (7, 33).

2.3.6.2. Cambios en la Descomposición de la Materia Orgánica.

Como se mencionó anteriormente, los restos orgánicos desde su llegada al suelo, son descompuestos más o menos rápidamente por la actividad --

biológica. La M.O. es transformada poco a poco dando lugar, por una parte a elementos solubles o gaseosos, tales como NH_3 , NO_3H , CO_2 (mineralización o biodegradación) y por otra parte a complejos coloidales (complejos húmicos; humus, en el sentido estricto) que son relativamente estables y resistentes a la acción microbiana (humificación); éstos complejos húmicos se mineralizan a su vez, pero mucho más progresivamente que la M.O. fresca.

Cuando las condiciones son favorables, la mineralización se realiza en dos etapas; primeramente, habrá producción de NH_3 , proceso al que se conoce como " amonificación ", después, oxidación de éste NH_3 a ácido nítrico y finalmente, a nítrico proceso el cual se conoce como " nitrificación ". En condiciones desfavorables como pueden ser fuerte acidez y anaerobiosis - por ejemplo, solo la amonificación permanecerá activa (12).

Los trabajos de varios microbiológicos eminentes, han demostrado que la amonificación es un proceso que implica una simplificación gradual de -- compuestos más complejos:

Proteínas → Polipéptidos → Aminoácidos → Amoníaco o Sales de Amonio.

Por su parte, la nitrificación es un proceso aerobio, que implica la producción de nitratos a partir de las sales de amonio, proceso que es llevado a cabo por bacterias autotróficas.

A continuación describiremos brevemente la transformación de nitrógeno en el suelo.

Descomposición de la Celulosa.- La lisis de la celulosa o celulosis es -- más rápida en medio bien previsto de nitrógeno y calcio. Los organismos - que intervienen son las bacterias (principalmente los mixobacterias, como cytophaga) y ciertos hongos, principalmente basidiomicetos; el carbono - sufre 2 principales procesos= una parte se pierde en forma de CO_2 y el resto es transformado a carbono celular y en poliurónidos de síntesis.

La celulosis se vuelve muy lenta en medios ácidos inactivos y pobres en nitrógenos. En estas condiciones intervendrán solamente algunos hongos acidifilios. En condiciones de anaerobiosis, la celulosis puede ser bas-- tante rápida aún, debido a que la acción que ejercerán bacterias anaerobias como elostrídium, caduceus, y Plectridium, aunque los resultados no son -- los mismos ya que se forman productos solubles o gaseosos= CO_2 , H, etanol, ácidos orgánicos, pudiendo éstos últimos servir de base para nuevas fermentaciones y transformarse a su vez en gas (metano) (12).

Descomposición de la Lignina.- Es un tipo de degradación poco conocido. - Al parecer los hongos (principalmente aquellos que producen pudredumbre - blanca), son los que intervienen en la degradación de la lignina a lingnolisis.

Cuando la lignolisis se lleva a cabo en medios aireados y activos intervienen principalmente los basidiomicetos como clavaria, clitocybe, lepio

te, Armillaria, etc. que transforman rápidamente a la lignina en ac. húmicos cuyas etapas son desconocidas.

En medios mal aireados la lignolisis se hace muy lenta, mientras -- que los hidratos de carbono desaparecen muy rápidamente. Cuando el medio es ácido, hongos lignivoros acidifilios como trechíspora, ejercen una acción totalmente diferente: La molécula de lignina es fragmentada en " monómeros " solubles con núcleos aromáticos, que en determinados casos pueden ser utilizados en ciertos procesos de polimerización (12, 47).

2.3.6.3. Ciclo del Carbono.

Los tejidos de las plantas superiores contienen carbono en un 40 a 50 por ciento de su peso seco, que es asimilado por fotosíntesis del anhídrido carbónico de la atmósfera. La vegetación consume cerca de 90 billones de Kgs. de anhídrido carbónico por año, cantidad que se aproxima a un veinticincoavo del suministro total de la atmósfera.

Según esto debe existir un ciclo del carbono entre las plantas y la atmósfera. Este ciclo se desvía en parte a través del cuerpo de los animales; inclusive del hombre que dependen en parte de las plantas para su alimentación, y devuelven mucho carbono a la atmósfera durante la respiración.

La población de microorganismos del suelo tiene un papel importante en el ciclo del carbono, ya que es responsable de la transformación en --

simple anhídrido carbónico, de todos los componentes orgánicos, que en gran parte constituyen los residuos vegetales y estiércoles, una vez descompuestos y que se han incorporado al suelo. Fig. # 2.

Cada clase de microorganismos del suelo controla una etapa específica en las reacciones químicas comprendidas en el ciclo del carbono. Así se tienen organismos que dividen la celulosa, organismos amonificadores y nitrificantes, los cuales convierten las proteínas y ácidos nucleicos en simples compuestos nitrogenados y muchos otros que actúan en la descomposición de diversos componentes bioquímicos (25)..

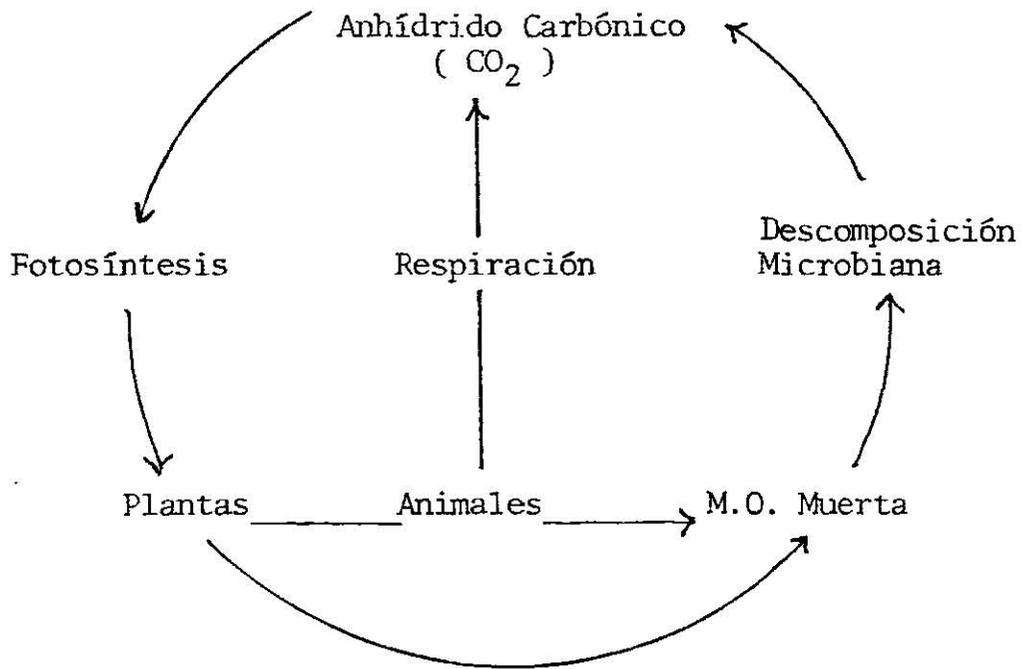


Fig. 2 El Ciclo del Carbono. Hardy (25).

2.3.6.4 Ciclo del Nitrógeno.

El nitrógeno es absorbido de la atmósfera y fijado por determinados

microorganismos, unos de vida independiente y otros asociados con raíces - nodulíferas de plantas leguminosas. El nitrógeno forma proteína microbiana y ácido nucleico, que posteriormente se descompone en aminoácidos y sales de amonio, como principales productos nitrogenados. Estos sufren después una oxidación en el suelo convirtiéndose en nitritos y nitratos (nitrificación). La etapa intermedia, nitrito (NO_2), es totalmente tóxica para las plantas, pero es transitoria, ya que es rápidamente oxidada a nitrato (25).

El proceso de nitrificación está controlado por la temperatura, aereación, humedad, reacción y fosfatos. La temperatura óptima para la nitrificación es de 35°C y la reacción óptima es de pH 7.0. La nitrificación es un proceso decalcificante. Por cada 100 partes de NH_4 , que son nitrificadas, se necesita una cantidad de calcio equivalente a 530 partes de carbono de calcio (CaCO_3) para completar la neutralización. El ciclo del nitrógeno se ilustra en el Fig. 3.

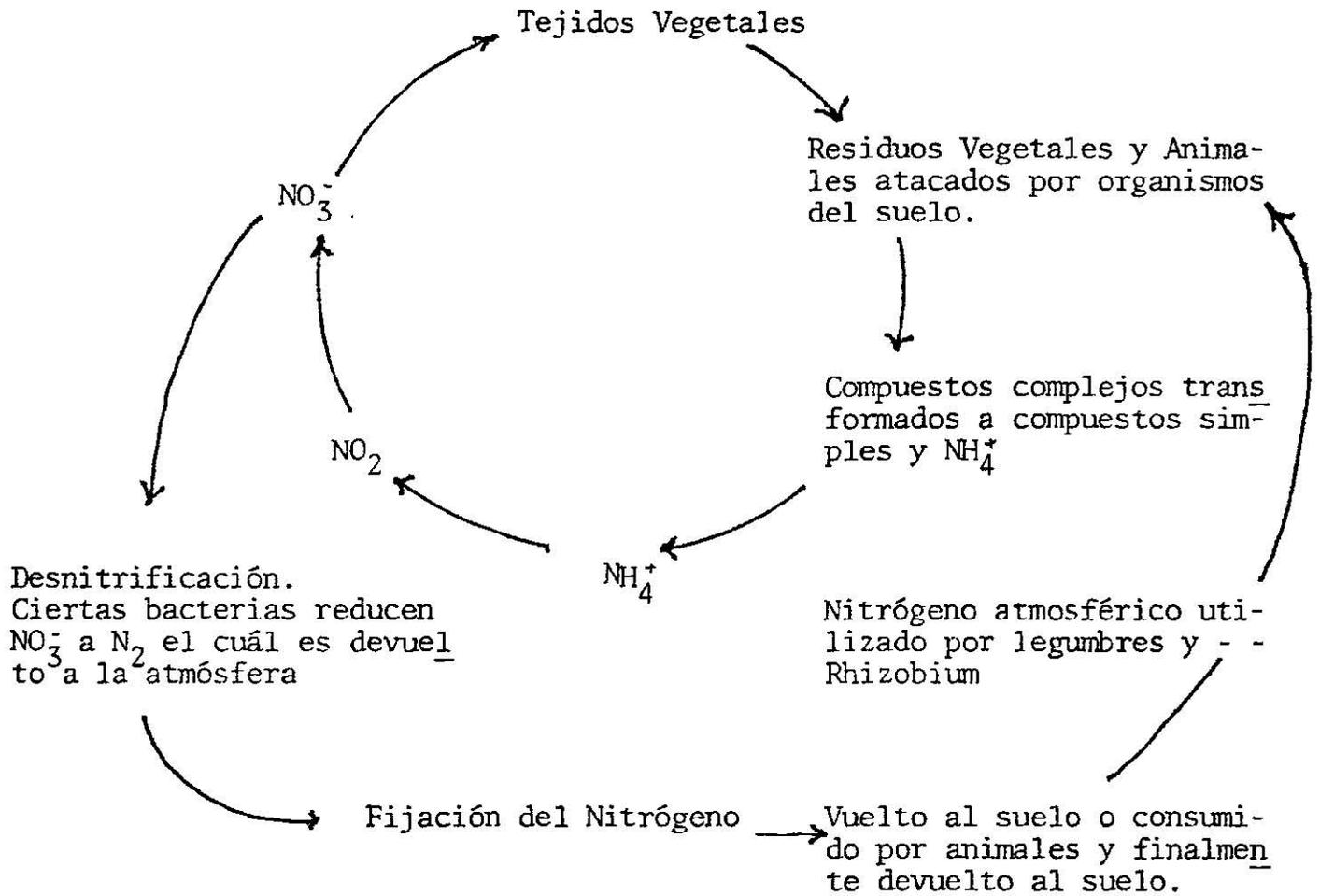


Fig. 3. Ciclo del Nitrógeno. Hardy (25).

2.3.7. Conservación de la Materia Orgánica en Regiones Áridas y Semiáridas.

La temperatura elevada es la causa fundamental de la dificultad para conservar la M.O. en el suelo de regiones áridas y semiáridas. El mantenimiento de la M.O. de el suelo en un nivel satisfactorio en suelos cultivados, es considerado en general, como uno de los principales problemas de la agricultura, ya que el suministro de residuos orgánicos es limitado y

la mayor parte de estos materiales se oxidan con bastante rapidez. Estudios llevados a cabo por innumerables investigadores _____, han llevado a la conclusión de que la cantidad y naturaleza de los coloides inorgánicos del suelo influyen sobre el índice de pérdida de carbono y sobre la cantidad de humus formada de materiales vegetales que se descomponen con facilidad. La montmorillonita, según se mostró, ejerció el mayor efecto en la retención de carbono.

La comparación de los valores de retención de carbono en un suelo de caolinita con los de un suelo de montmorillonita no mostraron diferencias extraordinarias. Esto puede ser debido en parte, a que el suelo de caolinita tiene mayor acidez, lo que retardaría la descomposición. Los coloides orgánicos en especial, la montmorillonita, protegen a las proteínas y sus productos de degradación contra el ataque de microorganismos, mediante la formación de complejos coloidales orgánicos y complejos de montmorillonita, ya sean orgánicos o inorgánicos.

Estudios posteriores, demostraron que el porcentaje de carbono agregado que se deja en el suelo, después de un largo período de descomposición, está determinado por la composición de los materiales y no por sus proporciones de carbono y nitrógeno. Asimismo se ha encontrado que la agregación suplementaria de nitrógeno a los residuos de cultivos deficientes en nitrógenos, no modifica la cantidad de carbono retenido en el suelo durante el proceso de formación de humus. El efecto principal de la agregación de nitrógeno, es solo acelerar el proceso de formación de humus, y alimentar al cultivo, si existe. Cuando hay deficiencia de nitrógeno, los materiales carbonosos tienden a permanecer en un estado parcialmente-

descompuestos (47) .

2.3.8 Humus.

Se denomina humus, a la fracción activa de la M.O del suelo. Para -- los suelos agrícolas, se define como la porción bien descompuesta y estabilizada de la M.O.

En suelos cultivados, 9/10 de la M.O. pueden consistir en humus, perfectamente mezclados con coloides inorgánicos, denominándosele " un complejo de arcilla y humus ".

El humus está compuesto de tres principales grupos de compuestos orgánicos: Lignina modificada, la cual resiste muy bien a la descomposición microbiana; Proteínas, las cuales están protegidas por la Lignina y arcilla y los poliurónidos, que son sintetizados por organismos del suelo. En base a esto, podemos afirmar que el humus es un producto que resulta de la descomposición y síntesis de compuestos orgánicos.

El humus es de color negro. El color negro de algunos suelos superficiales, a menudo se relacionan con el contenido de humus, sin embargo, - esta coloración puede deberse a la presencia de los minerales que contienen hierro como la hematita y limonita.

El humus puede contener tanto como el 30 % de poliurónidos. En suelos representativos, los porcentajes de lignina y proteínas varían de 25 a 50 %.

El humus es altamente coloidal al igual que la arcilla, pero es amorfo y no cristalino. Además el humus tiene área superficial y capacidad adsorptiva mucho mayor que la arcilla. La CIC de humus es de 150 a 300 meq., mientras que la C.I.C. de las arcillas va del rango de 8 a 100 meq.

Bajo condiciones de atmósfera saturada, las arcillas absorben solamente 15 a 20 % de agua, mientras el humus absorbe de 80 a 90 % bajo las mismas condiciones.

El humus ayuda a mejorar las condiciones estructurales en suelos de textura fina, debido a su baja adhesión y plasticidad (33, 47).

2.4.

PROCESO DE ENCOSTRAMIENTO

2.4.1. Factores que Determinan la Formación de las Costras Superficiales.

La formación de costras superficiales, está determinada por factores externos e internos:

1).- Factores Externos: En los suelos desnudos, la causa natural que determina el encostramiento, es el impacto de las gotas de lluvia.

El choque de las gotas de lluvia cargadas de energía cinética, provoca la disgregación de la estructura superficial en partículas individuales o agregados de menor tamaño. La energía cinética de cada gota de lluvia, es igual al producto de la mitad de su masa por su velocidad al cuadrado.

La masa de las gotas de lluvia está determinada por el tamaño de éstas, al igual que su velocidad. Cuando más grande es el tamaño de la gota, mayor será la velocidad al momento del impacto. Se ha comprobado, -- que cuanto mayor es la intensidad de la lluvia, mayor resulta el tamaño promedio de las gotas.

Otro factor de gran importancia en el encostramiento de los suelos -- con problemas de baja estabilidad estructural, es el anegamiento que se -- presenta cuando la intensidad de la lluvia es superior a la velocidad de -- infiltración o durante el riego. Se produce un colapso en los agregados -- debido a la baja cohesión entre las partículas que integran los mismos, la cuál se ve muy sensiblemente disminuida cuando el suelo se encuentra saturado.

El anegamiento hace posible la sedimentación de las partículas de ma -- yor tamaño, quedando suspendidas las de tamaño menor, proceso originado -- por el impacto de las gotas de lluvia.

2) Factores internos: Los factores que determinan la resistencia de los -- suelos encostramiento son: el grado de estructuración y la estabilidad de -- los agregados. Cuando las partículas individuales del suelo se encuentran fuertemente unidas en agregados, el esfuerzo realizado por la lluvia o -- cualquier otro agente productor de dispersión, será mucho mayor. En sue-- los que se presenten una alta estructuración y estabilidad estructural, -- los problemas de encostramiento serán derivados solamente de lluvias muy -- intensas. Por el contrario, la sola saturación de suelos con debilidad es

tructural producirá efectos tales como costras muy resistentes.

Generalmente los suelos en los que las fracciones dominantes son el limo y la arena muy fina, presentan baja estabilidad estructural. Los suelos que presentan estructuras mal desarrolladas y fácilmente disgregables, son por lo común bajas en M.O., altos en cuanto a contenido de limo y arena muy fina en relación a la arcilla. Los dos principales agentes de estructuración y estabilidad, son pues la materia orgánica y la arcilla (16)

2.4.2. Génesis de la Costra Superficial.

La Génesis de la Costra Superficial ha sido objeto de estudio por parte de muchos autores. Se considera que existen cuatro fenómenos involucrados en su formación y estabilización:

1).-Destrucción de Agregados.

La estructura de la superficie del suelo sufre una desintegración debido al impacto de las gotas de lluvia, disgregándose el suelo en partículas individuales. Cada gota de lluvia, con su impacto produce un crater en la superficie del suelo. Este fenómeno provocará el crater, proyectándose éstas a distancias considerables.

La energía cinética aportada por la gota, determinará la cantidad de partículas desprendidas, su tamaño y las alturas y distancias recorridos. Los máximos daños de destrucción y salpicado, se producirán cuando la superficie del suelo se encuentre saturada y existe una pequeña película de

agua sobre la misma. Debido a esto, la cohesión entre partículas se verá muy disminuida. Como se mencionó anteriormente, la sola saturación del suelo en algunos casos, provocará la destrucción de agregados (16) .

2.) Reordenación de partículas por sedimentación diferencial.

La saltación de las partículas del suelo, provocada por el salpicado, en presencia de una película de agua, dará como resultado la sedimentación diferencial por tamaño. Esto significa que las partículas más grandes sedimentarán rápidamente, mientras que las partículas finas lo hacen más lentamente, depositándose sobre la superficie de la costra, sellando los espacios entre las más grandes. La existencia de esa pequeña lámina de menor permeabilidad y mayor densidad aparente dentro de la costra, ha sido demostrada mediante estudios micromorfológicos.

El escurrimiento superficial también provoca el desprendimiento y arrastre de partículas de diferentes tamaños que posteriormente sufrirán sedimentación diferencial (16),

3) Efecto de reordenamiento de partículas durante el secado de la costra. Como se mencionó anteriormente, la destrucción parcial o total de la estructura superficial da como resultado la formación de agregados muy pequeños y partículas individuales.

Una vez que el suelo comienza a secarse, la tensión superficial del agua provoca el acercamiento entre sí de estas partículas. A medida que

la desecación avanza, el arreglo de éstas partículas se hace más cerrado - entre sí. La ausencia de agregados grandes, hace que desaparezca la macro porosidad en ésta capa superficial, dando origen a una costra densa y dura. Podemos deducir que la velocidad de secado, influye en las características de la costra. Diversos autores han demostrado que la resistencia mecánica aumenta cuanto más lenta es la velocidad de secado, lo que seguramente se debe a que se logra un mayor reordenamiento de partículas, y ocurre entre ellas, un arreglo cerrado cuando el secado se produce lentamente (16).

Hillel, citado por Figueroa (16), realizó un experimento donde - tomó muestras de suelo (secadas al aire y tamizadas), el cual fué compactado hasta alcanzar su densidad aparente original, y luego humedecido por capilaridad a valores que iban desde un 50 % a un 100 % de saturación. Dichas muestras fueron secadas a temperatura ambiente. Los resultados obtenidos, indican que tanto la densidad como la resistencia a la ruptura aumentarán cuando más alto sea el humedecimiento previo al secado, lo que -- confirma que en realidad ocurre un reordenamiento de partículas que depende del grado de humedecimiento previo y de la velocidad de secado.

