

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON UNA INTERACCION DE ESTIERCOLES DE CABRA-VACA-GALLINA, DESPUES DEL SEXTO CICLO 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 PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

LORENZO CARLOS RODRIGUEZ CASTRO

MARIN, N. L.

MARZO DE 1988



T

S639

R6

c.1

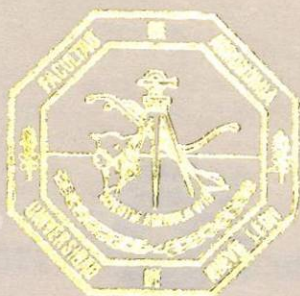




1080063667



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFEECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON UNA INTERACCION DE ESTIERCOLES DE CABRA-YACA-GALLINA, DESPUES DEL SEXTO CICLO 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 PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

LORENZO CARLOS RODRIGUEZ CASTRO

MARIN, N. L.,

MARZO DE 1988

09480  
✓



T  
SL39  
R6

040.631

FA 8

1988

C.5



Biblioteca Central  
Mañana Solidaridad

F. Tesis



UANL

FONDO

TESIS LICENCIATURA



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA

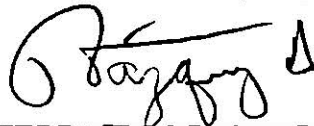
TITULO

EFFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON UNA INTERACCION DE ESTIERCOLES DE CABRA-VACA-GALLINA, DESPUES DEL SEXTO CICLO 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 LORENZO CARLOS RODRIGUEZ CASTRO, como requisito parcial para obtener el titulo de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

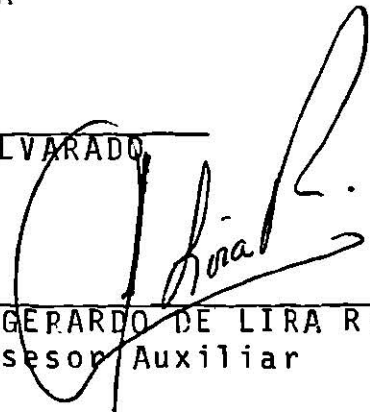
COMISION REVISORA



DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO  
Asesor Principal



ING. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL  
Asesor Auxiliar



ING. GERARDO DE LIRA REYES  
Asesor Auxiliar

Marín, N.L.

Marzo de 1988.



## DEDICATORIA

A Dios nuestro señor:

Por darme la paciencia y el entendimiento necesario para concluir mi carrera.

A mis Padres:

JULIO RODRIGUEZ PERALES

MARIA GLORIA CASTRO DE RODRIGUEZ

Con cariño y respeto, por el apoyo moral y económico para mi formación profesional.

A mis Hermanos:

Por apoyarme en el transcurso de mis estudios, agradeciendo de manera especial al Biol. Julio Armando Rodríguez -- Castro (+) por ayudarme a escoger mi profesión.

A mi Sobrina:

Gloria Guadalupe Reyna Rodríguez

Por traer la felicidad a mi casa.

A mis Familiares:

Por alentarme en mis estudios.

A mis compañeros y amigos:

Por las tristezas y alegrías compartidas.

## AGRADECIMIENTOS

Al DR. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO, asesor principal. Por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente estudio.

Al ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL y al ING. GEPARDO DE LIRA REYES: miembros del comité consejero, por su ayuda en el desarrollo y revisión del presente experimento.

Al compañero RAFAEL RODRIGUEZ CRUZ por su ayuda en los análisis de suelo.

Al Proyecto FERTILIZACION ESTATAL. por las facilidades prestadas que hicieron posible la realización del presente estudio y por darme la oportunidad de desarrollarme como profesionista.



## INDICE

	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	vi
ABREVIATURAS DEL TEXTO.....	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	xi
1. INTRODUCCION.....	1
2. LITERATURA REVISADA.....	4
2.1. Propiedades físicas y químicas de los suelos en-	
costrados.....	4
2.1.1. Propiedades físicas.....	4
2.1.1.1. Estructura.....	4
2.1.1.2. Textura.....	5
2.1.1.3. Densidad aparente.....	6
2.1.1.4. Calor.....	7
2.1.1.5. Infiltración.....	7
2.1.1.6. Permeabilidad.....	9
2.1.1.7. Capacidad de campo.....	10
2.1.1.8. Punto de marchitez permanente....	10
2.1.2. Propiedades químicas.....	11
2.1.2.1. Capacidad de intercambio catióni-	
co (C.I.C.).....	11
2.1.2.2. Conductividad eléctrica.....	12
2.1.2.3. Reacción del suelo (pH).....	13
2.2. Materia Orgánica (M.O.).....	14