Diversos autores, han demostrado que el grado de saturación del suelo y la existencia de una pequeña lámina de agua sobre la superficie determinaron un considerable incremento en la resistencia mecánica a la ruptura de las costras en relación a contenidos hídricos menores (16).

4) Cementación de partículas por precipitación de sustancias solubles.

En el suelo existen agentes cementantes cuyo papel en la estabilización de las costras es de mucha importancia. En las regiones áridas y semiáridas, donde se tienen los problemas mas severos de encostramiento, el sílice en solución es el de mayor importancia. El pH de estas regiones ejerce una notable influencia en el contenido de sílice en el suelo, siendo los valores superiores a 9.5 los que determinan un notable incremento de éste elemento.

La precipitación de la sílice ocurre al concentrarse la solución del suelo, sufriendo una deshidratación paulatina por efecto del secado, pasando de un gel elástico a un gel de consistencia dura. Se cree que en el suelo, estos precipitados de sílice amorfa, forman puentes entre las partículas. El fenómeno ocurriría como consecuencia de la formación de meniscos de agua en los puntos de contacto interparticulares, donde se producirá la concentración y la precipitación de solutos, entre los cuales está la sílice, Ca SO_4 , Ca CO_3 , además de otros compuestos poco solubles (16).

2.4.3. Características mecánicas de la costra: El módulo de ruptura.

Las características mecánicas de las costras, han sido objeto de evaluación y estudio en diferentes maneras, ya que tales propiedades ejercen una notable influencia al erigirse como barreras que dificultan la emergencia de las plántulas y el crecimiento de la raíz al momento de la germinación. Para tales estudios se han usado costras preparadas artificialmente y costras naturales. Richards, citado por Figueroa (16), propuso el modelo más usado para éste propósito. Dicho modelo consisten en preparar

un block de suelo en un marco, cuyas dimensiones internas son 35 mm. X 70-mm. Dicho block se obtendrá al llenar una bandeja de humedecimiento que se llena con suelo tamizado con malla de 2.0 mm. El humedecimiento se produce por capilaridad durante una hora para lograr un alto contenido hídrico. Posteriormente se lleva la muestra a una estufa para su secado a una temperatura de 50° C hasta peso constante. El bloque formado se lleva a un aparato, donde es colocado con una de sus caras mayores apoyadas sobre dos soportes distanciados entre sí 50 mm. En la parte central, se le aplica una fuerza de intensidad que va creciendo gradualmente hasta lograr la ruptura.

Aunque obviamente el bloque artificial difiere sustancialmente de las costras naturales, la información que nos proporcionan resulta muy útil, pues sus resultados permiten predecir el comportamiento de las costras naturales.

Existe una relación muy íntima entre el módulo de ruptura y los factores inherentes al material original, arreglo y número de contactos entre partículas.

Lemos y Lutz citados por Figueroa (16), demostraron que los contenidos de limo y arcilla eran, dentro de la composición granulométrica, los de mayor influencia, aumentando los valores del módulo de ruptura.

En costras naturales, si bien es cierto que el contenido de arcilla aumenta la tenacidad, también aumenta el agrietamiento, lo que contribuye-

a que sus consecuencias, desde el punto de vista agronómico, no se tornen tan desfavorables. Esto es más notable en las arcillas de tipo expansivo.

Otro elemento que determina la fuerza de la costra es el contenido de materia orgánica.

Hanks, citado por Figueroa (16), al utilizar el método de Richards, encontró que los valores del módulo de ruptura aumentaban en las muestras a las cuales se les había extraído la M.O.

Así mismo se ha estudiado la relación existente entre el contenido hídrico de la costra y el módulo de ruptura. Figueroa (16), reporta a los siguientes investigadores y sus resultados:

Lemos, Lutz e Hillel, encontraron una relación lineal inversa entre estos dos parámetros, mientras que Hanks y Kemper encontraron una relación inversa de tipo exponencial.

En general, los valores de módulo de ruptura, aumentan con la pérdida de humedad, llegando en algunos casos a ser tres veces mayores en suelos a pmp, que en suelos a cc. Este fenómeno es particularmente notorio en suelos loessicos.

Holder y Brown, citados por Figueroa (16), utilizaron un método sumamente ingenioso en el cuál simulaban la resistencia mecánica a la emergencia de las plántulas, usando para ello, tubos verticales dentro de recipientes que contenían suelo y eran luego sometidos a la acción de la lluvia artificial. Dichos tubos, llegaban desde la base de los recipientes -

hasta 2.5 cm. por debajo de la superficie del suelo. De esta forma, una vez formada la costra, se procede a introducir por los tubos, desde abajo una sonda y medir su resistencia a la ruptura (la sonda tenía una cabeza esférica de 3,24 mm. de diámetro). Con este experimento demostraron que la resistencia aumentaba con la disminución del contenido de humedad del suelo, hasta alcanzar un valor máximo, luego esta resistencia disminuirá con menores contenidos hídricos, debido al agrietamiento sufrido por el suelo.

Epsèin y Grant citados por Figueroa (16), encontraron que el módulo de ruptura de la costra está dado por las características y por lo tanto, por la cantidad de energía que aporta para su formación.

Estas conclusiones se obtuvieron en base a experimentos realizados con lluvia artificial a diversos intervalos de tiempo (3,6,9,12,15,18,21 y 24 min.), siguiendo posteriormente el método de Richards. Estos investigadores observaron un rápido incremento del módulo de ruptura, durante los primeros minutos de lluvia artificial, logrando un cierto valor. Mayores tiempos de aplicación no mostraron influencias significativas en las lecturas del módulo de ruptura. Esto lleva a la conclusión que para una situación edáfica dada, corresponde una cierta cantidad de energía para el completo desarrollo de la costra, y que aportes superiores, no producen variaciones considerables en sus propiedades (16).

Braver (6), afirma que los suelos de compactación normal, al ser sometidos a un fuerte proceso de desecación adquieren dureza y cohesión. Esta cohesión de los suelos se determina más eficientemente mediante

el módulo de ruptura. Este autor considera que el empleo del método de Richards, usado como medida del índice de encostramiento del suelo, se basa en dos suposiciones fundamentales: 1) Las propiedades físicas del bloque formado simulan las de las costras naturales; 2) El módulo de ruptura, representa la fuerza de las plántulas para romper éstas costras.

El módulo de ruptura para las arcillas montmorilloníticas, es mayor que para las coaliníticas, en igualdad de composición de tamaños de partículas (6).

Las lecturas de penetrómetro y los valores de módulo de ruptura en costras y sus relaciones con el porcentaje y tiempo de emergencia, están influidos por diversos componentes como son: El material madre, contenido de humedad, grado de agrietamiento, temperatura, especie, variedad y energía germinativa, es por ello que éstos estudios tienen importancia sólomente para las condiciones en que se realizaron las determinaciones (6,23).

2.4.4. Resistencia del Suelo a la penetración: Penetrómetro.

La resistencia de un suelo a la penetración de un instrumento de sondeo, es un índice integrado del grado de compactación, del contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla de dicho suelo. Dicho de otra forma, es un índice de resistencia del suelo en las condiciones bajo las que se toma la medición.

Hay diversos tipos y formas de instrumentos, los cuáles varían en su

grado o cantidad de penetración por unidad de fuerza aplicada.

A medida que el penetrómetro penetra en el suelo, sufre la resistencia provocada por la compresión, la fuerza friccionante entre el suelo y el metal y la resistencia que muestra el suelo al esfuerzo cortante, que implica la fricción interna y la cohesión. Todas estas condiciones del suelo, se manifiestan en la punta del instrumento, que registrará éstas fallas.

En la magnitud de la resistencia a la penetración, actúan pues la compresión y la fuerza de fricción actuante entre el suelo y el metal.

El contenido de humedad del suelo ejerce una influencia muy notable en las lecturas del penetrómetro. A medida que decrece el contenido de humedad del suelo, hay un aumento en la resistencia del suelo a la penetración, lo que demuestra que la resistencia del suelo será mayor, a medida que las partículas de suelo se acercan unas a otras durante el proceso de desecación. El contenido de humedad del suelo, modifica o altera pues las lecturas del penetrómetro, aunque no hay una relación simple entre éstas lecturas y el contenido de humedad del suelo (6).

Según Henin (26), el módulo de resistencia a la penetración no se ve afectado por el tipo de instrumento. En los suelos arenosos sueltos la resistencia a la penetración aumenta proporcionalmente a la profundidad. En suelos de marga limosa, con un contenido de arcilla de 16 %, que ha sido sometido a compactación en estado húmedo, la resistencia aumenta rápidamente con la profundidad en unos pocos centímetros, pero luego perma

nece constante.

En resumen, el penetrómetro es un instrumento que proporciona valiosa información sobre la resistencia y la compactación del suelo, si se toma en consideración que los datos obtenidos, son el resultado de una acción conjunta de diversos factores como son: la humedad, textura y tipo de mineral de arcilla del suelo (6, 26).

2.5. El Mantenimiento de la Fertilidad en el Suelo.

Como se había mencionado anteriormente, el mantenimiento de la fertilidad del suelo en un nivel satisfactorio en suelos cultivados, se considera en general, uno de los principales problemas de la agricultura. Debido a ello, el agricultor se ve en la necesidad de ofrecer una solución a tal situación. El uso de abonos orgánicos data de tiempos remotos, más sin embargo en la actualidad su empleo no está generalizado debido en gran parte a la aparición de fertilizantes sintéticos, los cuales si bien es cierto que ofrecen una solución a corto plazo, también carecen de atributos tales como M.O. y residualidad, entre otros que hacen de los abonos orgánicos un arma valiosa para contrarrestar las deficiencias nutricionales y físicas del suelo.

En éste apartado, hablaremos de los abonos orgánicos de mayor uso en la agricultura, discutiendo brevemente algunas de sus características más importantes.

2.5.1. Uso de los Abonos Verdes.

Los restos vegetales representan para el agricultor, valiosos abonos orgánicos, los cuales al incorporarlos al terreno, ya sea verdes o fermentados, ayudan a crear o mantener eficiente la natural riqueza orgánica. Desafortunadamente ésta práctica no está muy generalizada entre los agricultores, la cual consiste en cultivar plantas de rápido desarrollo que serán enterradas cuando hayan alcanzado su máxima riqueza constitucional y las condiciones ambientales lo indiquen.

Siempre se procura utilizar el estiércol de la granja antes que cultivar plantas para abonar terreno. Sin embargo, en localidades en donde hay escasa o nula cría de ganado, se hará necesario el empleo de abonos verdes para suministrar sustancia orgánica (48).

Existe una gran diversidad de plantas que pueden ser utilizadas como abonos verdes, desde las clásicas leguminosas (haba, trébol, esparceta, fenogreco, soja, etc.) hasta los nabos, los cuáles son muy valiosos por la gran producción de sustancia orgánica (aproximadamente de 25 a 50 ton./ha.) ; pero no todas requieren el mismo proceso o tratamiento, ni se prestan a los distintos terrenos, por lo tanto hay que prestar atención a cada caso particular y efectuar la elección apropiada.

En las regiones cálido-áridas se debe tener cuidado al escoger el momento oportuno para la siembra y el entierro, el cuál estará determinado, por las condiciones pluviométricas y el ambiente (48,51) .

2.5.1.1. Abono verde como mejorador de suelos arenosos.

Los suelos arenosos, pueden verse muy beneficiados por el uso de abonos verdes de ciclo corto, como el alforfón, y la algarroba, porque además de suministrar M.O. al suelo pobre, evitan la lixiviación de nutrientes aportados por los fertilizantes químicos, ya que éstos son absorbidos por la M.O. (51).

2.5.1.2. Abono Verde Como Mejorador de Suelos Arcillosos.

Cuando se desea acondicionar suelos pesados, es muy útil recurrir a plantas de abonos de ciclo corto. El caso más común es el establecimiento de un prado en una zona donde el subsuelo es de tipo arcilloso. Casi siempre es preferible, por su efectividad la aplicación de arena y fertilizantes químicos a la arcilla, antes de sembrar el abono verde (51).

2.5.2. Uso de Algas Marinas.

Su uso como abono verde está más generalizado en las zonas costeras, siempre y cuando se disponga de grandes cantidades de éste producto en la primavera.

Las algas se descomponen muy rápidamente y deben enterrarse inmediatamente debido a que no contienen fibra. Las algas al descomponerse, se vuelven una masa gelatinosa, que si deja a la intemperie, dificultará su manejo por lo que no es aconsejable utilizarlas en la elaboración de composte.

Composición de Algas Frescas.

En la tabla 2, podemos observar la composición de algas en estado -- fresco:

Tabla 2. Composición de Algas Frescas.

Elemento	Porcentaje
Agua	70-80 %
M.O.	13-25 %
N.	0.3-1.0%
K (K_2O)	0.8-1.8 %
P (P_2O_5)	0.02-0.17 %

Fuente: Teuscher (48).

Según éstos datos, las algas contienen tanto N como el estiércol de-- cuadra y en algunos casos, hasta el doble. El contenido de porcentaje es relativamente alto y por lo que respecta al fósforo es muy bajo.

A veces se aplican al terreno, hasta más de 30 toneladas métricas -- por hectárea de algas marinas (48) .

2.5.3. Empleo de Aguas Negras.

Uno de los mayores problemas para la civilización, lo representan -- los desperdicios tales como escombros, basuras y aguas negras que se acumu-- lan en pueblos grandes y ciudades. Si éstos materiales no se recogen con -- cierta regularidad, y se dispone de ellos, representarán un peligro para --

la salud pública. Muchos científicos han tenido su atención fija en el aprovechamiento de éstos desperdicios urbanos como fuente de M.O. a los cuales, los que mayores controversias desatan son las aguas negras, por ser el excremento humano, el constituyente más importante de éstas. Sin embargo, la principal dificultad que obstruye la utilización de aguas negras, se deriva de que en muchas ciudades las aguas de desperdicio de hospitales, fábricas de productos químicos y otras industrias, incluyen grandes cantidades de sustancias químicas que con frecuencia son venenosas, y resulta costoso, si no imposible, eliminarlas (48).

En campos agrícolas situados cerca de pueblo grandes y ciudades, se emplea directamente el agua efluente para la fertilización de los cultivos. El grado de precaución y cuidado que se tenga en la utilización de éstas aguas, determinará el grado de proliferación de algunas enfermedades en la población humana (47,48)

2.5.4. Empleo de Compost.

El compost es una mezcla de diversos materiales de desechos, que al descomponerse se convierten en humus. El término " Compost ", se aplica al producto terminado y listo para usarse una vez que se ha descompuesto la M.O., aún cuando sigue siendo una mezcla (14, 48).

En Asia, el empleo de Compost data de miles de años; en el Hemisferio Occidental, su uso es también muy antiguo, y así por ejemplo, hace más de 100 años en Inglaterra, ya se citaban hasta veinte formas diferentes de Com

de la fertilidad y mejoramiento de la estructura del suelo. Los elementos nutritivos contenidos en un billón de toneladas de estiércol, equivalen a tres veces los elementos nutritivos vendidos en los fertilizantes químicos en el año de 1955. Asimismo, la M.O. contenida en un billón de toneladas de estiércol, equivale al doble de lo que se consume de humus en el suelo-anualmente.

Usando el estiércol adecuadamente, un agricultor puede obtener grandes ganancias, ya que la mayoría de los elementos nutritivos requeridos -- por las plantas para su crecimiento, viene contenido en el estiércol, aunque la proporción de éstos elementos nutritivos en ellos, no sea siempre la óptima, y requiera por tanto, una corrección con la fertilización química complementaria (44,48, 49).

El presente estudio se orientará hacia el uso de los estiércoles (- caprino, vacuno y gallinaza), como: Mejoradores de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aportadores de M.O. y como factor nutricional que ejerce gran influencia en el rendimiento de los cultivos.

2.6. Estiércol como aportador de M.O. al suelo

2.6.1. Disponibilidad de Estiércol.

La cantidad de estiércol producido por cada animal, depende de ciertos factores como son la edad, raza o variedad, salud del animal y dieta - o tipo de alimento, por ende, los valores que se manejan se refieren sola-

mente a promedios. Una granja de 10,000 cabezas de ganado, produce cerca de 260 toneladas de estiércol por día (31,48).

Cálculo de reservas basado en el peso del animal.

Es más recomendable basar los cálculos de las reservas del estiércol en base al peso del animal, ya que de ésta manera, incluimos animales de todas las edades. Para esto, existen estadísticas preparadas, que dan la cantidad de estiércol producido por un animal cuyo peso sea de 450 kg. (ver tabla 3).

Tabla 3. Producción anual de estiércol por cada 450 kg. de peso vivo de animal. Fuente: Teuscher (48).

<u>Clase de Animal</u>	<u>Toneladas métricas anuales.</u>
Vaca	9-13
Gallina	3.6- 4.5
Cabra	4.5- 5.5
Caballo	8 - 9
Cerdo	13 - 15

Este tipo de cálculos pueden presentarse confusiones, ya que tendríamos que suponer que los animales se mantienen estabulados todo el año, y que todo el estiércol que producen es recuperable, lo que en la práctica -

es muy poco probable (48).

Martínez y Fernández (27) elaboraron un inventario de subproductos agropecuarios para conocer su potencial. Dicho trabajo se resume en la tabla 4.

Tabla 4. Inventario de abonos orgánicos en México (1974).

Especies	No. de Cabezas(millones)	Estiércol fresco Producción en Ton/año. (Millones)
Bovino	26	36.5
Caprino	9	1.8
Aves	122	1.7
Equino	11	4.8
Porcino	10	3.3
Ovino	5	1.0

Fuente: Martínez (27).

Flores (17) en un estudio realizado en la región centro del estado de Nuevo León, encontró que la cantidad de estiércol producido por vaca por año, fué aproximadamente de 1,440 kg. hasta 4,320 kgs, siendo esta variación, debido principalmente a la diferencia de edades, ya que se consideraron vacas, de menores de un año, hasta de ocho años.

Chavero (10) en un estudio realizado en Marín, N. L., encontró

que en el 60 % de las granjas de la región, se producen un total de 6,651 toneladas de gallinaza por año, con un promedio de 15 kg, de evacuación -- por ave por año.

2.6.2. Composición del estiércol.

El estiércol está constituido fundamentalmente por dos componentes; - el sólido, en el cuál estan contenidos la mayoría de los nutrientes, y el líquido el cuál contiene elementos nutritivos que pueden ser aprovechados por las plantas inmediatamente. El excremento sólido, contiene en promedio, la mitad del nitrógeno o más casi la tercera parte del potasio, y aproximadamente todo el fósforo que es excretado por el animal.

El nitrógeno excretado por el animal se encuentra principalmente en dos formas: 1) Las proteínas residuales que han resistido a la descomposición en el proceso digestivo; y 2) Las proteínas sintetizadas en las células de las bacterias. Casi toda la mitad del nitrógeno puede presentarse como proteína sintetizada siendo rápidamente destruída cuando se incorpora al suelo, de tal manera que éste nitrógeno es aprovechable para las plantas. El componente sólido también contiene grandes cantidades de lignina, lo que indica que una gran proporción de la materia orgánica de las heces es humificada; se forma un compuesto similar al humus, que se forma en el suelo. Se considera que hasta el 50 % de la M.O. del componente sólido puede estar en estado humificado y el nitrógeno contenido en ella es sólo lentamente aprovechable por las plantas cuando se incorpora al suelo.

La fracción líquida, como se dijo anteriormente posee nutrientes que

son todos ellos aprovechables por las plantas en forma inmediata, debido a que éstos nutrimentos que fueron excretados por el animal, ya fueron digeridos y utilizados por el cuerpo de éste, quedando solubles. La fracción líquida difiere de la sólida en:

- 1).-Mayor aprovechabilidad de los nutrientes contenidos en ella y
- 2).-Su contenido de fósforo es bajo, pero en cambio, es rica en nitrógeno y potasio.

La disponibilidad de nutrientes presentes en la orina, dependen de la riqueza nutritiva del alimento, y de que tan digerible sea éste para el animal. Diversos animales han mostrado que mientras más alto es el contenido de nitrógeno en el alimento, mayor es la digestibilidad de nitrógeno y mayores las cantidades de éste en la orina.

El nitrógeno presente en la orina se encuentra principalmente como urea, y ácido úrico e hipúrico, compuestos los cuáles no son volátiles a temperatura ordinaria, pero los estiércoles contienen organismos capaces de disolver rápidamente éstos compuestos con la formación de amoníaco, el cuál al combinarse con agua y dióxido de carbono, forma el carbonato de amonio, el cuál es inestable, tiende a descomponerse y liberar amoniaco, sobre todo en presencia de altas temperaturas; $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$). Este compuesto puede llegar a perder todo su amoniaco al secarse. Podemos observar que la inestabilidad del nitrógeno presente en la orina será motivo de gran precaución en el manejo de estiércoles.

Diversos factores influyen en la cantidad y composición del estiércol producido por un animal, como son: 1).-Edad, y clase de animal, 2) canti-

dad y tipo de alimento consumido, 3).- Condición del animal y 4).- La leche producida o el trabajo efectuado por el animal. Se han encontrado grandes variaciones, en la composición del estiércol producido, aún por los animales de una misma clase, refiriéndose éstas variaciones principalmente a la edad y tipo de trabajo desarrollados por el animal. Los animales jóvenes, los cuáles están en etapa de formación de músculos y huesos, requerirán de una dieta rica en fósforo, calcio, nitrógeno y otros elementos, por lo que el estiércol producido por éstos animales será pobre en dichos elementos (31, 48).

La orina constituye el 20 al 40 % del peso total del estiércol de cualquier animal, (en caballos es el 20 %, mientras que en cerdos es el 40 %), y como contiene aproximadamente $\frac{2}{3}$ del potasio y poco menos de la mitad del nitrógeno, resulta obvio que la orina es más concentrada y por ende, de mayor valor que la porción sólida. El fósforo aunque se presenta en pobres cantidades, se encuentra en su mayor parte en la porción sólida. El potasio sin embargo, se encuentra en mayor cantidad en la parte líquida que en la sólida.

Es importante señalar que el agua es uno de los constituyentes más variables del estiércol.

El estiércol de cabra y el de gallina, tomando como base una tonelada contienen cantidades mucho mayores de elementos nutritivos que cualquier otro tipo de estiércol, aunque éstos dos tipos de estiércol, contienen mucho menor cantidad de agua, es por esto que los estiércoles de cabra y gallina se calientan con mayor rapidez que los de vaca al ser almacenados, prefiriéndose en la preparación de camas calientes (48).

La gallinaza es comparativamente rica en fósforo y si se dispone de ella en cantidades suficientes, constituye una adición valiosa para el suelo, porque nos ayudará a compensar la falta de fósforo de los otros estiércoles (34, 48).

Se puede realizar una comparación en cuanto a valor nutricional de los diferentes estiércoles, al observar la tabla 5.

Tabla 5. Composición porcentual media del estiércol fresco (sólido + líquido) de algunos animales de granja. (48),

Clase de Animal.	Humedad	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
Vaca	80	0.55	0.23	0.60	0.80	0.20	0.10
Caballo	60	0.70	0.25	0.75	0.60	0.40	0.20
Cerdo	85	0.50	0.35	0.40	*	*	*
Cabra	70	0.45	0.30	0.90	0.60	*	*
Oveja	65	1.45	0.50	0.13	1.75	0.70	0.50
Gallina	10	1.50	1.00	0.40	1.20	0.30	0.60

Nota: Los datos donde aparece *, no se dan a conocer por ser poco confiables. Fuente: Teuscher (48).

El contenido medio de nutrientes en el estiércol, se puede resumir en definitiva, en nitrógeno 0.55 %, P₂O₅, 0.25 % y K₂O, 0.55 %. Estos va-

lores son sorprendentemente bajos, si se toma en cuenta que 45 kg de un -- fertilizante químico cuya fórmula sea 10-5-10, proporcionarán al suelo éstos mismos porcentajes al igual que lo harían 900 kg. de estiércol (31,-48).

Lozoya citado por Chavero (10), indica que la composición de la gallinaza está influida por el tipo de alimentación y la edad de las aves. -- Una alimentación bien balanceada y nutritiva, proporcionará al excremento -- producido, sustancias útiles a las plantas, como son el N, P, K, que son -- esenciales, además de Ca, Mg, S, Bo, Cu, Fe, Mn, Mo, y Zn, entre otros.

La influencia de la edad de las aves sobre la composición nutritiva -- de la gallinaza, quedó comprobada en experimentos realizados en Georgia, -- E.U.A., donde se observó que el estiércol de pollo contenía en promedio 25- -- por ciento de humedad, 1.7 % de nitrógeno total, 0.81 % de fósforo y 1.25 % de potasio total. Por otro lado, el estiércol de gallinas contenía 36.9 %- de humedad, 1.14 % de potasio total, 1.3 % de nitrógeno total y 1.2 % de -- fósforo total (10).

2.6.3. Cuidado y Conservación del Estiércol.

El manejo y la aplicación del estiércol, involucran una serie de cui- -- dados para la conservación del nitrógeno, el cuál tiende a escapar, particu- -- larmente el de la orina, donde éste elemento es particularmente inestable. -- Lo más aconsejable sería llevar el estiércol lo más rápido posible al campo, después de haber sido colectado, ya que de ésta manera, será mucho mayor su concentración de nitrógeno, aunque obviamente es imposible enterrar el pro-

ducto diariamente a medida que se recoge. Tampoco es factible la colecta y aplicación de orina separadamente, como se acostumbra en algunos países Europeos, ya que por ser cara la mano de obra, el procedimiento sería antieconómico. Por todos éstos inconvenientes, el estiércol tendrá necesariamente que ser almacenado hasta el momento de su aplicación.

En el almacenamiento del estiércol, se deberán tomar todas las precauciones prácticas para que las pérdidas sean mínimas, y deben de tomarse en cuenta los costos que éste ocasiona. El manejo del estiércol además de aumentar su costo, disminuye su valor al exponerlo al aire, incrementándose así las pérdidas por descomposición (28, 48).

El buen almacenamiento del estiércol, consiste en proporcionar a -- los montones de éste, los siguientes cuidados:

- 1).-Mantenerlos perfectamente compactados, 2).Mantenerlos con suficiente humedad, pero no demasiada, 3).- Proporcionarles un techo o cubierta y
- 4).- Evitar moverlos durante el tiempo en que permanezcan almacenados. -

La acumulación de estiércol en los pisos de establos o en lugares cubiertos o completamente cerrados, es un medio práctico y muy efectivo para el almacenamiento.

Se pueden tener pérdidas de la parte líquida, sobre todo si el piso es de tierra, pero en algunos casos resulta económico poner pisos de concreto para evitar éstas pérdidas. En la mayoría de los casos, se recomienda el uso de camas en el piso del establo, con el fin de reducir pérdidas de la parte líquida por drenaje, facilitar el manejo del estiércol,

absorber y retener nutrientes vegetales y por último, aumentar el contenido de M.O. para las plantas. Estas camas se hacen generalmente a base de paja o rastrojo y su uso es principalmente para proporcionar lugares limpios y confortables a los animales para que descansen (48).

Flores (17) al estudiar sobre el aprovechamiento del estiércol en la región centro de Nuevo León, encontró que la totalidad de los ganaderos, almacenan el estiércol a la intemperie, en forma esparcida, siendo -- ello, causa de grandes pérdidas de elementos nutritivos, principalmente nitrógeno.

Martínez et al, (28) dice que debido al efecto del sol, la lluvia y el viento que causan un efecto empobrecedor en el estiércol, existe la necesidad de construir estiercoleros para evitar que los estiércoles se conviertan en montones de paja o rastrojo, formados principalmente por celulosa, con poco valor fertilizante, pudiendo utilizarse en éste caso, como un simple mejorador de suelo, cuyos resultados son poco efectivos.

Otra forma muy eficiente de almacenar el estiércol, consiste en formar una pila, procedimiento que se conoce como " apilado ". El estiércol producido diariamente se mezcla cuidadosamente y se apila sobre una parte del estercolero (que bien pudiera ser una tercera parte), y se apisona inmediatamente. Si el estiércol contiene muchos excrementos y poca paja, basta una altura diaria de 30 a 35 cms, pero cuando tenemos estiércoles -- con mucha paja podremos dar mayores alturas al apilado (60 a 90 cms.).

El ancho de la pila no debe ser mayor de 3 a 5 m. porque dificultaría

el apilado. Asimismo, la descarga manual y mecánica también sufriría problemas de manejo. Sobre la primera capa, se agrega al día siguiente una segunda capa que sufre el mismo procedimiento, y así sucesivamente, hasta que la pila haya alcanzado una altura de por lo menos 2.5 a 3 m.. Si se proporciona mayor altura, aumentará la presión en las capas inferiores, y con esto la dificultad para esparcir el estiércol de las mismas. Si se realiza con cuidado el procedimiento, el abono madurará al cabo de 8 a 10 semanas de almacenamiento. No es aconsejable una fermentación de mayor duración. Se recomienda cubrir el montón con tablas o tapas, cuando la pila se ha completado, se le cubre con una capa de tierra de aproximadamente 20 centímetros, o pacas de paja. Es de gran importancia evitar que las pilas estén expuestas a los vientos dominantes.

Entre las ventajas que ofrece el apilado, están las siguientes:

- 1.-Creación del ambiente anaerobio debido a la presión propia de la pila.
- 2.-La maduración es homogénea.
- 3.-La superficie de almacenamiento disminuye.
- 4.-El estiércol apilado se esparce mejor (44).

Todos estos procedimientos pueden parecer molestos a la mayoría de los agricultores, quienes compararán éstos métodos con los usados por sus antecesores, quienes mantenían el estiércol en montones a la intemperie, a mitad del patio, que siempre usaban paja como cama, y que tenían en el estiércol, al único fertilizante mediante el cuál podrían obtener cosechas. (28, 44).

2.6.4. Efecto de la aplicación de estiércol, en el mejoramiento de las -- propiedades físicas y químicas del suelo.

2.6.4.1. Efecto del estiércol en la estructura del suelo.

La M.O. es probablemente el mayor agente en la producción de granulación, ya que no solo une, sino que también aclara y reparte, haciendo posible la porosidad característica de los agregados individuales del suelo. Las raíces de las plantas son también promotoras de la granulación, tanto por la degradación de la M.O. distribuida, como por la acción erosiva de sus ramificaciones.

El humus y la arcilla poseen propiedades electroquímicas que son efectivas probablemente, en la organización y estabilización posterior de los agregados. Los desechos y otros productos viscosos microbianos, posiblemente también influyen favorablemente en el desarrollo granular y ejercen una buena influencia estabilizadora. De ésta manera la granulación asume un aspecto altamente biológico.

Al adicionar estiércol al suelo, proporcionamos M.O., la cuál es de mucha importancia, ya que modifica los efectos de la arcilla. Probablemente exista una relación química entre la degradación de la M.O. y las moléculas de los silicatos. Además, la gran capacidad del humus para absorber agua, tiende a intensificar los efectos disruptivos de los cambios de temperatura y de las fluctuaciones de humedad (7).

Robinson, citado por Elizondo (14); indica que la M.O. asociada-

da con la arcilla y posiblemente adsorbida a ésta, forma la fracción más efectiva en la estabilización de los agregados del suelo. Esta M.O. afecta las propiedades de las arcillas, proporcionándoles mayor estabilidad -- que cuando actúan solas, ya que les reduce su capacidad de hinchamiento, -- eliminan las fuerzas del aire atrapado y les resta poder de hinchamiento.

Anderson citado por Elizondo (14), reporta un incremento en la producción de maíz al aumentar la estabilidad de los agregados, y que la producción declina cuando éste nivel es superior al 50 %. Este investigador considera que la disminución en la producción a bajos niveles de agregados estables al agua, se debe a la pobre aereación radicular y en altos niveles de agregación. Se presenta una excesiva respiración, consumiéndose el sustrato que de otra manera, se hubiese utilizado en las funciones de desarrollo y producción.

Mazurak et al citados por Nieto (32), encontraron que la aplicación de estiércol a razón de 390 ton/ha. aumentaba la estabilidad de los agregados de un suelo migajón arcillo arenoso. Estos autores afirman que dicha estabilidad está asociada con la conversión a largo plazo de la M.O. a humus, ya que el efecto benéfico se observó aún cuatro años después de -- aplicado el abono al suelo. Estos mismo autores, en otro estudio explican que en un suelo abonado, los agregados fueron separados con más facilidad -- por el impacto de las gotas de lluvia que en los testigos, sin embargo la dureza de la costra fué menor y la estabilidad de los agregados separados, mucho mayor en el suelo donde se aplicó estiércol, por lo que los agrega-- dos no son fácilmente arrastrados y la superficie del suelo permanece a --

bierta a la entrada de agua.

Si no se tiene en el suelo la presencia de una cierta cantidad de humus, la granulaci3n del suelo no puede ser provocada adecuadamente. De -- aqu3 podemos concluir que el mantenimiento de la M.O. y de sus productos de s3ntesis, es de gran importancia pr3ctica, no solo qu3mica y biol3gicamente, sin3 tambi3n f3sicamente, lo que nos hace comprender la gran ayuda que prestan en este rengl3n los esti3rcoles (7).

2.6.4.2. Efecto de la Aplicaci3n de Esti3rcol Sobre la Infiltraci3n y la Capacidad de retenci3n de agua del suelo.

El valor de los esti3rcoles como abonos org3nicos, estriba en su valioso efecto sobre la estructura f3sica del suelo. A medida que se va descomponiendo el material org3nico aplicado, se producen sustancias como el humus, que adem3s de conferirle el grado de fertilidad natural, favorece una mayor retenci3n de humedad, indispensable para que los elementos nutritivos se pongan en soluci3n y sean m3s f3cilmente tomados por las ra3ces de las plantas.

La M.O. retiene una cantidad de agua equivalente a varias veces su propio peso. Un 1 % de M.O. en un suelo, equivale a 1.28 g en 100 cm³ de un suelo franco-limoso. Suponiendo que la M.O. retiene dos veces su propio peso, la capacidad de retenci3n es de (1,28X2)= 25.6 mm. de agua para 100 cm. de profundidad.

La M.O. tiene una gran influencia en la capacidad de retenci3n de --

agua de un suelo, que por sí presenta valores deficientes. En muchos casos, el establecimiento de cultivos representa una pérdida de M.O. del -- 1 %. Sin embargo la influencia de ésta pérdida es mucho más elevado de - lo que podía preverse, ya que al mismo tiempo ha disminuido la velocidad de infiltración del agua.

La infiltración y captación de humedad del suelo, son procesos que están muy íntimamente relacionados con la estabilidad estructural, ya que la cantidad de agua que entra al suelo será mayor si se tienen estructu-- ras granulares y estables en agua. Asimismo, el estado estructural del - suelo ejerce una marcada influencia en la infiltración; cuanto más débil sea la porosidad y más pequeños sean los poros, se producirá en mayor es- cala el fenómeno de encharcamiento para precipitaciones de débil intensi- dad. Por otra parte, basta que una delgada capa de tierra presente poro- sidad débil para que el fenómeno de encharcamiento se manifieste y afecte en consecuencia, a toda la capa de tierra situada por encima de la Zona - compactada (49).

Meek, et. al citados por Nieto (32), encontraron que al emple- ar estiércol en suelos calcáreos arcillosos, había una correlación negati- va entre el tiempo de infiltración del agua (horas), y la M.O., es de-- cir, a mayor cantidad de M.O. en el suelo, menor tiempo le toma al agua - infiltrarse. Determinaron que un incremento del 1 % en el contenido de - M.O., disminuye en un 31 % el tiempo de infiltración. Estos resultados - muestran la valiosa ayuda que proporciona la adición de estiércol a sue-- los de zonas áridas y semiáridas, en donde el agua es escasa, por lo que- características como infiltración y captación de humedad revisten gran im

portancia.

En otro estudio Bower, citado por Richards (36), encontró que al aplicar 123.5 ton./ha. de estiércol a un suelo sódico, la velocidad de infiltración aumentaba casi al triple.

La aplicación de 25 toneladas de estiércol por hectárea, aporta cerca de 5700 kg de materia seca, la mayor parte de la cual se descompone durante el primer año. Pero incluso, con los cálculos basados en 5700 kg., las 25 toneladas de estiércol sólo retendrían 3,3 mm. de agua por hectárea de tierra arada. Por otro lado, sólo la mitad de ésta cantidad sería agua disponible para las plantas, pero de una manera indirecta, influye mucho - aumentando el volumen de poros y rellenando los poros demasiado grandes de un suelo de textura arenosa, esto es la capacidad capilar de la parte mineral del suelo, aumenta con la adición de materia orgánica (1, 49).

2.6.4.3. Efecto de la aplicación de estiércol en la densidad aparente del Suelo.

La densidad aparente se encuentra directamente relacionada con la estructura del suelo. Suelos que poseen buena agregación (suelos no compactados), y altos contenidos de M.O., tendrán valores de densidad aparente más bajos, que son los valores más favorables para los suelos agrícolas.

La densidad aparente es una característica física que aumenta con la profundidad en el perfil del suelo. Esto se debe a más bajos niveles de M.O. menor agregación y mayor compactación. La compactación fuerza al ma-

terial sólido dentro de los poros del suelo. Las labores de cultivo, así como la adición de M.O., favorecen la agregación, aumentando el espacio poroso y disminuyendo la densidad aparente. Además si comparamos un volúmen de M.O. y uno igual de sólidos minerales, encontramos que el volúmen de M.O. pesa menos que éste último, por lo que un suelo con altos contenidos de M.O., será menos denso que uno con poco o nada de M.O..

La poca cantidad de M.O., que contienen los suelos arenosos, favorecen sus altas densidades aparentes. Las partículas de los suelos de textura fina, tales como margas calcáreas, margas arcillosas, por otra parte, generalmente no están unidas entre sí. Esto resulta del hecho de que éstos suelos superficiales están bien granulados relativamente, y ello es favorecido por sus altos contenidos de M.O. (7, 33).

La granulación tiende a una forma mullida, condición porosa que resulta de unos valores bajos de densidad aparente. Por consiguiente, la densidad aparente de un suelo superficial bien granulado, de marga limosa será seguramente más baja que la de marga arenosa. Incluso en suelos de igual textura, en la superficie se observan grandes diferencias de densidad aparente cuando se comparan niveles de horizontes semejantes. Además hay tendencias diferentes para la densidad aparente a medida que se penetra en el perfil, como consecuencia del bajo contenido de M.O., menor agregación y penetración de raíces y una mayor compactación causada por el peso de las capas superiores (7).

La adición de estiércol en grandes cantidades, tiende a disminuir la densidad aparente de los suelos superficiales, así como el césped de -

ciertas gramíneas. Un cultivo intensivo, por otro lado, obra en dirección opuesta (7, 33).

Unger y Stewart citados por Nieto (32), encontraron que al aplicar estiércol a razón de 268 toneladas lha. a un suelo arcilloso del estado de Texas, E.U.A., la densidad aparente del mismo bajó de 1.37 glcm^3 en el testigo a 1.12 glcm^3 en los tratamientos con estiércol.

Bower según Richards (36), encontró que la aplicación de estiércol a razón de 123.5 ton.lha. a un suelo sódico, aumentaba la agregación estable de las partículas del suelo y disminuía notablemente la densidad aparente del mismo.

2.6.4.4. Efecto de la Aplicación de Estiércol Sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) del suelo.

La C.I.C. de un suelo se ve afectada por : 1) Clase de arcilla, 2) - Textura y 3) Porcentaje de M.O.

Si observamos el perfil de un suelo, encontramos diferencias en cuanto a la C.I.C. a través de las distintas capas. El perfil de los suelos, indica una disminución en la C.I.C. desde la parte superior del horizonte A y la Superior del B.

Este cambio es debido a la disminución del contenido de M.O. desde el horizonte A al B.

En el proceso de intercambio catiónico toman parte dos componentes - principales: Las partículas coloidales del suelo, o sea la M.O., los hidroxilos y minerales arcillosos que funcionan como cambiadores y los cationes disueltos en la solución del suelo que funcionan como componentes cambiables (7).

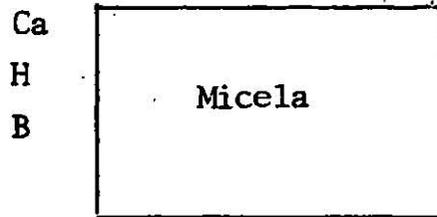
La. C.I.C. de la M.O. (o humus), es relativamente alta, y se halla comprendida entre los 150 y 250 miliequivalentes /100 g. y se explica por la gran cantidad de grupos periféricos funcionales que contiene (33).

El humus es coloidal, pero a diferencia del coloide mineral del suelo, es amorfo y no cristalino. Sin embargo, su superficie y capacidad de absorción son superiores a las que presentan las arcillas, sean de cualquier tipo.

La. C.I.C. de las arcillas silicatadas, va por lo general de 8 a 100 m.eg./100 g. .

El humus y la arcilla son complejos coloidales que tienen similar organización. La lignina modificada, los poliurónidos y las proteínas arcillosas, y algunos otros constituyentes, fraccionan como micelas complejas (7).

Las micelas húmicas, como las partículas de arcilla, llevan una gran cantidad de cationes adsorbidos (Ca^{++} , H^+ , Mg^+ , K^+ , Na^+ , etc.). De ésta forma, el humus coloidal puede ser representado por la misma fórmula estructural usada para las arcillas:



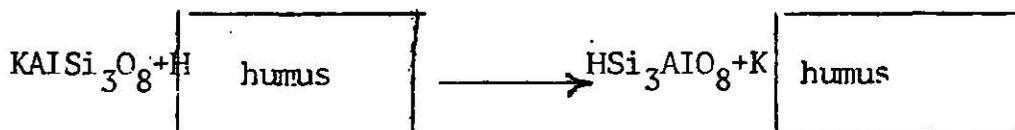
Nota: B, representa a los cationes básicos (Mg, K, Na, etc.). (7).