	Pág.
2.2.1. Contenido de materia orgánica en los suelos.....	14
2.2.2. Funciones de la materia orgánica.....	14
2.2.3. Composición de la materia orgánica.....	16
2.2.4. Descomposición de la materia orgánica....	17
2.2.5. Ciclo del carbono.....	19
2.2.6. Ciclo del nitrógeno.....	20
2.2.7. Conservación de la materia orgánica.....	25
2.2.8. Conservación de la materia orgánica en regiones áridas y semiáridas.....	26
2.2.9. Humus.....	27
2.3. Encostramiento.....	29
2.3.1. Mecanismos de formación de la costra.....	30
2.3.2. El módulo de ruptura.....	31
2.3.3. Resistencia del suelo a la penetración:El penetrómetro.....	32
2.4. Empleo del Estiércol.....	33
2.4.1. Estiércol como aportador de M.O. al suelo	34
2.4.2. Disponibilidad del estiércol.....	35
2.4.3. Composición del estiércol.....	36
2.4.4. Pérdidas en el manejo del estiércol.....	40
2.4.5. Métodos de manejo del estiércol.....	42
2.4.6. Efecto de la aplicación del estiércol en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo.....	43

	Pág.
2.4.6.1. Efecto del estiércol en la estructura del suelo.....	43
2.4.6.2. Efecto del estiércol sobre la infiltración y capacidad de retención de agua del suelo.....	45
2.4.6.3. Efecto de la aplicación del estiércol en la densidad aparente del suelo.....	47
2.4.6.4. Efecto de la aplicación del estiércol sobre la C.I.C.....	48
2.4.6.5. Efecto de la aplicación de estiércol sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo.....	50
2.4.7. Efecto de la aplicación de estiércol en la conservación del suelo.....	53
2.4.8. Efecto residual de los abonos orgánicos (estiércoles).....	54
2.4.9. Resumen de la acción fertilizante del estiércol.....	58
3. MATERIALES Y METODOS.....	60
3.1. Localización del Experimento.....	60
3.2. Materiales y Aparatos.....	61
3.3. Descripción del Método.....	67
3.3.1. Descripción del método usado.....	67
3.3.2. Diseño experimental.....	70
3.3.3. Modelo de regresión.....	71



	Pág.
3.4. Procedimiento de Recolección de Datos.....	73
3.4.1. Variables con respecto a la planta.....	73
3.4.2. Variables con respecto al suelo.....	76
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	81
4.1. Resultados Obtenidos en el Presente Experimento - (sexto ciclo).....	81
4.2. Resultados de los Ciclos Anteriores.....	91
4.2.1. Resultados <u>del</u> cuarto_ciclo.....	91
4.2.2. Resultados de diferentes ciclos.....	96
4.2.2.1. Variables con respecto al cultivo	96
4.2.2.2. Varuables coñ respecto al suelo..	102
5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	106
6. BIBLIOGRAFIA.....	111
7. APENDICE.....	119

## LISTA DE TABLAS

TABLAS(texto)	Pág.
1 Relación C:N de algunos materiales orgánicos.....	19
2 Toneladas de estiércol producidas anualmente por -- 100 kg de peso de animal vivo.....	35
3 Producción anual de estiércol por 450 kg de peso de animal vivo.....	36
4 Composición media de la excreta fresca de animales- de granja.....	38
5 Análisis promedio de materiales orgánicos.....	39
6 Resultados obtenidos de 3 diferentes estiércoles -- fresco y parcialmente descompuesto.....	39
7 Observaciones climáticas registradas durante el ci- clo de cultivo, que abarca desde diciembre de 1985- hasta abril de 1986.....	62
8 Trabajos de evaluación de costra y del efecto resi- dual de la interacción de estiércoles de cabra-vaca gallina, iniciados en el verano de 1983 y terminados en la primavera de 1986, en el mismo lote experimen- tal.....	67