Cuando el humus se satura con H^+ , aumenta la asimiliación de nutrientes básicos, como el Ca, K y Mg.

Se cree que un humus $-H$, de la misma manera que una arcilla $-H$, es el que actúa generalmente como ácido ordinario y puede reaccionar con minerales del suelo, de tal forma que pueda extraer sus bases.

El humus ácido tiene una extraña capacidad de efectuar dicha transferencia, por lo que el ácido orgánico es relativamente fuerte.

Una vez efectuado el cambio, las bases afectadas se liberan en condiciones de adsorción débil y de ésta manera son más fácilmente asimilables por las plantas superiores. La siguiente reacción nos ilustra bien este punto (7).



K débilmente adsorbido y a disposición de las plantas.

Es importante recordar que un suelo mineral es una mezcla de muy diversas clases de coloides. El núcleo arcilloso cristalino, es muy estable en condiciones normales y sobre todo es activo respecto al cambio catiónico.

Las micelas orgánicas amorfas, por el contrario, son susceptibles de ser atacadas por los microorganismos y de ahí que tengan una actividad doble: el cambio catiónico y una gran liberación de energía. Estos contrastes son tan importantes, como las semejanzas coloidales ya señaladas. (7, 32).

Lund citado por Nieto (32), encontró que las aplicaciones de estiércol, incrementaron significativamente la C.I.C. de los suelos que estudió. Estos resultados nos muestran la marcada influencia que ejerce la M.O. sobre la C.I.C. de los suelos.

2.6.4.5. Efecto de la aplicación de estiércol sobre la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

La gran cantidad de CO_2 que se produce durante la descomposición de la M.O. es de gran importancia para la liberación de ciertos nutrientes, - del fósforo inorgánico especialmente. El CO_2 es disuelto en agua y da origen a la formación de ácido carbónico. Como consecuencia ocurre una disminución del pH del suelo. Este efecto puede ser de gran importancia en los suelos neutros o alcalinos. Bajo estas condiciones, la disminución temporal del pH aumentará la proporción de otros elementos liberados como el boro, zinc, manganeso y fierro, así como el fósforo.

Algunos productos intermediarios de la descomposición de la M.O., se cree que forman iones complejantes o quelantes. El fósforo o algunos de éstos oligoelementos se unen con éstos iones y se mantienen en un estado débilmente ionizado. Los iones son retenidos en contra de la fijación por parte del suelo, pero permanecen bajo una forma que puede ser aprovechada por las plantas (50).

Deficiencias de zinc han sido observadas algunas veces en suelos ricos en M.O., resultando especialmente del tratamiento con estiércoles. En otros casos, la esterilización de suelos deficientes en zinc, ha conducido a una corrección de la deficiencia. Fué observado el mismo efecto al esterilizar el suelo con vapor, éter o formalina. Estos estudios sobre el efecto de la esterilización fueron llevados a cabo en 1930 y generalmente, no han sido proseguidos. Si estos efectos son reales, ellos sugerirían que los organismos vivientes por sí mismos, puedan estar involucrados en la inmovilización del zinc.

Los efectos de la M.O. sobre la disponibilidad del zinc, no pueden separarse de los efectos del fósforo y quizá de otros constituyentes de la M.O. La opinión más generalizada, es que la M.O. "perse", probablemente no es significativa en la inmovilización de zinc (50).

Por otra parte ha sido comprobado que en los suelos ricos en M.O. y de pH neutro, los cultivos particularmente las legumbres y cereales pequeños, exhiben varios grados de deficiencia de manganeso.

Las aportaciones de estiércol, frecuentemente dan como resultado, -

que aparezcan síntomas de deficiencia a valores bajos de pH, más que en los suelos con un bajo contenido de humus. Esto ha conducido a la creencia, -- que los estiércoles formarían complejos insolubles con el manganeso divalente, convirtiéndolo así, en no disponible para las plantas.

Con frecuencia se observa en el campo, que la deficiencia en manganeso es más severa en suelos ricos en M.O. durante los meses fríos, en primavera, cuando los suelos están encharcados. A medida que los suelos se van secando y la estación va aumentando en temperatura, desaparecen los síntomas. Esto podría estar relacionado a cambios en el pH del suelo realizados por una actividad microbiológica aumentada. Se ha encontrado que el pH de éstos suelos es mayor en invierno, frecuentemente más de 7. Sin embargo, - durante el verano el valor del pH de los mismos suelos puede ser menor de - 6.5, probablemente como resultado de una actividad microbiológica aumentada (50).

Se ha encontrado que en suelos de textura gruesa, con bajo contenido de M.O., la cantidad de calcio a aplicar será menor que la que se requiere para efectuar el mismo cambio en pH, en un suelo de textura fina o uno rico en M.O.. La sobreadición de calcio de suelos de textura gruesa es comparativamente frecuente, pero un conocimiento de la química básica de los suelos puede prevenirla (50).

Asimismo, Investigadores de Oregón, E.U.A., han encontrado que la eliminación del hierro, aluminio y de la M.O. reduce significativamente las -- cantidades de sulfato retenidas por los suelos. En experimentos realizados en Oregón, se ha logrado demostrar que efectivamente la eliminación de la -

M.O. hizo disminuir la cantidad de sulfato retenido. Los investigadores explican éste fenómeno, como resultado de la presencia en el suelo, de grandes cantidades de sulfato ligado orgánicamente. Estos resultados nos permiten comprender la gran influencia del estiércol en la disponibilidad de nutrientes del suelo, como en éste caso, el sulfato. A manera general se considera que el abonado periódico con estiércol da como resultado una mayor utilización del fósforo por los cultivos subsiguientes. Comparativamente, investigaciones recientes han sugerido que los estiércoles y abonos verdes, pueden aumentar de hecho, la disponibilidad del suelo y añadir fósforo.

Diversos investigadores de la estación experimental Massachusetts, E. U.A., sugieren que ciertos aniones orgánicos provenientes de la descomposición de la M.O., podrían formar complejos estables con el Fe y Al, previniendo así su reacción con el fósforo. Fué establecido posteriormente, que éstos iones complejos liberan también fósforos previamente fijado por el Fe y el Al, por un mecanismo semejante. Los iones más eficaces para reemplazar los fosfatos, son el cítrato, el oxalato, el tartrato, el malato y el malonato, algunos de los cuales pueden estar como productos de degradación durante la descomposición de la M.O.. En base a esto, podemos afirmar que la adición de materiales orgánicos al suelo, aumentan la disponibilidad del fósforo en el suelo. Son necesarios trabajos ulteriores con estiércoles para que ésta aseveración quede establecida definitivamente (50).

Por otra parte, Investigadores de la Universidad de California, E.U.A. han descrito la fijación de amoníaco por suelos con gran contenido de M.O.. La fijación de amoníaco añadido, siguió una relación lineal. El mecanismo-

de ésta reacción de fijación no es completamente conocido, aunque se cree que los hidroxilos que se encuentran en la M.O. pueden ser el lugar de la reacción con el amoniaco añadido.

La significación agrícola de la fijación del amonio, no se considera generalmente sea muy grande. Sin embargo, ocurre y bajo ciertas prácticas agrícolas como la adición de estiércoles, éste fenómeno es más observable (50).

Por lo que respecta al cobre, su retención generalmente se ve incremta da al incrementar el contenido de M.O. en el suelo. Es máxima en turbas y estiércoles.

Cuando se aplica, el cobre a tales suelos, es retenido generalmente en la zona de colocación. Diversos trabajos de investigación han puesto de manifiesto que los complejos cobre-humus varían en su grado de estabilidad. En algunos casos el cobre es retenido tan fuertemente que no es disponible para las plantas; en éstos, las plantas son capaces de absorber el cobre de éstos complejos orgánicos.

La naturaleza de la reacción del cobre con la M.O., es muy compleja. Los experimentos realizados hasta la fecha, sugieren sin embargo, que los suelos con alto contenido de M.O. son más susceptibles a deficiencias de cobre, que aquellos suelos con cantidades más pequeñas. Es obvio, también que los suelos con igual contenido de M.O., podrán a pesar de ello, presentar diferencias en cuanto a su capacidad de volver más complejo al ion cobre (50).

2.6.5. Efecto de la Aplicación de Estiércol en la Conservación del Suelo.

Ya se ha remarcado la gran influencia que tiene la M.O. sobre la estructura del suelo. La estructura tiene, asimismo un notable efecto en la erosión. Probablemente el efecto principal de la M.O. se debe al mejoramiento que da la estructura del suelo.

La M.O. no descompuesta que se acumula en la superficie del terreno no cultivado, actúa como protección contra el impacto directo de las gotas de lluvia. Al quedar el suelo lleno de agua, ésta M.O. impide la fácil -- traslación de las aguas.

La M.O. posee una alta capacidad de retención de agua, absorbiendo de 2 a 3 veces su propio peso de agua, sin embargo ésta característica es sólo una pequeña parte de la gran influencia del humus. La disminución en la cantidad de aguas desbordadas y en la erosión, se debe al aumento de la capacidad de infiltración y a la mayor estabilidad de los agregados (24 46).

Copley, según Thompson (49), realizó estudios en terrenos experimentales de Carolina del Norte, E.U.A., desde 1933 a 1940, donde evaluó la influencia de la adición de estiércol sobre las pérdidas del suelo. El promedio de precipitación anual fué de 110 min.. El suelo era una arcilla margosa arenosa con una pendiente del 10 %. En estas condiciones, encontró - que la aplicación de 20 ton./Ha. de estiércol de establo fué más eficaz -- que 30 ton/Ha. del mismo estiércol. Copley no explicó ésta diferencia. -

Probablemente se deba a que el estiércol ya había perdido gran parte de su material de fácil descomposición, la que proporciona una gran proliferación de hongos y actinomicetos.

La aplicación de pequeñas cantidades de estiércol con cierta frecuencia, da mayores resultados en cuanto a rendimiento de cosechas y defensa contra la erosión, que la aplicación de grandes cantidades y a intervalos mayores. El uso de 20 ton./Ha. cada 4 años, por ejemplo, es más eficaz, desde el punto de vista fertilización y conservación, que el empleo de 40-toneladas por Ha. cada 8 años.

La aplicación de estiércol en otoño, en terrenos de cierta pendiente, principalmente en suelos pesados, puede determinar alguna pérdida de elementos nutritivos del estiércol, sin embargo, éstas pérdidas quedan sobrepensadas por la protección que proporciona el estiércol contra la erosión del suelo en éstas laderas inclinadas.

Ya sea para efecto de fertilización, como para conservación del suelo, se recomienda distribuir el estiércol de un modo uniforme. Para tal efecto, se deberá usar una máquina distribuidora, ya que si se distribuye a mano, la uniformidad será mucho menor (24, 46).

Las capas de estiércol y rastrojo, impiden la erosión y suministran buenas cantidades de M.O.. Experimentos realizados en Texas, E.U.A., muestran que después de una lluvia de verano, la humedad penetró en el suelo hasta 30 pulgadas en aquellos lugares en que se habían aplicado 16 tonela-

das de paja y estiércol, por acre, y que sólo penetró a 15 pulgadas, donde no se había aplicado paja y estiércol (47).

2.6.6. Efecto Residual de los Abonos Orgánicos (Estiércoles).

Las reservas nutritivas contenidas en el estiércol no son inmediatamente accesibles. El abono no realiza todo su efecto el mismo año de su aplicación, sino que actúa aún mucho después de ella.

El transcurso del tiempo durante el cuál pueden observarse los resultados o efectos de una aplicación de materia orgánica, sobre el crecimiento de un cultivo es muy notable. Según datos citados por diversos investigadores de Rothamsted, Inglaterra, se encontró que los efectos de aplicación de 32 ton./Ha. de estiércol durante 8 años, fueron observables cuarenta años después del último tratamiento. Estos son, desde luego, casos muy extremos, ya que las cantidades aprovechables de estiércol que se obtuvieron fueron observables sólo de 3 a 4 años de la última aplicación (7, 41).

El efecto residual del estiércol se debe en gran parte, a su lenta-descomposición, lo que lo hace más duradero en el terreno, en contraste con los abonos verdes, los cuáles son de rápida descomposición y aprovechamiento por los cultivos (49, 51).

Experimentos llevados a cabo en Iowa, E.U.A. han demostrado que aplicaciones de estiércol al cultivo de maíz, han producido un efecto residual hasta por 4 años. (7).

Acosta (1), en un experimento sobre efecto residual de abonos orgánicos, encontró que para producción de materia seca, la gallinaza resultó ser la más eficiente, siguiéndole el estiércol y luego el compost, tanto para maíz, trigo y sorgo. Además encontró que para los 3 cultivos y los tres abonos, dosis de 40 ton./Ha. producían la mejor respuesta.

Sería muy aventurado tratar de predecir que fracción de nitrógeno, ac. fosfórico y potasio contenidos en el estiércol, es absorbida por el primer cultivo beneficiado. Esto varía según las circunstancias cambiantes que rodean al proceso de descomposición del abono, sin embargo, en base a pruebas experimentales se ha encontrado que la asimilabilidad de los 3 principios fertilizantes del estiércol puede ser apreciado de la siguiente manera: El ácido fosfórico del estiércol se asimilará de manera comparable a las escorias de fosforación; la potasa se asimila más lentamente que las sales potásicas comerciales, el nitrógeno contenido en el estiércol en su porción amoniaco (15 %) y forma de materia orgánica (85 %), es de asimilación lenta, pero continúa (41, 49).

Cheng. citado por Arreola (4) , indica que el efecto residual de los estiércoles es más importante que su efecto, en comparación con los fertilizantes químicos. Esto queda de manifiesto en las observaciones que se lleven a cabo tanto del cultivo como del suelo.

Otros investigadores, estudiosos de la residualidad, en experimentos llevados a cabo en cultivos como algodón, sorgo y cebada, encontraron que después de 5 años de su aplicación, en un suelo arcillo-limoso, el estiércol proveía suficiente fósforo para éstos cultivos, además se demostró es-

te mismo efecto residual de fósforo en suelos calcáreos. La explicación - que dan a éste comportamiento del fósforo, esta dada en base a la estabilidad de la M.O. del estiércol al estímulo de la actividad microbiana y a la asociación del fósforo con algunos componentes orgánicos que lo hacen tener menor movilidad que el fósforo proveniente de fertilizantes químicos.

De igual forma, se encontró que las aplicaciones de estiércol en suelos calcáreos, producen mayor movilidad del fósforo, la cuál está asociada con un incremento de sus fracciones orgánicas, además su distribución en - el perfil del suelo, aumenta con la actividad microbiológica (4).

La experimentación con estiércoles, llevados en el campo, a lo largo de muchos años, han hecho pensar a los investigadores que 1/3 del nitrógeno, total es utilizable durante el primer año, una tercera parte se pierde por lixiviación y volatilización y el resto se puede aprovechar por los -- cultivos en los 2-3 años siguientes.

Si bien es cierto que las pérdidas de nitrógeno son comunes, también es cierto que hay pérdidas de los demás nutrientes que se vuelven insolu-- bles en el suelo y por ende, inaprovechables para las plantas, si éstas no los usan antes (48).

Goswami según Arreola (4). encontró que la adición de 30 a 40 ton: métricas de estiércol a cultivos experimentales, produjeron efectos resi-- duales observables por 5 a 6 años. Además se observó efecto residual en - las características físicas del suelo, ya que la compactación del suelo se redujo durante los dos primeros años, y la estabilidad de los agregados se

incrementó por 4 años. También se observaron cambios en cuanto a las características biológicas del suelo, ya que hubo un incremento en la población microbiana, incluyendo bacterias y nitrificadoras y azotobacter.

Kosatikov y Kosatikova citados por Arreola (4), llevaron a cabo experimentos con estiércoles en rotación de cultivo, papa y cebada en primavera y trigo y cebada en invierno, durante tres años en suelos moderadamente arenosos. Los tratamientos que ellos usaron fueron: Sembrar la papa y el trigo sin fertilizar en un caso y en el otro caso se aplicó de 15 a 60 ton/Ha. de : 1) Residuos de cosecha con estiércol y 2) Estiércol sólo. Al cabo de 3 años de experimentación, observaron que los rendimientos en cebada fueron superiores en los tratamientos en los cuales se adicionó estiércol, que en los tratamientos sin estiércol, quedando comprobada de esta manera la gran influencia del estiércol sobre el rendimiento de las cosechas.

Asimismo, Hiroce citado por Arreola (4), al estudiar el efecto residual de 2 años de aplicación de estiércol de corral y de NPK en un suelo podzólico, encontró que el complejo NPK traía cambios químicos desfavorables en el suelo como el abatimiento del pH y el contenido de calcio y de magnesio del mismo. Al llevar a cabo el análisis foliar, encontró efecto residual del potasio proveniente del complejo N-P-K.

Crowther citado por Russell (41), en estudios llevados a cabo en suelos ligeros, constantemente cultivados con trigo o cebada durante 50 años, observó que el nitrógeno descendía desde 0.16 a 0.10 % durante éste período si no se aplicaba estiércol de cuadra, pero se mantenía en ese nivel al suministrar-

de 15 a 18 Ton./Ha.. También encontró que en las parcelas que recibían abono de cuadra, aproximadamente el 30 % del nitrógeno proveniente del estiércol permanecía en el suelo, a pesar de que en éstas parcelas se perdía la mitad del nitrógeno adicional, en los 5 años inmediatamente después de éste período, durante los cuales se dieron 2 barbechos y se recolectaron 3 cosechas.

Las aplicaciones de estiércol, por lo general nos muestran una influencia muy favorable sobre el rendimiento de los cultivos durante varios años. Estos efectos observables durante más tiempo que los efectos producidos por los fertilizantes químicos (49, 51).

Millar (31), asegura que la residualidad de los estiércoles se debe en gran parte a la lenta asimilabilidad de ciertos constituyentes de los nutrimentos contenidos en el estiércol, en parte, a que una porción de la M.O. puede durar varios años y contribuir a aumentar la cantidad de nutrimentos solubles presentes en el suelo, y por otra parte, a que en el suelo hay una mayor cantidad de raíces y rastrojos de cultivos anteriores que también proporcionan nutrientes a las plantas, al descomponerse.

Podemos afirmar en base al efecto residual anteriormente mencionado, que el estiércol en la práctica general, debe aplicarse a los suelos cultivados cada 3 o 4 años.

Esta sugerencia se puede cambiar bajo casos excepcionales. como por ejemplo, cuando se dispone de estiércol en cantidades suficientes y se van a levantar cosechas especiales; en éstos casos se recomienda la aplicación anual (48).

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización del experimento.

El presente estudio se llevó a cabo en terrenos del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, (F.A.U.A.N.L.) ubicada en el municipio de Marín, N.L. durante el ciclo agrícola de invierno 1984-1985. El lugar geográficamente se sitúa a $25^{\circ} 53'$ latitud norte y $100^{\circ} 03'$ de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altura de 367.3 metros sobre el nivel del mar.

Según el sistema de clasificación de Köppen, modificado por Enriqueta García, el clima de la región comprendida por Marín, N. L. está representado por:

$$BS_1 (h') h x' (e')$$

Donde los términos significan:

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

(h') h=Temperatura media 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 intermedias entre verano e invierno, con un porcentaje de lluvia mayor de 18 %.

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

El tipo de suelo donde se realizó el presente experimento es calcáreo, sedimentario, de textura arcillosa (arcilla 32 %, limo 46.52 % y arena 21.48 %) y el pH es de 7.4, o sea, ligeramente alcalino. Con respecto al contenido de M.O., son suelos pobres o moderadamente pobres.

3.2. Materiales y aparatos.

Semilla de Trigo, Variedad Pavón F-76.

Las características más sobresalientes de ésta variedad, según S.A.R.H. (1977), son:

Carácteres	Descripción.
Días a Floración.	91 a 107
Días a madurez Fisiológica	150
Altura de la planta	100 cm.
% de Germinación	95
Color de Espiga	crema
Color de grano	blanco
Calidad del glúten	Fuerte
Reacción a roya del tallo	R (Resistente)
Reacción a roya de la hoja	R
Calidad	Harinero

Aparato Medidor del Módulo de Ruptura. Este aparato, consiste en -- una plataforma de madera, sobre la cual va acoplado un marco del mismo material y una balanza granataria. El marco, tiene un tornillo que va roscado libremente a una tuerca incrustada en el travesaño, lo cuál le permite tener movimiento vertical ajustable. El tornillo trae soldada una navaja, cortapluma, de tal manera que al girar el tornillo hacia la derecha o hacia la izquierda, podremos regular la posición de la navaja, según convenga. La función de la navaja, es la de cortar los pequeños ladrillos simuladores de la costra del campo que previamente se habían obtenido de las muestras de suelo.

La balanza granataria se colocó en una posición tal que, el centro del plato de ésta, quedara justo por debajo de la navaja cortante. Al centro del plato de la balanza, se le acopló la pequeña base que sostiene a los ladrillos; dicha base es de madera y en ella (en sus extremos) van incrustadas paralelamente dos placas metálicas cuya función es la de sostener al ladrillo. De ésta forma, al agregar peso a la balanza, el plato de ésta, eleva al ladrillo, el cuál con un determinado peso sería quebrado en su parte media, al ser presionado en contra de la navaja cortante. Ver figura 4.

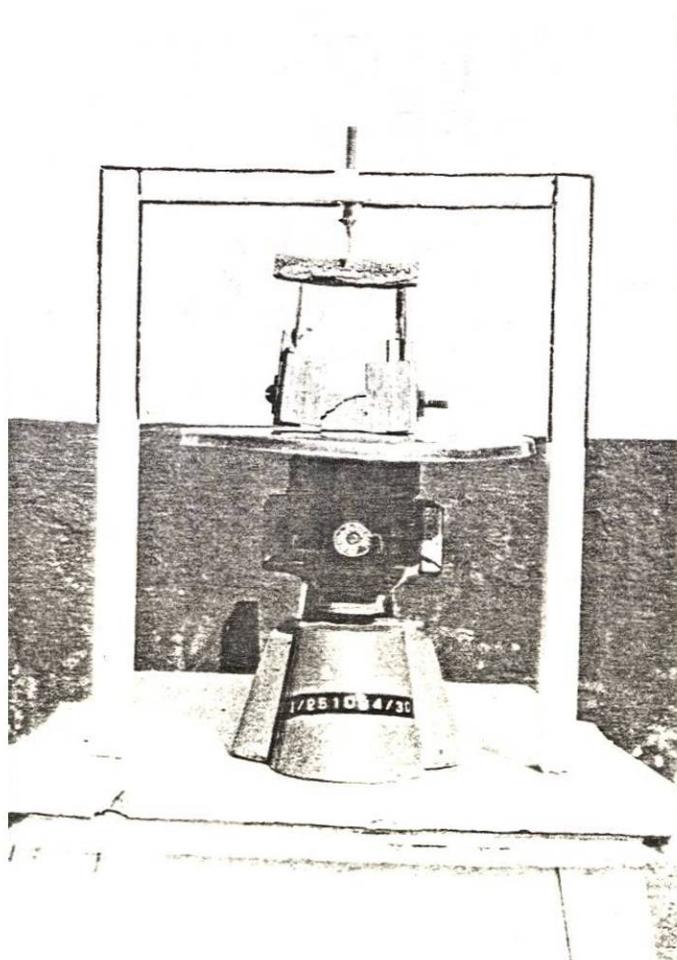
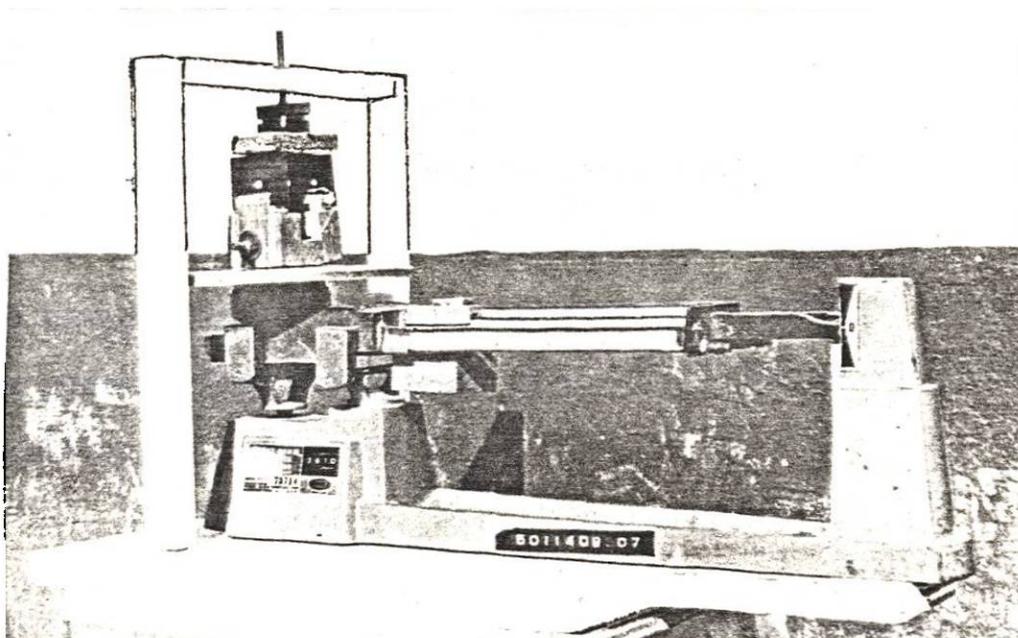


Figura 4. Vistas lateral y anterior del aparato medidor de módulo de ruptura.

Moldes para elaboración de ladrillos. Los moldes empleados, consisten en rejas, las cuales se forman con tiras de madera de 1 cm^2 de espesor. Su capacidad es de noventa y ocho pequeños moldes, cuyas medidas son 3.5 - cm. X 7 cm. X 1 cm. de altura. Bajo esta reja se encuentra una malla mosquitera cuya función es la de servir de piso permeable, a través del cuál el agua humedece las muestras colocadas en los moldes para formar los pequeños ladrillos. (ver figura 5).

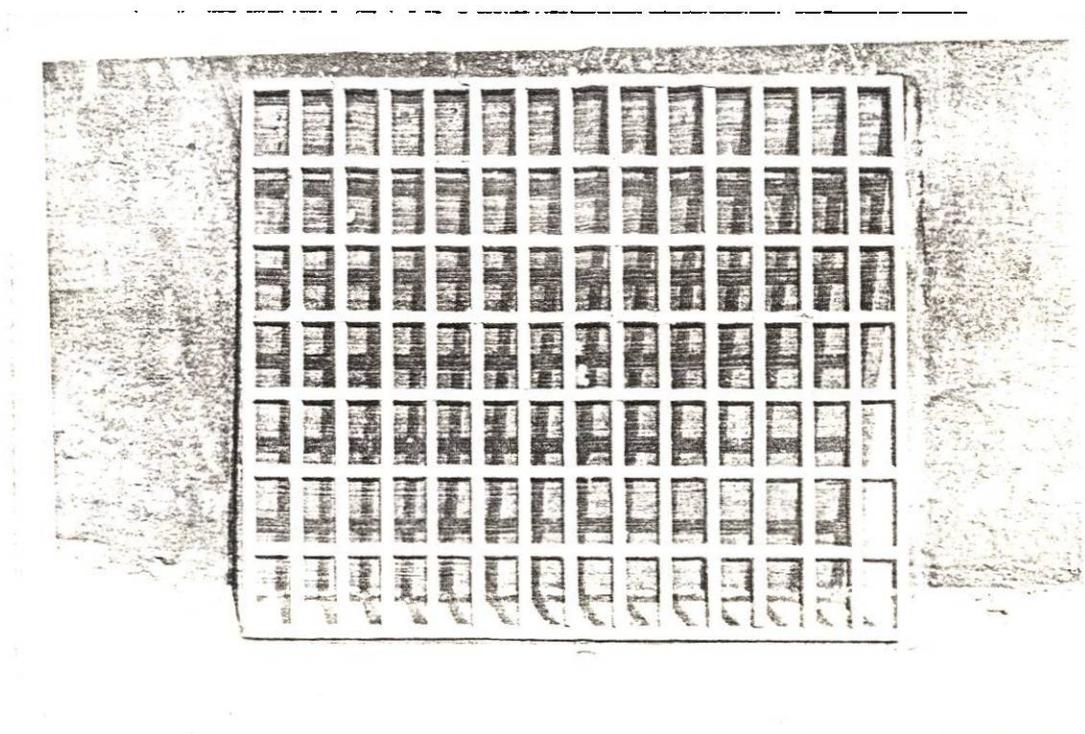


Figura No. 5. Moldes empleados para la elaboración de ladrillos que simulan las costras del campo.

Penetrómetro de cono, tipo militar (modelo CN-970). El instrumento usado para medir la dureza de la costra en el campo (además del grado de compactación de un suelo), es conocido como penetrómetro y consta de las siguientes partes: perilla de apoyo tipo " T "; varilla de penetración; cono que va en la parte inferior de la varilla de penetración y es el encargado de romper la costra; anillo indicador, el cuál se deflexiona según sea la dureza de la costra y por último, la carátula indicadora, que registra la deflexión sufrida por el anillo indicador.

Existen diversos tipos y formas de penetrómetros los cuales muestran diferencias en su grado o cantidad de penetración por unidad de fuerza aplicada. El instrumento anteriormente descrito se presenta en la figura 6.

Barrenas de Densidad Aparente (" Huland ") y de Caja. La barrena utilizada para determinar densidad aparente, llamada también barrena " Huland ", consta de una serie de tubos con rosca que sirven de soporte y apoyo; un martinete, mediante el cual se empuja y se conduce a la penetración y un cilindro de volúmen conocido, el cuál recoge la muestra uniforme. -- Por otra parte, la barrena de caja, usada en el presente experimento para obtener muestras para determinaciones de módulo de ruptura y M.O., es una barrena larga, con un cilindro en su parte inferior el cuál recoge la muestra al aplicar una fuerza con un movimiento giratorio por tener el cilindro en su parte inferior dos prolongaciones que sirven como cuchillas las cuales están encontradas y con su filo, socavan el suelo y lo incorporan al cilindro. (ver figura 7).

Otros Materiales. Haremos mención en éste apartado, de implementos usados como son: tractor, rastra, sembradora de grano fino, báscula granatoria, herramientas como azadones, palas y talachos, además cinta métrica, estacas de madera, mecates, bolsas de polietileno y frascos de vidrio.

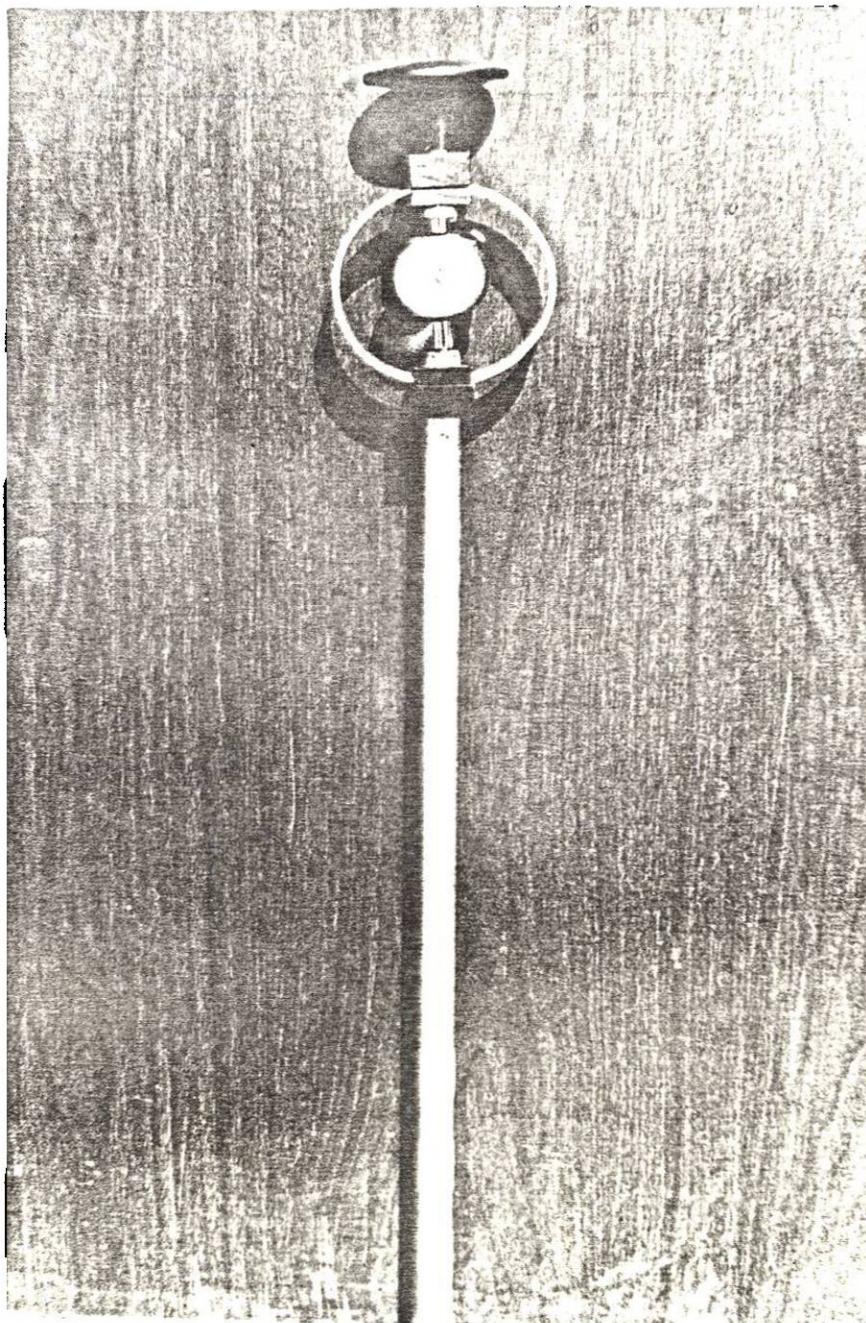


Figura 6. Penetrómetro utilizado para determinar la dureza de la costra - directamente en el campo.

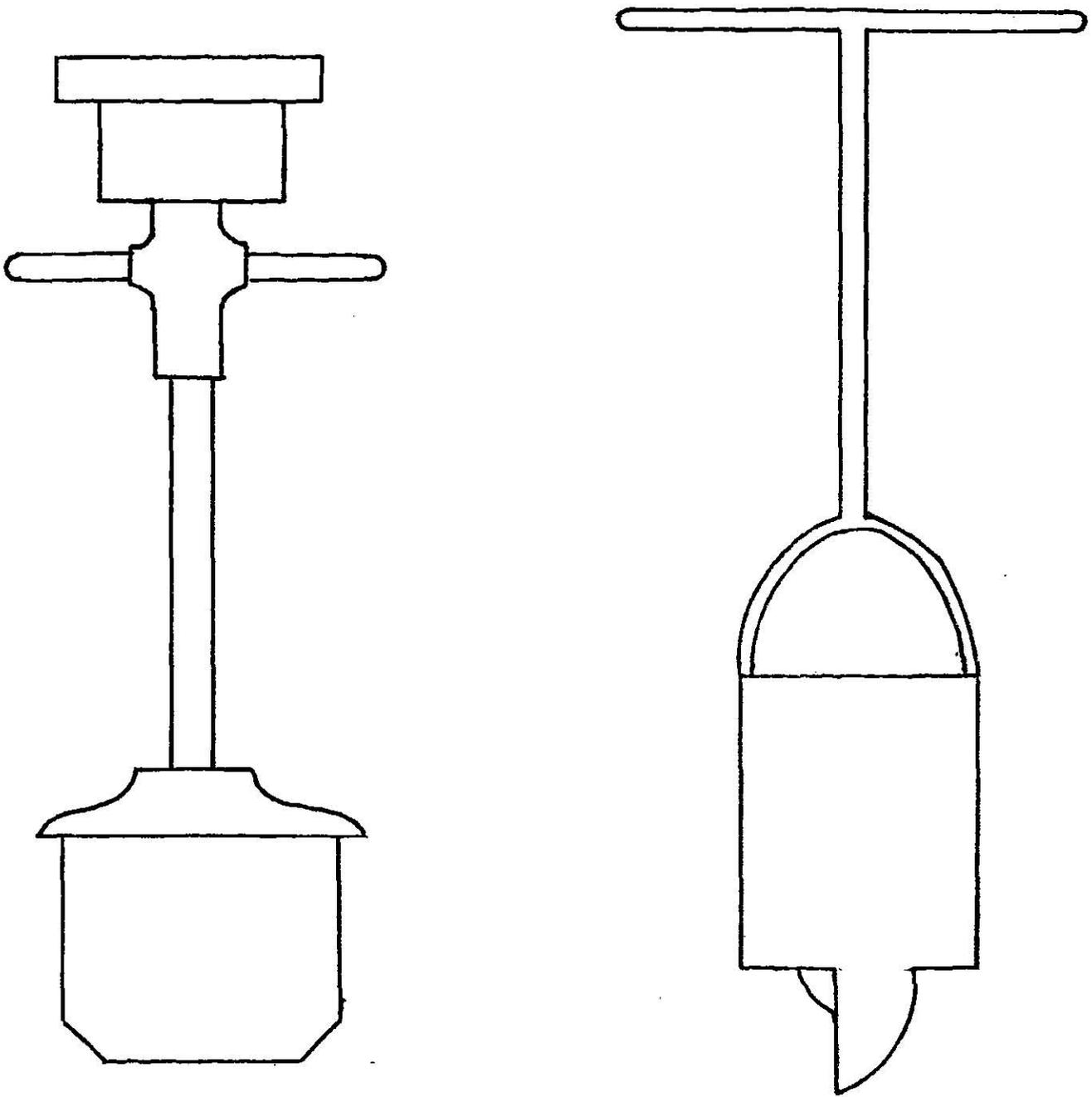


Figura 7. Barrenas para densidad aparente (izquierda) y barrena de caja.

3.3. Descripción del Método.

3.3.1. Descripción del Método Usado.

El presente experimento forma parte de una serie de trabajos que tienen como finalidad estudiar el efecto residual del uso de la interacción de estiércoles de cabra-vaca-gallina, sobre las características físicas y químicas del suelo. Dichos trabajos se iniciaron en el verano de 1983. En la tabla 6 presentamos el orden cronológico en que se han desarrollado estos.

Tabla 6. Trabajos de evaluación de costra y efecto residual de la interacción de estiércoles de cabra-vaca-gallina, llevados a cabo a partir del verano de 1983 a la fecha, en el mismo lote experimental.

Ciclo	Fecha	Cultivo	Variedad
1	30/ 7/1983	Frijol	Selección 4 Delicias 71
2	21/12/1983	Trigo	C.I.A.N.E.
3	*	*	*
4	21/12/1984	Trigo	Pavón F-76

Nota: (*) El tercer ciclo no se pudo llevar a cabo, por causas fuera de control del proyecto.

La densidad de siembra utilizada en el cuarto ciclo, tema en torno al cual gira el presente experimento, fué de 120 Kg./ha. La delimitación del lote experimental se llevó a cabo desde el primer ciclo de cultivo. Dicho lote constó de tres bloques, cada uno de los cuales era una repeti-

ción, esta contenía dieciseis unidades experimentales en donde se aleatorizaron los dieciseis tratamientos. La preparación del terreno consistió de un barbecho y dos pasos de rastra, aplicándose luego el estiércol mediante otro paso de rastra.

Las labores realizadas en el presente ciclo antes de la siembra fueron las siguientes:

Se cortó la maleza usando chapoleadora y sacando del terreno todos los residuos de maleza para evitar que éstas interfirieran con el contenido de M.O. del suelo. Después se dieron dos pasos de rastra sinderribar los bordos que dividían los tratamientos. El segundo paso de rastra se dió en sentido contrario al primero con la finalidad de mantener a los tratamientos en su posición original, o sea evitar que se desplazaran, y para desmenuzar bien los terrones que quedaban en el terreno. Después se estacó el lote experimental, siguiendo los puntos de referencia existentes para delimitar los tratamientos y se trazaron los bordos y regaderas, utilizando para ello tractor con bordeadora de discos. Las labores aquí descritas fueron las mismas para todos los ciclos anteriores.

En la tabla 7 describiremos las labores llevadas a cabo en el presente experimento desde la siembra hasta labores de post-cosecha, con el fin de facilitar la comprensión e interpretar más eficientemente la metodología desarrollada en el presente experimento.

Tabla 7. Labores llevadas a cabo en el presente experimento en orden cronológico, donde D.A. es densidad aparente; H^o es humedad y M.O. es materia orgánica.

Fecha	Días transcurridos	Labor realizada.
21/12/1984	-	Siembra.
23/12/1984	2	1er Riego.
10/2/1985	51	2o. Riego.
17/3/1985	86	Lectura de altura Llenado.
30/3/1985	99	3er. Riego.
7/4/1985	107	Lectura de Altura Masoso.
30/4/1985	130	Cosecha.
2/5/1985	134	Trilla.
4/5/1985	134	Muestreo de suelo D.A. y H ^o .
6/5/1985	136	Penetrómetro.
10/5/1985	140	Muestreo de Suelo M.O..

Cabe aclarar que en el intervalo entre riegos aplicados, se procedió a hacer deshierbes manuales, empleando azadones y machetes, para evitar la competencia presentada por la maleza al cultivo (competencia por luz, espacio, nutrientes y agua). Asimismo, es importante señalar que durante el desarrollo del cultivo no se aplicó ningún agroquímico, debido a que el cultivo no presentó síntomas de ataque de patógenos.

3.3.2. Diseño Experimental.

En el presente experimento se utilizó un diseño bloques al azar con tres repeticiones y 16 tratamientos, con lo cual se generaron 48 unidades experimentales.

Cada unidad experimental está integrada por una parcela de 8 metros de largo y 4 metros de ancho. (ver figura 8).

El modelo es el siguiente: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable bajo estudio.

μ = Es la media verdadera general.

τ_i = Es el efecto verdadero del i -ésimo tratamiento.

β_j = Es el efecto verdadero del j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Es el error aleatorio asociado a la j -ésima unidad experimental surgen por el efecto conjunto de todos los factores no controlados por el diseño y que causan eterogeneidad en las observaciones.