9	Labores realizadas durante el experimento (sexto ciclo).....	70
10	Dosis de estiércol de cabra(C), vaca(V) y gallina(G) correspondientes a cada tratamiento tonelada/hectárea.....	72
11	Dosis de estiércol, incorporados en el verano de 1983, en cada parcela experimental de 32 m <sup>2</sup> de superficie, equivalente a los niveles de estiércol de cada tratamiento en toneladas por hectárea...	73
12	Comparación del contenido de M.O. del ciclo actual (6º ciclo) y los dos anteriores (2º y 4º ciclo del experimento) (0-30 cm).....	80
13	Resumen de los análisis de varianza de las variables bajo estudio en el experimento de interacción de estiércoles.....	81
14	Resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento 6º ciclo de cultivo a los 1040 días después de la aplicación de los tratamientos....	84
15	Resultados de la prueba de Duncan de comparación	



	de medias de tratamientos para la variable segunda lectura de altura de plantas.....	85
16	Análisis de varianza de la regresión para la variable segunda lectura de altura de plantas tomada a los 73 días después de la siembra en el 6º ciclo - y a los 965 días después de la aplicación de los tratamientos.....	86
17	Modelo completo y reducido de regresión para la variable significativa segunda lectura de altura de plantas.....	87
18	Modelos propuestos para las variables más altamente correlacionadas en el presente experimento 6º ciclo a los 1040 días después de la incorporación de los tratamientos.....	90
19	Resumen de la prueba de comparación de medias de tratamientos para las variables contenido de M.O. del suelo (0-15 cm), altura de planta al período de llenado de grano y peso de paja, por el método de Tuckey, a un nivel de significancia del 5% (4º ciclo).....	93
20	Análisis de regresión para la variable M.O. <sub>1</sub> del suelo (0-15 cm)(4º ciclo de cultivo).....	94

21	Análisis de regresión para la variable (PP)=peso-- de paja (4º ciclo de cultivo).....	94
22	Análisis de regresión para la variable(ALL)=altura de planta al período de llenado de grano (4º ci--- clo).....	95
23	Modelos reducidos de regresión para las variables- significativas (4º ciclo).....	96
24	Datos del experimento Interacción de Estiércoles - donde se muestran los valores del número de espi-- gas de trigo, en sus diferentes ciclos de cultivo..	98
25	Comparación de resultados de la variable peso de - paja (P.P.) de los ciclos anteriores 2º, 4º y 6º - ciclo.....	99
26	Datos del experimento Interacción de Estiércoles - en el cultivo del trigo (2º, 4º y 6º ciclo), de la variable rendimiento/m <sup>2</sup> .....	100
27	Datos del experimento Interacción de Estiércoles - donde se muestra el rendimiento/ha en el cultivo - del trigo en 3 ciclos.....	101

28	Datos del experimento Interacción de Estiércoles - donde se muestra la variable densidad aparente --- 0-15 cm de profundidad en diferentes ciclos.....	104
29	Datos del experimento Interacción de Estiércoles,- en la cual se muestra la variable densidad aparen- te de 15-30 cm de profundidad en diferentes ciclos	105

#### TABLAS(Apéndice)

1	Datos del experimento Interacción de Estiércoles,- donde se muestran en diferentes ciclos, las lectu- ras del penetrómetro en $\text{kg/cm}^2$ .....	120
2	Resumen de las variables correlacionadas en el ex- perimento.....	121

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Ciclo del carbono.....	21
2	ciclo del nitrógeno.....	22
3	Penetrómetro utilizado, para realizar la determinación de dureza de la costra.....	63
4	Vistas lateral y anterior del aparato medidor del módulo de ruptura.....	66
5	Barrenas para densidad aparente y barrena de caja..	68
6	Croquis del experimento y forma en que fueron distribuidos los tratamientos en el campo.....	74
7	Ladrillo tamaño natural con las dimensiones anteriormente descritas, para determinar el módulo de ruptura.....	79



## ABREVIATURAS DEL TEXTO

C	Estiércol de cabra
V	Estiércol de vaca
G	Gallinaza
M.O. 0-15	Materia Orgánica 0-15 cm de profundidad
M.O.15-30	Materia Orgánica 15-30 cm de profundidad
P.H. 0-15	Potencial Hidrógeno 0-15 cm de profundidad
P.H.15-30	Potencial Hidrógeno 15-30 cm de profundidad
C.E. 0-15	Conductividad Eléctrica 0-15 cm de profundidad
C.E.15-30	Conductividad Eléctrica 15-30 cm de profundidad
1º L.A.P.	1º Lectura de Altura de Plantas
2º L.A.P.	2º Lectura de Altura de Plantas
3º L.A.P.	3º Lectura de Altura de Plantas
N.E.	Número de Espigas
P.P.	Peso de Paja
Rend m <sup>2</sup>	Rendimiento del m <sup>2</sup>
N.P.E. m <sup>2</sup>	Número de Plantas Emergidas del m <sup>2</sup>
Ren/ha	Rendimiento por hectárea
L.P.	Lectura de Penetrómetro
D.A. 0-15	Densidad Aparente 0-15 cm de profundidad
D.A.15-30	Densidad Aparente 15-30 cm de profundidad
H.S. 0-15	Humedad del Suelo 0-15 cm de profundidad
H.S.15-30	Humedad del Suelo 15-30 cm de profundidad
M.R. 0-15	Módulo de Ruptura 0-15 cm de profundidad
M.R.15-30	Módulo de Ruptura 15-30 cm de profundidad

## RESUMEN

Tesista: Lorenzo Carlos Rodríguez Castro

Carrera: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Titulo de la Tesis: Efecto residual del abonado con una interacción de estiércoles cabra-vaca-gallina - después del sexto ciclo de aplicados los - tratamientos, 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.