3.3.2.1. Modelo de regresión.

Para el presente experimento se ha propuesto un modelo polinomial cuadrático con tres factores (estiércol de cabra, vaca y gallina). Esta respuesta estimada, consiste en la siguiente expresión:

$$\bar{Y}_k = B_0 + B_1C + B_2V + B_3G + B_4C^2 + B_5V^2 + B_6G^2 + B_7CV + B_8CG + B_9VG + \bar{\epsilon}_K;$$

con $K=1,2,3,\dots,16$.

en donde:

\bar{Y}_k = Es la media del K -ésimo tratamiento.

C, V Y G= Son las unidades del primero, segundo y tercer factor (estiércol de cabra, vaca y gallina, respectivamente (ver tabla 8).

B_0 =Intersección de la ecuación de regresión con la ordenada al origen.

B_1, B_2 y B_3 =Parámetros de los efectos lineales.

B_4, B_5 y B_6 =Parámetros de los efectos cuadráticos.

B_7 =Parámetro de la interacción del estiércol de cabra y vaca.

B_8 =Parámetro de la interacción del estiércol de cabra y gallina.

B_9 =Parámetro de la interacción del estiércol de vaca y gallina.

\bar{e}_k =Error aleatorio de la media del K-ésimo tratamiento con $E(\bar{e})=0$, - -
 $E(\bar{e}^2)=\frac{\sigma^2}{r}$, donde σ^2 es la varianza teórica del error experimental y r el número de repeticiones por tratamiento.

3.3. Descripción de los Tratamientos.

El estiércol vacuno y la gallinaza utilizados en el presente experimento, proceden de los establos y granjas situados en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., mientras que el estiércol de cabra proviene de los corrales del Proyecto Caprino " San José ", de la misma facultad, situado en Villa de García, Nuevo León. En cuanto a su estado de madurez, estos estiércoles son considerados " estiércoles jóvenes ".

Los niveles probados en cada uno de los tratamientos, fueron seleccionados a criterio del investigador, basándose para ello en estudios anteriores, por lo que no sufrieron ningún arreglo. (Ver tabla 8).

Tabla 8. Dosis de Estiércol de cabra (C), vaca (V), y gallina (G),- correspondientes a cada tratamiento, en toneladas por hectárea.

Tratamiento	C	V	G.
1	25	25	25
2	25	25	75
3	25	75	25
4	25	75	75
5	75	25	25
6	75	25	75
7	75	75	25
8	75	75	75
9	50	50	50
10	00	25	25
11	100	75	75
12	25	00	25
13	75	100	75
14	25	25	00
15	75	75	100
16	00	00	00

Tabla 9. Dosis de estiércol, incorporadas en el verano de 1983, en cada parcela experimental de 32 m² de superficie, equivalentes a los niveles de estiércol de cada tratamiento, en toneladas por hectárea.

Nivel de Estiércol (ton./ha.)	Kg-de estiércol/parcela de 32 m ² , ajustados por humedad.
0	0
25	80
50	160
75	240
100	320

Las hipótesis estadísticas que se plantean son las siguientes:

Ho: No existe en realidad, efecto residual de la interacción de estiércoles cabra-vacuno-gallinaza para las variables estudiadas.

H1: Existe en realidad, efecto residual de la interacción de estiércoles cabra-vacuno-gallinaza, para las variables estudiadas.

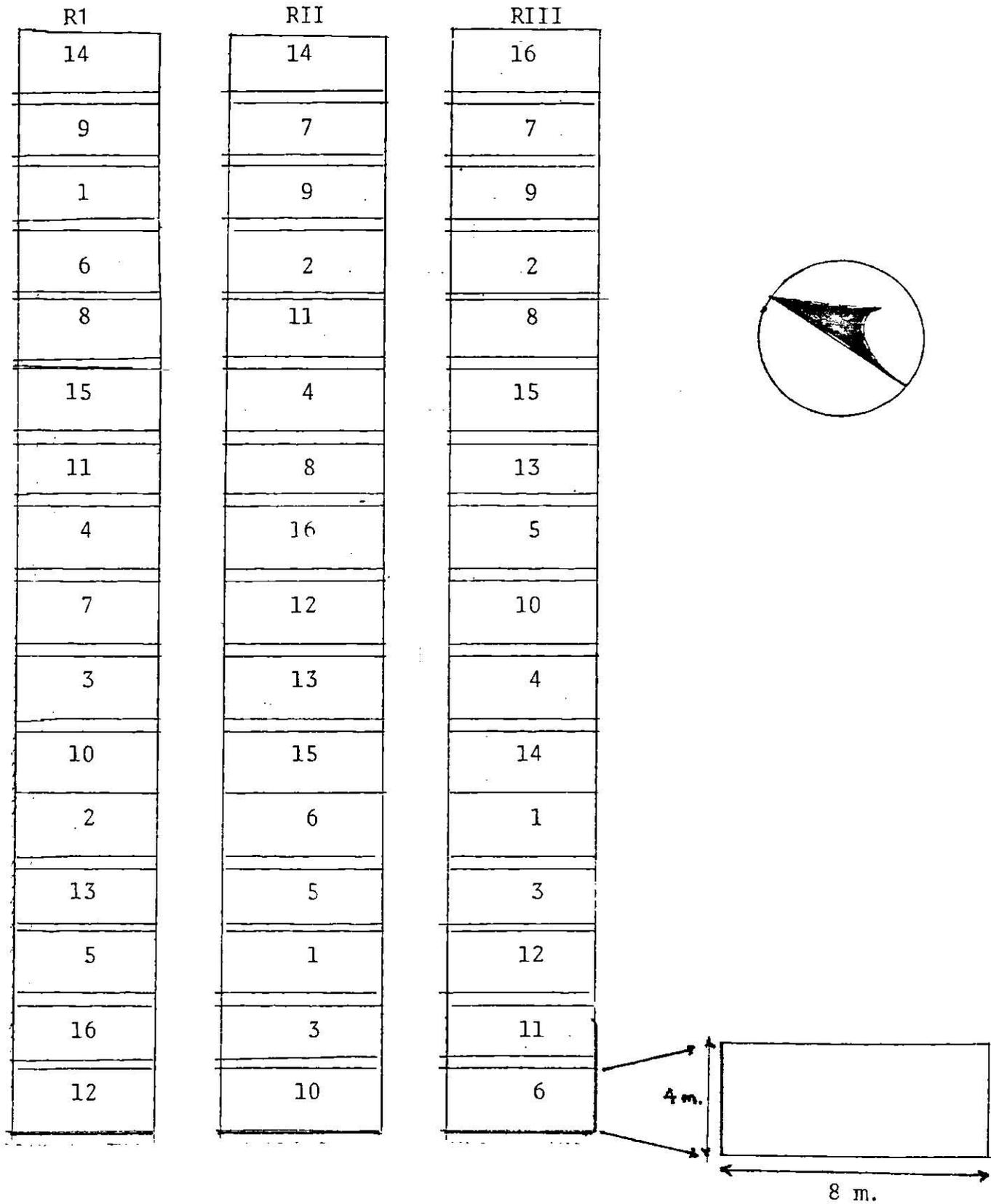


Figura 8. Croquis del experimento y forma en que fueron distribuidos aleatoriamente los tratamientos en el campo.

3.4. Procedimientos de recolección de datos.

En seguida describiremos la metodología utilizada en la recolección de los datos de cada variable considerada en el presente estudio.

3.4.1. Variables con respecto a la planta.

En el presente experimento, la unidad experimental ocupaba un área de 32 m^2 , pero la parcela útil presentó una superficie de 9.2 m^2 , debido a que se eliminó 1 m . de cabeceras y 1.15 mts. a ambos lados de la unidad experimental (además del m^2 central).

Rendimiento de Grano Por Hectárea (RGH). Esta variable se obtuvo del peso del grano producido por la parcela útil, eliminándose las plantas presentes en el m^2 del centro de la parcela útil. El peso obtenido en cada parcela de 9.2 m^2 fué transformado después a toneladas por hectárea.

Rendimiento de Grano por Metro Cuadrado (RGM). Este rendimiento se obtuvo cosechando las plantas contenidas en el metro cuadrado del centro de la parcela útil para lo cuál se midió correctamente, se pestacó y se hiló. El grano obtenido se pesó correctamente.

Número de Espigas por Metro Cuadrado. (NE). Se obtuvo contabilizando la totalidad de espigas encontradas al cosechar las plantas presentes en el metro cuadrado del centro de la parcela útil. Para realizar los análisis de varianza los datos fueron transformados empleando la siguiente

fórmula: $\sqrt{NE+1}$, donde NE es el número de espigas por metro cuadrado.

Peso de Paja por Metro Cuadrado. (PP). Esta variable fué obtenida al pesar el total de las plantas cosechadas en el metro cuadrado de la parcela útil, restándose posteriormente el peso del grano.

Altura de Planta. Se tomaron dos lecturas: Altura de planta al período de llenado de grano (ALL) y altura de planta al estado de grano masoso (AM). En ambos casos, se midieron 10 plantas de la parcela útil aleatoriamente escogidas, procediéndose después a sacar un promedio en los dos casos para tener una altura representativa.

Nota: La altura se consideró desde la base del tallo hasta la punta de la espiga.

3.4.2. Variables Estudiadas con Respecto al Suelo.

Contenido de Materia Orgánica (M.O.). Se obtuvo al final del ciclo tomándose dos muestreos de suelo, a profundidades de 0-15 centímetros (M.O.₁) y 15-30 cms. (M.O.₂), en el centro de la parcela útil. Para ésto se utilizó una barrena de caja. Las muestras obtenidas fueron puestas a secar en un lugar seco y seguro, después se tamizaron, para posteriormente ser llevadas al laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L. para ser analizadas por el método Walkley y Black. Para realizar los análisis de varianza y las pruebas de Tuckey, los datos fueron transformados de la siguiente forma: $\text{Sen}^{-1} \sqrt{p}$, donde Sen^{-1} es la función seno inverso y p es el contenido de ma

teria orgánica expresado en porciento.

Densidad Apárente . (D.A.). Se obtuvo mediante el método de la barrena. Se procedió a tomar las muestras de suelo a 0-15 cms. de profundidad (D.A.₁) y 15-30 cms. (D.A.₂). La barrena toma la muestra de suelo - en un cilindro de volúmen conocido. Se coloca inmediatamente después éste volúmen de muestra en un frasco de vidrio y son llevados a la estufa para ser secadas a peso constante a temperatura de 50°C. Enseguida se procedió a pesar las muestras, previamente destarado el peso del frasco que las contenía. El valor resultante (peso de suelo seco), fué dividido entre el volúmen del cilindro muestreador (155.6576 cm³), para obtener la densidad aparente en gramos por centímetro cúbico, (gr/cm³).

Humedad de Suelo (H^o). Aquí se utilizaron las mismas muestras para determinar D.A., solo que en este caso se tomó la lectura del peso en húmedo, y luego también en seco, es decir, las muestras obtenidas con la barrena para densidad, se pesaron antes y después de entrar a la estufa, para enseguida, con la ayuda de la siguiente fórmula determinar el porcentaje de humedad; % humedad = $\frac{psh-pss}{pss} \times 100$; donde psh: peso del suelo húmedo, ;pss: es el peso del suelo seco.

Al igual que en el caso de porcentaje de M.O., los datos obtenidos fueron transformados para su análisis de la siguiente manera: $\text{Sen}^{-1} \sqrt{p}$, en donde Sen^{-1} es la función seno inverso y p es la proporción.

Módulo de Ruptura (M.R.). Esta determinación se realizó a dos pro

fundidades, 0-15 cms. (MR_1) y 15-30 cms. (MR_2). Cada muestra previamente seca y tamizada proveniente de cada una de las parcelas experimentales - fué utilizada para llenar cinco moldes que proporcionarían los cinco ladrillos que simularían las costras del campo, y que representarían cinco repeticiones para cada parcela experimental (se utilizaron rejas que contenían 98 pequeños moldes de 3.5 cm X 7 cm. X 1 cm, las cuales se colocaron sobre una plataforma de lámina). Los moldes fueron llenados un poco más arriba del tope para compensar la contracción sufrida por las muestras por efecto del secado. Inmediatamente después se humedecieron las muestras por capilaridad, esto se logró, dando una pequeña inclinación a la plataforma sobre la cuál descansaba la reja, y aplicando agua muy suavemente, la cuál fluiría por debajo de los moldes, humedeciendo las muestras a través de la malla mosquitera que servía también de piso al molde. Las rejas con las muestras bien humedecidas, fueron llevadas al cuarto de secado a temperatura de 50°C para ser secadas hasta peso constante, lo cuál ocurría en un lapso de veinticuatro horas. Las muestras bien secadas convertidas en pequeños ladrillos, eran retiradas del cuarto de secado y listas a ser colocadas en el aparato medidor del módulo de ruptura. La balanza granataria, primero que nada, debía estar balanceada en cero, para lo cuál se debió destarar el peso del ladrillo y de la base que lo sostenía. Después se procedió a ajustar la navaja cortante de tal manera que solo estuviera rozando la parte media del ladrillo. Inmediatamente después, se procedió a añadir gradualmente peso a la balanza, registrándose el peso necesario para causar la ruptura de cada ladrillo. De esta forma al ser rotos los cinco ladrillos de cada parcela experimental se tomaba el promedio que representaría al tratamiento asignado a dicha parcela.

Los datos obtenidos fueron después sometidos a cálculos, para lo cuál se utilizó la siguiente fórmula:

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

Donde: F=Fuerza aplicada (dinas)

L=Distancia entre los puntos de apoyo que sostienen al ladrillo (cms.).

b=Ancho del bloque (cms.).

d=Espesor del bloque (cms.).

Cuando expresamos F en dinas (gramo-peso $\times 980 \text{ cm/seg}^2$) y L, b y d en centímetros, la expresión " S " quedará expresada en dinas. cm^2 , pero el módulo de ruptura también se puede expresar en bares o milibares (1 bar = 1000 milibares = $10^6 \text{ dinas.cm}^{-2}$). Las determinaciones del presente experimento se hicieron en bares para facilitar el manejo de datos en los análisis estadísticos. A continuación, presentamos un ejemplo, de como se transforman los datos obtenidos, para facilitar su comprensión.

Ejemplo:

Fuerza \bar{X} = 1880.33 grs.

$$S = \frac{3 (1880.33 \text{ grs}) (5.08 \text{ cm})}{2 (3.5 \text{ cm}) (1 \text{ cm})^2}$$

$$S = 4093.747 \text{ grs./cm}^2$$

$$S = 4093,747 \text{ grs./cm}^2 (980 \text{ cm/seg}^2)$$

$$S = 4011872.1 \text{ Dinias/cm}^2$$

$$S = 4.01 \text{ bares}^*$$

* 1 bar = 10^6 dinas/cm².

En la figura 9 se muestra la ilustración de un ladrillo de tamaño natural con sus respectivas dimensiones, para la determinación del módulo de ruptura.

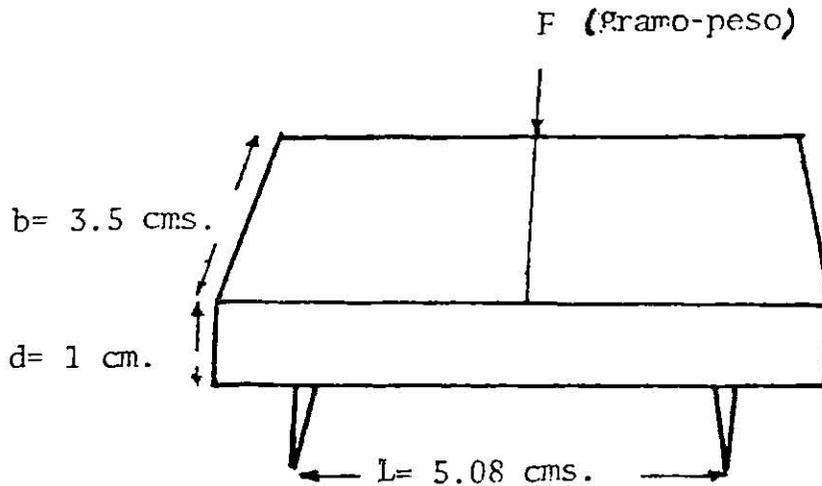


Figura 9. Ladrillo tamaño real para módulo de ruptura. F , es la fuerza o peso necesario para romper el ladrillo; L , es la distancia entre los soportes del ladrillo; b , es el ancho del ladrillo y d es el espesor del ladrillo.

Dureza de la costra medida con el penetrómetro (LP). Las lecturas del penetrómetro tienen la finalidad de evaluar la dureza de la costra directamente en el campo. Estas lecturas se obtuvieron utilizando un penetrómetro de cono, como el mostrado en la figura 6. Los valores obtenidos se expresaron en kilogramos sobre centímetro cuadrado (Kg/cm²), dichos valores son el promedio de cinco lecturas tomadas en cada parcela experimental,

cuyos puntos de apoyo son escogidos al azar. Posteriormente, utilizando la gráfica del anillo probador, los datos obtenidos son transformados a - - - Lb/plg², después a gr/cm², posteriormente a dinas/cm² y finalmente a Bares.

Ejemplo:

Lectura de la carátula $\bar{X}=170$

valor ajustado en la gráfica= 50 Lb/plg²

$$\begin{aligned} & \frac{50 \text{ Lb}}{\text{plg}^2} \cdot \frac{1 \text{ plg}^2}{6.416 \text{ cm}^2} \cdot \frac{1 \text{ gr}}{0.0022 \text{ Lb}} \\ &= 3522.734 \text{ gr/cm}^2 \\ &= 3522.734 \text{ gr/cm}^2 (980 \text{ cm/seg}^2) \\ &= 3452279.6 \text{ dinas/cm}^2 \\ &= \frac{3452279.6 \text{ dinas}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{1 \text{ Bar}}{10^6 \text{ dinas/cm}^2} \\ &= \bar{3}.45 \text{ Bares} \end{aligned}$$

Mediante las lecturas directas de la carátula y las ya transformadas a Bares, se determinó la Ecuación de regresión para penetrómetro, la cuál está representada por:

$$\begin{aligned} \hat{Y} &= B_0 + B_1 X_1 \\ \hat{Y} &= -0.3077412 + 0.0221684X. \end{aligned}$$

Ejemplo:

Lectura de la carátula $\bar{X}= 170$

$$\hat{Y} = -0.3077412 + 0.0221684 (170)$$

$$\hat{Y} = 3.46 \text{ Bares}$$

X_1 = lectura de la carátula \bar{X} .

4. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos para las variables bajo estudio, se presentan a manera de resúmen en las tablas 10, 11 y 12, en donde se pueden apreciar los análisis de varianza para todas las variables y las pruebas de Tukey, para la comparación de medias de tratamientos que mostraron significancia.

Tabla 10. Resúmen de los análisis de varianza de las variables estudiadas.

Variable	S.C. Trats.	S.C. Error	F cal.	X \bar{X} gral.	% C.V.
g de L.	15	30			
RGH	1445740.500	6426360.00	0.450 N.S.	3.528.19	13.11
RGM	0.136	0.163	1.675 N.S.	0.37	19.11
NE	225,846.797	166328.50	2.716 N.S.	518.94	14.34
PP	448,057.719	394026.31	2.274 +	633.35	18.09
AM	120.295	279.359	0.861 N.S.	73.87	4.130
ALL	161.110	146.965	2.192 +	47.41	4.668
MOI	17.820	7.084	5.031 ++	3.43	14.16
MO2	6.381	9.680	1.318 N.S.	2.83	20.08
DA1	0.094	0.160	1.175 N.S.	1.23	5.748
DA2	0.241	0.382	1.258 N.S.	1.38	8.26
HS1	287.500	739.238	0.778 N.S.	18.48	26.89
HS2	743.004	862.619	1.723 N.S.	13.95	38.43
MR1	16.197	16.661	1.944 N.S.	3.63	20.52
MR ₂	20.477	33.114	1.235 N.S.	3.79	27.73
LP ²	1.252	1.877	1.335 N.S.	3.34	7.51

S.C. Trats= Suma de cuadrados de los tratamientos

S.C. Error=Suma de cuadrados del error

F Cal= Valor de F calculada

\bar{X} gral.= Media general para cada variable

% C.V.= Coeficiente de variación expresado en porcentaje

g de L= Grados de libertad para cada fuente de variación

N.S.= Diferencia no sign. ($P \leq 0.05$)

+ Diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$)

+ + " altamente significativa entre tratamientos ($p \leq 0.01$)

Los análisis de varianza (A.N.V.A.), demostraron que los tratamientos de las variables de peso de paja, contenido de M.O. del suelo a profundidad de 0-15 cm. y altura de planta al período de llenado de grano, son estadísticamente significativas, por lo que es necesario efectuar pruebas de comparación de medias para dichas variables. El método utilizado es el de Tukey, tablas 11 y 12 respectivamente.

Tabla 11. Resultados de la prueba de comparación de medias para la variable peso de paja.

Tratamiento	media	.05
8	865.13	
13	775.10	
4	721.50	
15	687.50	
10	662.87	
2	659.73	
6	642.97	
14	633.87	
7	633.53	
3	617.47	
1	602.73	
9	576.87	
12	539.33	
11	522.40	
5	501.77	
16	490.77	

Tabla 12. Resumen de la prueba de comparación de medias de tratamientos - para las variables contenido de M.O. del suelo a profundidad de 0-15cms. (M.O.₁) y Altura de planta al período de llenado de grano (ALL) por el método de Tuckey, a un nivel de significancia del 5 %.

Variable= M.O.1			Variable= ALL		
T	Media	0.05	T	Media	0.05
11	4.51		13	50.67	
6	4.25		4	49.40	
15	4.21		15	48.70	
9	3.96		8	48.43	
5	3.82		5	48.37	
13	3.67		2	48.20	
2	3.65		11	48.13	
16	3.52		3	48.00	
1	3.44		7	47.63	
15	3.19		6	47.37	
7	3.17		1	47.17	
4	2.87		10	47.00	
8	2.85		9	46.30	
12	2.78		12	45.77	
14	2.71		14	44.77	
10	2.32		16	42.63	

Con la finalidad de conocer cuales son los efectos lineales, cuadráticos y/o de interacción, que explican la variación, se procedió a efectuar un análisis de regresión.

Tabla 13. Análisis de regresión para la variable M.O.1 suelo (0-15 cm.).

Var.	S.C. Regresión	S.C. Error	F Cal	Sig	R ²	R Múltiple.
CG	4.21365	28.10155	6.897	+	0.13039	0.36110
VG	5.73696	26.57823	4.856	+	0.17753	0.42134
G ²	6.46420	25.85100	3.667	+	0.20004	0.44725
V	7.07670	25.23849	3.014	+	0.21899	0.46796
C ²	7.20871	25.10649	2.411	N.S.	0.22307	0.47231
C	7.22861	25.08658	1.969	N.S.	0.22369	0.47296
CV	7.24197	25.07322	1.650	N.S.	0.22410	0.47340
G	7.26213	25.05307	1.413	N.S.	0.22473	0.47405

Tabla 14. Análisis de regresión para la variable (PP) peso de paja.

Var.	S.C.	S.C.	F		R ²	Múltiple.
	Regresión	Error	Cal.	Sig.		
VG	165985.25096	681041.11259	11.211	++	0.19596	0.44268
C ²	236543.69722	610482.66633	8.718	++	0.27926	0.52845
CV	256093.48836	590932.87519	6.356	++	0.30234	0.54986
G	282199.51673	564826.84682	5.370	++	0.33316	0.57720
C	288758.85008	558267.51347	4.344	++	0.34091	0.58387
CG	290077.35324	556949.01031	3.559	++	0.34247	0.58521
V ²	292993.03050	554033.33305	3.021	+	0.34591	0.58814
V	297571.79846	549454.56509	2.640	+	0.35131	0.59272

Tabla 15. Análisis de regresión para la variable ALL, altura de planta al período de llenado de grano.

Var.	S.C.	S.C.	F		R ²	R
	Regresión	Error	Cal	Sig.		
V	90.61226	219.04446	19.028	++	0.29262	0.54095
G	110.29157	119.36515	12.447	++	0.35617	0.59680
G ²	124.25422	185.40250	9.829	++	0.40126	0.63345
CG	126.51537	183.14135	7.426	++	0.40857	0.63919
C	131.70302	177.95370	6.216	++	0.42532	0.65217
VG	133.34897	176.30774	5.168	++	0.43063	0.65623
CV	134.13998	175.51674	4.637	++	0.43319	0.65817
V ²	135.28286	174.37386	3.782	++	0.43688	0.66097
C ²	137.30775	172.34896	3.363	++	0.44342	0.66590

De esta forma obtenemos los modelos reducidos de regresión generados, para las variables $M.O_1$ (M.O. a profundidad de 0-15cms), PP (peso de paja/m²) y ALL (altura de planta al período de llenado de grano).

Tabla 16. Modelos reducidos de regresión para las variables significativas.

Var.	M.O.1	ALL	PP
Bo	2.952605	43.46333	561.0616
C		0.02580235	
V	0.009033972	0.02825174	
G		0.08310035	1.825697
C ²	0.0001479652		-0.03985667
G ²		-0.0003163205	
CV			0.04576130
CG	0.0001818550	-0.0005960725	
VG	-0.0003252783		-0.006155604
F	7.496**	5.376**	5.371 **
R ²	0.21899	0.42532	0.33316
F.ajuste.	4.138**	0.600 N.S.	1.1479 N.S.

Compararemos en la tabla 17. Los resultados del ciclo anterior de la variable PP (peso de paja) con los resultados obtenidos en el presente ciclo, ya que se considera de gran interés dicha variable por presentar diferencia significativa en el análisis de varianza.

Tabla 17. Comparación de resultados de la variable PP (peso de paja) del ciclo anterior, 2^o ciclo y el presente.

T	PP	2 ^o Ciclo	(grs.)	PP	4 ^o Ciclo	(grs.)
1	404.40				602.73	
2	516.57				659.73	
3	449.60				617.46	
4	490.69				721.50	
5	557.34				501.76	
6	518.12				642.96	
7	556.57				630.20	
8	504.09				865.13	
9	498.32				576.86	
10	388.61				662.86	
11	442.28				522.40	
12	435.03				539.33	
13	429.92				775.10	
14	365.76				633.86	
15	418.01				687.50	
16	407.62				490.76	

En la tabla 18 presentamos los resultados, por tratamiento en cuanto a M.O. del suelo (0-15 y 15-30 cms.) obtenidos en el presente experimento.

Tabla 18. Contenido de M.O. del suelo y clasificación agronómica de los tratamientos en el presente experimento, 4^o ciclo (0-15-y 15-30 cms.).

Tratamiento	% M.O. (0-15 cm)	Clasificación	% M.O. (15-30 cm)	Clasificación.
1	3.44	R	2.54	M
2	3.65	R	3.03	R
3	3.67	R	3.08	R
4	2.87	MR	2.64	MR
5	3.81	R	2.52	MR
6	4.25	ER	3.26	R
7	3.17	R	3.44	R
8	2.84	MR	2.39	M
9	3.96	R	2.52	MR
10	2.32	M	2.87	MR
11	4.50	ER	3.51	R
12	2.77	MR	2.43	MR
13	3.19	R	2.62	MR
14	2.68	MR	2.59	MR
15	4.20	R	3.03	R
16	3.51	R	3.01	R
\bar{x}	3.42		2.83	

EP=Extremadamente pobre (hasta 0.60 %)
 P=Pobre (0.61-1.20 %)
 MP=Medianamente pobre (1.21-1.80 %)
 M=Medio (1.81-2.41 %)
 MR=Medianamente Rico (2.42-3.00 %)
 R=Rico (3.01-4.20 %)
 ER=Extremadamente Rico (4.21 % o más)

En la tabla 19 compararemos el contenido de M.O. del ciclo anterior con el encontrado en el actual ciclo, ya que uno de los objetivos del presente estudio es evaluar la residualidad de la M.O. en el suelo a través del tiempo.

Tabla 19. Comparación del contenido de M.O. del ciclo actual y el anterior (0-30 cms. de suelo).

Tratamiento	% M.O. 2o.		% M.O. 4o.	
	Ciclo	Clasificación	Ciclo	Clasificación
1	1.79	MP	2.89	MR
2	1.67	MP	3.34	R
3	1.44	MP	3.37	R
4	1.30	MP	2.75	MR
5	2.08	M	3.16	R
6	1.44	MP	3.75	R
7	1.30	MP	3.30	R
8	2.25	M	2.61	MR
9	1.88	M	3.24	R
10	1.72	MP	2.59	MR
11	2.45	MR	4.00	R
12	1.44	MP	2.60	MR
13	2.09	M	2.90	MR
14	1.58	MP	2.63	MR
15	1.74	MP	3.61	R
16	1.24	MP	3.26	R
-				
X	1.710		3.125	

A manera de aclaración, debemos señalar que en el ciclo anterior se tomaron muestreos de suelo a 0-30 y 30-60 cms. de profundidad, sin embargo a partir del presente ciclo se optó por cambiar el procedimiento a tomas de muestra de 0-15 y 15-30 centímetros de profundidad, por considerarse, en base a observaciones anteriores, que es en los primeros 30 cms. del suelo, en donde se encuentran las cantidades de M.O. más significativas.

Correlación de las variables estudiadas en el presente experimento.

En el presente estudio se realizó un análisis de correlación en el que tomaron parte todas las variables consideradas en éste experimento, encontrándose lo que a continuación se expone.

La variable RGH (rendimiento de grano por hectárea), correlacionó en forma altamente significativa con la variable PP (peso de paja/m²) -- con un 0.3440, mientras que con la variable ALL (altura de planta al período de llenado de grano) solo correlacionó significativamente, con -- 0.2413.

La variable NE (número de espigas) correlacionó de manera altamente significativa con las variables ALL y PP con un 0.5123 y 0.7338, respectivamente.

La variable MO₁ (materia orgánica a 0-15 cms.) mostró una correla-

ción altamente significativa con la variable $D.A._1$ (densidad aparente a -- 0-15 cms.) con un -0.4180 , mientras que mostró correlación significativa con la variable LP (lectura del penetrómetro) con un -0.2846 .

La variable ALL mostró una correlación altamente significativa con la variable PP, con un 0.4132 .

La variable $D.A._1$ mostró una correlación altamente significativa con la variable $H^{\circ}S_1$ (humedad del suelo a 0-15 cms.) con un -0.4182 . En cuanto a la variable $D.A._2$ (densidad aparente a 15-30 cms. de profundidad) correlacionó significativamente con la variable $M.R._1$ (módulo de ruptura a 0-15 cms.) con -0.1950 .

Por lo que respecta a la variable $H^{\circ}S_1$, correlacionó significativamente con las variables LP y $M.R._1$, con un -0.3285 y 0.2605 respectivamente.

5. D I S C U S I O N

los resultados obtenidos muestran la suficiente evidencia como para afirmar que sí existe efecto residual de la aplicación de la interacción de estiércoles cabra-vaca-gallina, después de dos años de haberse incorporado al suelo, por lo que se rechaza la hipótesis nula que se había planteado. Esta aseveración coincide con los trabajos revisados, llevados a cabo en el municipio de Marín, N.L., en donde se busca evaluar el efecto residual de los estiércoles en suelos con problemas de encostramiento. (32, 34).

En el presente estudio se encontró efecto altamente significativo en el contenido de M.O. del suelo a profundidad de 0-15 cms. (M.O.₁), con $p \leq 0.01$ y efecto significativo para las variables peso de paja (PP) y altura de planta al período de llenado de grano (ALL), con $p \leq 0.05$.

Los análisis de regresión para éstas variables demostraron ser altamente significativos ($p \leq 0.01$). La prueba de falta de ajuste resultó ser altamente significativa solo para la variable M.O.₁, lo que significa que en ésta variable, el modelo cuadrático propuesto no explica satisfactoriamente la distribución de los datos. A pesar de ser altamente significativos, los modelos cuadráticos propuestos no explicaron en un alto porcentaje la variación, ya que las R^2 en ninguno de los casos superaron el 55 %, valor considerado bajo. La explicación a ello, está basada en el hecho de que en los experimentos con abonos en donde se busca evaluar la residualidad, los modelos van perdiendo su eficiencia, debido a que el impacto, producido por el efecto de la fertilización no es el mismo a través de los años, siendo mayor en

el primer ciclo de cultivo, y cada vez menor en los ciclos subsiguientes.- En base a éstos análisis de regresión, se encontró que para la variable -- M.O.₁ la diferencia significativa se acentuó en la interacción del estiércol de cabra-gallina (CG), ayudando también la interacción vaca-gallina (VG), y en menor medida el efecto cuadrático de la gallinaza y el efecto lineal del estiércol vacuno. En cuanto a PP, se encontró que la respuesta se debe a la interacción VG, siguiéndole el efecto cuadrático del estiércol de cabra, y en menor escala la interacción cabra-vaca (CV) y el efecto lineal de la gallinaza. Por lo que se refiere a la variable ALL, se -- encontró que la diferencia significativa se explicaba en mayor medida por el efecto lineal del estiércol vacuno, siguiéndole el efecto lineal de la gallinaza y en menor escala el efecto cuadrático de la gallinaza, la interacción CG y el efecto lineal del estiércol de cabra. Se puede observar - que las interacciones de los estiércoles son las que ayudan a explicar la variación en mayor medida (ver tablas 13, 14 y 15). Tal es el caso de - la interacción VG (en PP y M.O.₁) y CG (en M.O.₁). En cuanto a la variable ALL se observa que las diferencias son explicadas en mayor escala - por efectos lineales (estiércoles de vaca y gallina).

Por otra parte, queda de manifiesto, en base a los resultados obtenidos, que en general, los tratamientos con dosis elevadas de estiércol -- (75 y 100 ton./ha.), produjeron los mayores resultados en las variables- estudiadas. Así por ejemplo, el tratamiento 13 (75 ton./ha. de estiércol de cabra + 100 ton./ha. de estiércol de vaca + 75 ton./ha de estiércol de gallina) produjo la mayor altura de planta al período de llenado de grano (50.67 cm) y el segundo mejor rendimiento en peso de paja (775.10 grs.); en tanto que el tratamiento 8 (75 ton./ha. de estiércol de cabra + 75 ton.

ha. de estiércol de vaca + 75 ton./ha. de estiércol de gallina), produjo la mayor cantidad de peso de paja (865,13 grs.). Por lo que respecta al tratamiento 11 (100 ton./ha. de estiércol de cabra + 75 ton./ha. de estiércol de vaca + 75 ton./ha. de estiércol de gallina), fué el que produjo el mayor porcentaje de M.O. en el suelo a 0-15 cm. de profundidad (4.51 %). Vale la pena mencionar que el tratamiento 15 (15 ton./ha. de estiércol de cabra + 75 ton./ha. de estiércol de vaca + 100 ton./ha. de estiércol de gallina), se mantuvo siempre entre los tratamientos con mayores valores; tercero en M.O.₁ (4.21 %), tercero en ALL (48.70 cms) y cuarto en cuanto a PP (peso de paja/m²) con 687.50 grs.

La prueba de Tuckey, en cuanto a M.O.₁, detectó que solamente el tratamiento 11 aumentó significativamente el contenido de M.O. en el suelo (4.50 %); esto no quiere decir que el resto de los tratamientos donde se aplicaron dosis de estiércol de 75 ton./ha. o mayores, no son de interés. Por el contrario, estos pueden ser de gran importancia si se desean mejorar algunas características del suelo. Asimismo, la prueba de Tuckey detectó -- que solamente el tratamiento 8 contribuyó significativamente a aumentar el rendimiento en PP, aunque los demás tratamientos con dosis de estiércol de 75 y 100 ton./ha. También mostraron aumentos apreciables. En cuanto a ALL, la prueba de Tuckey reportó que solo el tratamiento 13 contribuyó significativamente a aumentar su valor.

En general, puede observar que los rendimientos de grano no fueron afectados por los niveles de la interacción cabra-vaca-gallina. Esto quizá se debe, a que en los suelos de regiones áridas y semiáridas, hay muy buena descomposición de M.O, o sea, la formación de humus, pero existe una mínima

mineralización de sustancias inorgánicas aprovechables para las plantas, - (34). Asimismo, las variables estudiadas con respecto al suelo tampoco fueron afectadas por la aplicación de la interacción de estiércoles cabra-vaca-gallina, con excepción de M.O.₁. La explicación a esto, puede ser el hecho de que, para que un suelo cambie sus propiedades tanto físicas como químicas, son necesarias dosis altas de estiércol, o bien abonarlo durante varios años, según sus necesidades. Un ejemplo claro de esto lo proporciona la densidad aparente. Unger y Stewart, citados por Nieto (32), en estudios llevados a cabo en un suelo arcillo-limoso, encontraron que para bajar la densidad aparente de 1.37 a 1.12 grs./cm³, fueron necesarias dosis de estiércol de 268 ton./ha., no detectándose diferencias con dosis de 22,67 y 134 ton./ha. Este razonamiento es válido también para penetrómetro y módulo de ruptura, variables que por representar el estado estructural del suelo, requieren de dosis altas de estiércol para mostrar diferencias significativas.

Por otra parte, la tabla 19 indica que en los tratamientos hubo un incremento medio aproximado de 82.74 % de M.O. (0-30 centímetros); esto como ya es sabido, debido a que los estiércoles no producen un efecto inmediato en el suelo, ya que esto obedece a una lenta descomposición, a través de la cual se va elevando el contenido de M.O. como resultado de una actividad microbiológica aumentada.

Fuiera esperarse que los análisis de M.O. revelaran un mayor contenido de la misma, en los primeros ciclos de incorporado el estiércol al - -

suelo, con una consiguiente disminución en los ciclos posteriores. Sin embargo, como quedó demostrado, ocurrió lo contrario. La explicación a éste fenómeno se basa en el hecho de que, desde su llegada al suelo, la M.O. es transformada poco a poco, gradualmente, por la acción microbiana, dando lugar, por una parte, a elementos minerales solubles o gaseosos, como NH_3 , NO_3H , CO_2 (proceso conocido como " mineralización " , y por otra parte, a complejos coloidales, proceso conocido como " humificación " (12). Esto quiere decir, que la M.O. después de su llegada al suelo no se " pierde " , por el contrario, sufre una serie de cambios físicos y químicos que la convierten en elementos minerales y formas orgánicas disponibles a las plantas que son por lo general, de asimilación lenta, tal es el caso del nitrógeno, fósforo y potasio contenidos en el estiércol. (41).

Otra de las causas, de gran importancia, que determinaron el incremento reportado en M.O. (82.74 %), lo fué sin duda, el manejo que se dió a las muestras de suelo antes de ser llevadas al laboratorio; al tamizar - éstas muestras, sucede que los desechos orgánicos grandes no pasan a través del tamiz, mientras que los desechos pequeños si logran pasar. De esta forma se explica el hecho de que los análisis reporten resultados pobres en cuanto a contenido de M.O. en los primeros ciclos, mientras que en los ciclos subsiguientes se tienen contenidos de M.O. del suelo más altos (la M.O. descompuesta pasará más fácilmente por el tamiz). Esto se considera un problema del método de análisis empleado (Walkley-Black), sobre todo, porque presenta grandes deficiencias si se desea estimar el contenido bruto de M.O. del suelo.

En cuanto a las correlaciones efectuadas en el presente estudio, encontramos que las variables RGH (rendimiento de grano/ha). Se encuentra-

altamente correlacionada ($p \leq 0.01$) con PP, con un 0.3440; esto es a mayor número de espigas, mayor producción en grano por hectárea y viceversa. Asimismo, la variable NE (número de espigas/m²), correlacionó con valores altamente significativos con las variables ALL y PP, con 0.5123 y 0.7338 - respectivamente; esto sugiere que los valores que tome la altura de planta a. período de llenado de grano influirán directamente en el número de espigas. También demuestran que los valores tomados por la variable NE, influirán directamente en el peso de paja, lo cuál es lógico.

Las variables D.A.₁ (densidad aparente suelo a 0-15 cms. de profundidad) y M.O.₁, también mostraron estar altamente correlacionadas ($p \leq 0.01$); su valor es de -0.4180. Esto quiere decir que hay una relación inversa, es decir, los incrementos en M.O, tienden a disminuir los valores de densidad aparente en los primeros 15 cms. del suelo. También se encontró una correlación inversa entre las variables H⁰S₁ (% de humedad del suelo profundidad de 0-15 cms.) y D.A.₁, variables que en su correlación mostraron alta significancia ($p \leq 0.01$) con -0.3489, esto sugiere que a mayores contenidos de humedad del suelo, habrá una disminución en cuanto a densidad aparente - en los primeros 15 cms. del suelo. En cuanto a las variables LP (lectura del penetrómetro y H⁰S₁, también se detectó que están inversamente correlacionadas (-0.3289), lo que quiere decir que a mayores contenidos de humedad en el suelo, habrá menores valores en cuanto a lecturas del penetrómetro, y viceversa, lo cual coincide perfectamente con la aseveración de Baver en el sentido de que las lecturas del penetrómetro se ven afectadas por el contenido de humedad del suelo, siendo mayores a niveles bajos de humedad en el suelo y disminuyendo notablemente, cuando en el suelo hay un alto porcenta-

je de humedad (6). En base a todo esto, podemos afirmar que el uso de interacciones de estiércoles cabra-vaca-gallina, es una buena opción para la rehabilitación de suelos con problemas de encostramiento (como los suelos calcáreos de Marín, N.L. y otras regiones que presenten similitudes en cuanto a clima y suelo), por lo que se aconseja proseguir con este experimento para observar hasta que ciclo cesa la residualidad de la aplicación de ésta interacción de estiércoles (cabra-vaca-gallinaza), y así precisar el lapso de tiempo en que ésta residualidad se mantiene constante y hasta que período de tiempo deja ver sus efectos. También se recomienda ampliar el rango de exploración (elevar las dosis de estiércol), ya que quedó de manifiesto que sólo los tratamientos cuyas dosis fueron altas, mostraron diferencias significativas. Se sugiere también, considerar otras variables de interés como pudieran ser: contenido de macro y micronutrientes en el suelo, velocidad de infiltración y evaporación etc.. Se recomienda también, en base a los resultados obtenidos, que se prueben en experimentos posteriores - interacciones de estiércol como VG, CG y CV, ya que éstas fueron las que explicaron la variación en la mayoría de los casos en el presente experimento.