Asesor: Ph.D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado.

El presente experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. ubicado en Marín, N.L, en un suelo arcilloso calcáreo sedimentario, que - dificulta la emergencia de las plantas, así como la asimilabilidad de macro y micronutrientes para las plantas.

Los objetivos del presente experimento fueron:

- a) 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.
- b) Observar y registrar, si las hay, el efecto que producirán - estos 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 ma--yor producción del cultivo.

La siembra del trigo se realizó el 9 de diciembre de 1985 y se cosechó el 3 de mayo de 1986. Las variables estudiadas fueron: materia orgánica, módulo de ruptura, densidad aparente, humedad del suelo, pH, conductividad eléctrica, para estas variables se determinaron muestras a dos diferentes profundidades de 0-15 y 15-30 cm. Se determinó también la dureza de la costra por medio del penetrómetro, rendimiento de grano por hectárea, rendimiento de grano por metro cuadrado, peso de paja, número de espigas por metro cuadrado, 3 alturas de plantas y el número de plantas emergidas por metro cuadrado.

De los análisis de varianza realizados muestran que la variable segunda lectura de altura de plantas fué significativa (P 0.05), el análisis de regresión es altamente significativo, presentando una  $R^2$  máxima de 47.43%. Por lo tanto explica adecuadamente la variación debido a la regresión en ese mismo porcentaje.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente experimento (sexto ciclo) y de los datos de los ciclos anteriores, se concluye que no existe efecto residual con la aplicación de la interacción de estiércoles después de 1040 días de incorporado al suelo. Los tratamientos que mostraron un mejor comportamiento produciendo un mejor rendimiento en los cultivos y un efecto notable en las propiedades físicas y químicas del suelo fueron en general, los tratamientos 8, 15, 13, 11 con las dosis más altas del experimento.

En base a lo anterior, se recomienda el uso de la interac



ción de estiércoles de cabra-vaca-gallina, a dosis altas, como mejorador de las características físicas y químicas de suelos calcáreos arcillosos del estado de Nuevo León y de otras regiones, cuyas características de clima y suelo sean similares a las que se tuvieron en este experimento.

SUMMARY

Name: Lorenzo Carlos Rodríguez Castro

Title: Ing. Agronomo Phytotechnist

Thesis: Long-term effects of the interaction "sheep-cow-chicken" manures after six cycles of being incorporated to the soil, in some physical and chemical properties and it's influence on irrigated wheat (Triticum aestivum L.), in Marín, N.L.

Adviser: Ph.D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

The presente experiment was carried out in the Experimental Station of the Faculty of Agronomy of the U.A.N.L. in Marín, N.L. in a calcareous clay loam soil, which dificults the plants emergency, and the assimilation of macro and micronutrients.

The objectives of this work were:

- a) To observe if there exists residual effects in the applications of the interaction "sheep-cow-chicken" manures, stabilished on the summer of 1983.
- b) To observe and register the effects that will produce the physical and chemical changes in the irrigated wheat.
- c) Determine the level applied that produce a greated residual effect on the soil and the production of the cultivar.

The sowing date was on the 9th. of december of 1985 and was harvested the 3th. of mayo of 1986. The parameters considered were: organic matter, modulus of rupture, bulk density, soil humidity, pH., electric conductivity and for the variables

two samples were taken at 0-15 and 15-30 cm depth of soil.

The observed variables were:

1. Crost hardness determined with a penetrometer
2. Yield of grain per hectarea
3. Yield per square meter
4. Straw weight kg/ha
5. Number of spikes per square meter
6. Height of plants in three dates
7. Number of emerged plants per square meter

The analysis of variance showed, that the variables; lecture of the second height of plants was significative ( $P>0.05$ ) the regression analysis was highly significative. It showed a maximum  $R^2$  47.43%. Although at this level, the model explains a good % of the total variation.