6. CONCLUSIONES.

1. Los resultados obtenidos muestran la suficiente evidencia como para afirmar que si existe efecto residual del abonado con interacción de estiércoles cabra-vaca-gallina, después de dos años de incorporado al suelo (hasta el 4^o ciclo)..
2. El efecto residual del abonado con interacción de estiércoles (cabra-vaca-gallina), se manifestó en los efectos significativos que presentaron las variables, contenido de M.O. del suelo a profundidad (0-15-cms. ($p \leq 0.01$), peso de paja/m² ($p \leq 0.05$) y altura de planta al período de llenado de grano ($p \leq 0.05$).
3. Los mejores tratamientos (los que mostraron ~~mejor~~ comportamiento sobre las variables estudiadas), fueron en general, los que presentaron dosis más elevadas de estiércol, es decir, los tratamientos: 8 (75 ton./ha. de estiércol de cabra + 75 ton./ha. de estiércol de vaca + 75 ton./ha. de estiércol de gallina), 11 (100 ton./ha. de estiércol de cabra + 75 ton./ha. de estiércol de vaca + 75 ton./ha. de estiércol de gallina), 15 (75 ton./ha. de estiércol de cabra + 100 ton./ha. de estiércol de vaca + 75 ton./ha. de estiércol de gallina) y 15 (75 ton./ha. de estiércol de cabra + 75 ton./ha. de estiércol de vaca + 100 ton./ha. de estiércol de gallina). De todos estos tratamientos se puede afirmar -- que el mejor fué el 13.
4. Fué así como el tratamiento 13 produjo la mayor altura de planta al período de llenado de grano y el segundo mejor rendimiento en cuanto a peso de paja, por metro cuadrado.

5. Los análisis de regresión fueron altamente significativos para peso de paja/m² y altura de planta al período de llenado de grano (p-0.01) y - significativas (p-0.05), para M.O. de suelo a 0-15 cms. de profundidad. A pesar de esto, los coeficientes de regresión encontrados fueron muy - bajos (R² de 0.13 a 0.40). Se pudo observar que las interacciones de los estiércoles (en especial la del estiércol de vaca con estiércol de gallina (VG), y cabra-gallina (VG) fueron las que contribuyeron a explicar en forma significativa la variación debida a la regresión.
6. Observando los tratamientos, se apreció un incremento en cuanto a M.O. - del ciclo anterior al presente, de un 82.74 %, debido en parte a la lenta descomposición que sufre la M.O., y en parte a fallas del método de análisis Walkley-Black; al tamizar las muestras de suelo, la M.O. gran- de, sin descomponerse, no pasa, pero la M.O. pequeña, descompuesta, si- pasa por el tamiz.
7. La mayoría de las variables bajo estudio, no mostraron efectos signifi- cativos en los diferentes niveles de la interacción de estiércoles ca- bra-vaca-gallina, situación que se debe a que el suelo requiere de dó- sis muy elevadas de estiércol para cambiar sus propiedades estructura- les.
8. Se observó que la mayoría de las variables con respecto al cultivo se en encuentran altamente correlacionadas, así por ejemplo, las variables PP y - y RGH se mostraron muy correlacionadas entre sí, lo que indica que a mayor peso de paja/m², habrá mayor rendimiento de grano/ha. y viceversa. - Lo mismo se puede afirmar para PP con ALL, entre otras.

9. En cuanto a las variables con respecto al suelo, se encontró que en su mayoría muestran una relación inversamente proporcional, así por ejemplo, el análisis de correlación de las variables MO_1 y $D.A._1$, muestran que a mayor contenido de M.O., menores serán los valores de densidad a parente en el suelo y viceversa; lo mismo ocurre con LP y $H^O S_1$, lo que sugiere que a menores valores de humedad del suelo, mayores lecturas de penetrómetro se observarán y viceversa.

10. En base a esto, se recomienda el uso de interacciones de estiércoles - cabra-vaca-gallina, como una alternativa para mejorar los suelos encos trados del estado de Nuevo León. así como la continuación de este tipo de estudios en regiones similares en cuanto a clima y suelo, donde se contemplen variables también de importancia como son: contenido de ma cro y micronutrientes en el suelo, velocidad de infiltración, evaporación, etc..

11. Se recomienda también elevar las dosis de estiércol en futuros experi-
mentos para producir efectos mas notables en las variables bajo estudio así como considerar para estudios posteriores, interacciones de estiér-
col vaca-gallina, cabra-gallina y cabra-vaca, ya que éstas fueron las -
que explicaron más eficientemente la variación.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. Acosta, S.,R. 1975. Efecto residual de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos sobre la producción de cosechas. VIII Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México.
I: 347-361.
2. Aguirre C., J.E. 1982. Prácticas de Campo y Laboratorio para Análisis de Suelos. F.A.U.A.N.L., México.
pp. 52,57,68.
3. Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del suelo. Trad. del Inglés por J.J. Peña. AGT. Editores, S.A. México.
pp. 154,155,292-295.
4. Arreola S., R. 1984. Efecto residual de Mezclas de Abonos Orgánicos -- con Fertilizantes Químicos en el Suelo Calcimórfico. Tesis Profesional U.A. CH., México.
pp. 12-24.
5. Baegens, J. 1970. Nutrición de las Plantas de Cultivo. Fisiología aplicada a las plantas agrícolas. Trad. del Inglés por M. Box. Ed. Lemus, España.
6. Baver, L.D., W.H. Gardener, W.R. Garder. 1973. Física de Suelos. Trad.

del Inglés por J.M. Rodríguez y Rdz. UTEHA. México.
pp. 91,92,124,125,126.

7. Buckman, H.D., N.C. Brady. 1978. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Ed. Montaner y Simón, S.A. España.
pp. 111-116,149-151.
8. Bvol, S.W., F.D. Hole, R.J. McCracken. 1981. Génesis y clasificación de los Suelos, Ed. Trillas. México.
pp. 90,91.
9. Cervantes, S., T. 1978. Recursos Genéticos Disponibles a México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México.
pp. 94,95.
10. Chavero, S., J.A. 1980. Disponibilidad, Usos, Calidad y Costos de la Gallinaza como Mejorador de Suelos en el Municipio de Marín, N.L. Exámen Práctico.
F.A.U.A.N.L. México.
pp. 9,10,14.
11. Collis, George, N., B.G. Davey, D.E. Smiles. 1971. Suelo, atmósfera y Fertilizantes. AEDOS. España.
pp. 272,273,274.
12. Duchaufour, P. 1978. Manual de Edafología. Ed. Toray-Masson. S.A. --

Francia.

pp. 123-132.

13. Dudal, R., D.L. Brando. 1967. Suelos Arcillosos Oscuros de las Regiones Tropicales y Subtropicales F.A.P. Italia.
p. 91.
14. Elizondo, S., A.C., D.R. Montoya, R.A. Fromm. 1974. Evaluación de Residuos Estabilizados (compost), Obtenidos del Basurero de Monterrey, N.L., desde el Punto de Vista de su Utilización Agrícola.
VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.
II: 210-222.
15. Fassbender, H.W. 1975. Química de Suelos con Enfoque en América Latina. I.T.C.A., Costa Rica.
pp. 125-127.
16. Figueroa, L.R., J.R. García. 1982. El Encostramiento Superficial de los Suelos. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Argentina.
pp. 7-22.
17. Flores R., R. 1980. Estudio Sobre el Aprovechamiento del Estiércol Vacuno en la Región Centro de Nuevo León. Examen Práctico.
F.A.U.A.N.L. México.

- p. 13.
18. Gadea, M. 1954. Trigos Españoles. Instituto de Investigaciones Agronómicas. España.
p. 25.
19. García, B.,G., M.L. Annunziata D., R. Alvarado. 1974. El Mercado de la Gallinaza con Zinc para Estudios de Suelo-Planta.- VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México.
I: 108.
20. García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. U.N.A.M. México, D.F.
p. 151.
21. Gaucher, G. 1971. Tratado de Pedología Agrícola. El Suelo y sus Características Agronómicas. Ed. Omega, S.A. España.
pp. 196-204.
22. Gavande, S.A. 1972. Física de Suelos Principios y Aplicaciones- Centro Regional de Ayuda Técnica. México.
pp. 77-98.
23. González, N., J. 1984. Efecto del Encostramiento de los Suelos en la Germinación y Emergencia de las Plántulas. Seminario. F.A.U.A.N.L. México.

pp. 53,54.

24. Gustafson, A.C. 1975. Conservación del Suelo. Trad. del Inglés por -
S.C. de la Loma. C.E.C.S.A. México.
pp. 108,109.
25. Hardy, F. 1970. Edafología Tropical. Traducido del Inglés por R. Ba
zán. Ed. Herrero Hermanos Sucesores. México.
pp. 152-155.
26. Henin, S., R. Gras, G. Monier. 1972. El Perfil Cultural. Estado Fí-
sico del Suelo y sus Consecuencias Agronómicas.
Ed. Mundi-Prensa. España.
p. 283.
27. Martínez H., N., R. Fernández. 1974. Inventario y Posibilidades de -
Abonos Orgánicos en México. VIII Congreso Nacional -
de la Ciencia del Suelo. México.
I: 408-413.
28. Martínez, H., N., O. Posadas P., J.L. Gamboa H. 1974. Diseño y Cons-
trucción de Estercoleros. VII Congreso Nacional de -
la Ciencia del Suelo. México.
I: 404.
29. Martínez, N., M., G.F. González, G.R. Fernández. 1974. Uso Racio--
nal del Estiércol en la Agricultura. VII Congreso Na-

cional de la Ciencia del Suelo. México.

I: 399-402.

30. Mendoza, T., N. 1986. Efecto Residual del Abonado con Compost, en Algunas Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y su Influencia en el Cultivo del Frijol (Phaseolus vulgaris - L.) bajo Riego en Marín, N.L. Tesis Profesional F.A.U.-A.N.L. México.
p. 1,2.
31. Millar, C.E., H.D. Foth, L.M. Turk. 1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. C.E.C.S.A. México.
pp. 196-204.
32. Nieto G., L.A. 1986. Efecto Residual del Abonado con Estiércol de Gado 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 Profesional). F.A.U.A.N.L. México.
pp. 10,13,14,74.
33. Ortiz, V., B., C.A. Ortis S. 1980. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
pp. 71,98,108,110,111,147-149.
34. Parra, S., J.M. 1985. Efecto de la Residualidad de la Gallinaza en el

Cultivo del Trigo (Triticum vulgare L.) en Suelos de -
Marín, Nuevo León. Tesis Profesional. F.A.U.A.N.L. Mé-
xico.

pp. 55,56.

35. Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento Genético de las Cosechas. LIMUSA,-
WILLEY, S.A. México.
p. 124.
36. Richards, L.A. 1980. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y
Sódicos. Trad. del Inglés por N. Sánchez. LIMUSA. Méxi-
co.
p. 35.
37. Robinson, E.W. 1960. Los Suelos, su Origen, Clasificación y Constitu-
ción. Trad. del Inglés por J.C. Amoros. Ed. Omega. Es-
paña.
pp. 187-193.
38. Robles, S.; R. 1976. Producción de Granos y Forrajes. LIMUSA, México.
pp. 183-208.
39. Romo, S., L.O., G. García B., J. Nava P. 1980. La Respuesta en el Em-
pleo de Cinco Materiales Orgánicos y Azufre en el Cultivo
de la Zanahoria. (Daucus carota). XIII Congreso Nacio-
nal de la Ciencia del Suelo. México.
1: 199,200.

40. Ruíz, O. M., D. Nieto R., I. Larios R. 1975. Botánica. E.C. L.A.L.S.A. México.
p. 594.
41. Russell, E., E.W. Russel, 1961. Las Condiciones del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. Trad. del Inglés por G. González G.- Editorial Aguilar. España.
pp. 337-339.
42. Sánchez, S.F., R. Acosta. 1975. Efecto de Varios Mejoradores del Suelo y Abonos Orgánicos Sobre las Características del Cultivo - del Trigo en Condiciones de Invernadero. VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México.
I: 316,317.
43. S.A.R.H. 1977. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Area de Influencia Valle del Yaqui y Valle de Mayo- México.
p. 115.
44. Selke, W. 1968. Los Abonos. Trad. del Alemán por O. Gunther. Ed. Academia. España.
pp. 58-124.
45. S.E.P. 1982. Cultivos Básicos. Manual para Educación Agropecuaria. - Trillas.
pp. 14-16.

46. Suárez de Castro, F. 1965. Conservación de Suelos. Salvat Editores. España.
p. 94.
47. Tamhane, R.V., D.P. Motiramani, y P. Bali. 1978. Suelos, su Química y Fertilidad en Suelos Tropicales.
Ed. Diana. México.
pp. 25,35,36,40,41,60,61, 158,182,214-217,230-256,278.
48. Teuscher, H., R. Adler. 1965. El Suelo y su Fertilidad.
Ed. C.E.C.S.A. México.
pp. 303-310,320-326,328-335.
49. Thompson, L.M. 1966. El Suelo y su Fertilidad. Ed. Reverté . España.
pp. 52,53,156.
50. Tisdale, S.L., W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. UTEHA. México.
pp. 146-160.
51. Través S., G. 1962. Abonos. Ed. Sintés. España.
pp. 121-123,169-180.
52. Villalpando, I.F. 1979. Efecto Residual de la Gallinaza y el Fósforo Sobre el Maíz, en un Andosol de la Sierra Tarasca. Seminario. Sobre Suelos de ando y sus Implicaciones en el Desarrollo Agrícola de la Sierra Tarasca. INIA y C.E. México.

A P E N D I C E

Tabla 20. Observaciones Climáticas, temperatura en grados centígrados - - (T°C) y precipitación pluvial en milímetros (PP mm), registrados a partir de diciembre de 1984 hasta abril de 1985; durante el ciclo de cultivo.

Días	Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	T°C	PP(mm)	T°C	PP(m)	T°C	PP(mm)	T°C	PP(mm)	T°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		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	3.3	24.0	
7	9.0		14.0		8.0	1.8	22.5		24.5	64.7
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	7.5		25.2		23.0	
13	20.5		0.0	9.5	12.5		27.7	11.6	23.0	
14	26.0		4.0	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	18.0		3.8		25.5		21.7		29.0	
24	21.0		12.5		16.5		22.5		24.0	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	16.0	0.6	21.0	0.0	16.0		28.0		27.5	
28	19.5	0.2	15.0	0.1	14.5		28.2		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			

T°C: Es la temperatura promedio diaria en grados centígrados.

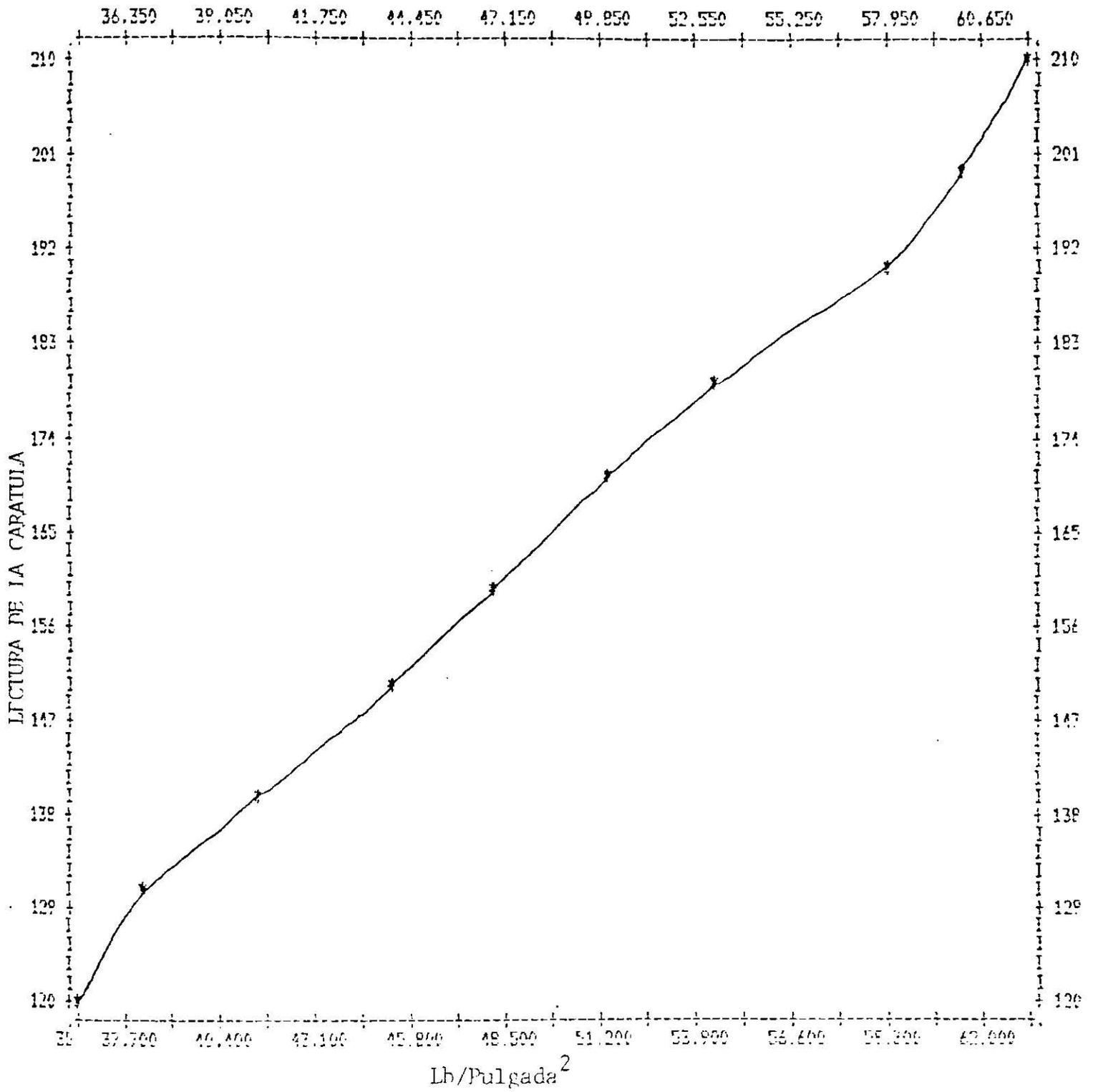


Figura 10. Gráfica del Anillo Probador

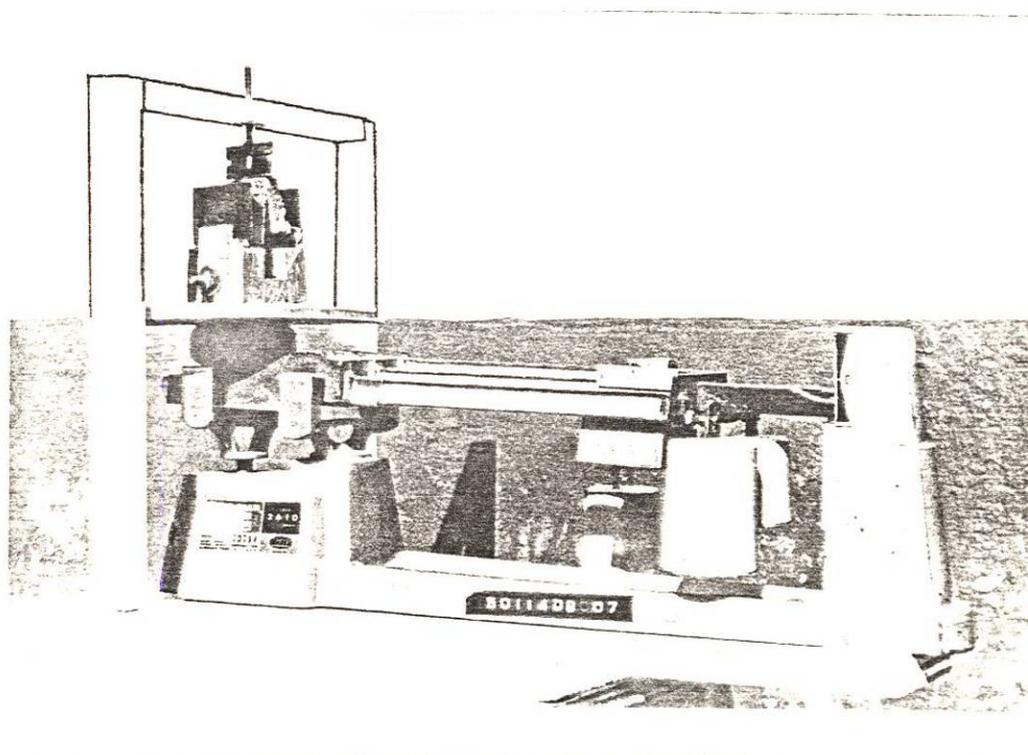


Figura 11. Módulo de Ruptura con el Bloque Fracturado.