According the obtained results the present experiment at the sixth cycle and the data from the last cycles, there has not been a conclusion that a residual effect exists. The application of the manure interaction to the soil was 1040 days before the end of the sixth cycle. The treatments 8, 15, 13 and 11 showed the best behaviour with a higher yield and better physical and chemical properties of soil.

In base to the above, can be recommended the use of interactions of sheep-cow-chicken manures. A high rates of manure, improves the characteristics of the calcareous clay loam soils.

## 1. INTRODUCCION

Para el mundo la actualidad que vivimos resulta una época de crisis, debido a que se registran bajas sensibles en la producción agrícola que aunado a una expansión demográfica, generan bajas sensibles en la capacidad técnica para aumentar la producción agrícola.

México no es ajeno a ésta crisis solo que los problemas de producción agropecuaria revisten circunstancias peculiares ya que en los últimos años, México a necesitado importar productos básicos de primera necesidad. Debido a que la población va en constante aumento y la superficie de cultivo es la misma, por lo que es necesario resolver el problema de las bajas producciones de cosechas.

Ante estas situaciones urge buscar medios para mejorar las condiciones de producción, haciéndolos más aptos para producir más (1).

La baja fertilidad del suelo es uno de los principales factores limitantes en la producción de cultivos en todo el mundo, el suelo agrícola es un material vivo y que debe conservarse para mantener la fertilidad del suelo y en consecuencia la producción agrícola (33).

La materia orgánica, como elemento del suelo, consiste de un sistema complejo de substancias cuyo dinamismo está determinado por la admisión continua de residuos orgánicos de origen vegetal y animal.



Los efectos de la materia orgánica en el suelo están directamente unidos con la acción de diversas formas de sustancias orgánicas sobre el contenido mineral. En la formación de la fertilidad del suelo, las sustancias orgánicas tienen un papel importante en la producción de nutrientes para las plantas, los cuales quedan liberados en forma disponible durante la mineralización de la materia orgánica. La materia orgánica, además, mejora las características fisicoquímicas de los diferentes tipos de suelo, amortigua el pH, eleva la capacidad de retención de cationes, contribuye a los procesos de hidratación, favorece la agregación y la estructura del suelo, etc. (28).

Como fuentes de materia orgánica se consideran: la incorporación de residuos de cosechas, el uso de aguas negras, abonos verdes, compost, la incorporación de estiércoles, etc. El estiércol es sin duda el abono orgánico de mayor importancia, dado el aumento de ganado de engorda y lechero en estabulación, así como las explotaciones avícolas. En Nuevo León, existen explotaciones ganaderas y avícolas cuyas producciones serían de gran ayuda como mejoradores del suelo (44).

En el N-E de México predominan los suelos arcillosos, calcáreos, pobres en materia orgánica y con baja disponibilidad de nutrientes. Además presenta la formación de costras densas, ---- (36).

El encostramiento afecta el crecimiento de las plántulas que están germinando y tienen un efecto indirecto en un aumento en el escurrimiento, inhibición de la tasa microbiana y una dis-

minución en la tasa de percolación del agua. Por lo que el -- uso de estiércoles, se vuelve imperativo (10).

Debido a los beneficios que presenta el estiércol, se realizó el presente experimento de interacción de estiércoles (cabra-vaca-gallina).

#### OBJETIVOS:

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 evalua---ción de las propiedades físicas y químicas del suelo.
2. Observar y registrar, si las 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 reflejaran en una ma--yor producción del cultivo.

#### HIPOTESIS:

- $H_0$ : No existe efecto residual con la interacción de estércoles al 6° ciclo después de aplicados los tratamientos.
- $H_1$ : Si existe efecto residual con la interacción de estiérco--les, al 6° ciclo después de aplicados los tratamientos.

## 2. LITERATURA REVISADA

### 2.1. Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos Encostrados

#### 2.1.1. Propiedades físicas.

2.1.1.1. Estructura.- La estructura es la manera en que los elementos constituyentes del suelo tienden a unirse entre ellos.

La estructura es la agregación de partículas primarias, -- las cuales están separadas de los agregados adyacentes por su --  
perficie de ruptura (23).

La formación de los agregados del suelo se debe principal-  
mente a tres grupos de materia coloidal que sirven como mate --  
rial cementante los cuales son:

- 1) Minerales arcillosos
- 2) Oxido de hierro y aluminio coloidales
- 3) Material orgánico coloidal incluyendo gomas microbianas(34).

Una propiedad de la estructura es la capacidad que tienen-  
los granos de retener su forma cuando se humedecen y de permi --  
tir el libre paso del agua a través del suelo y la entrada del --  
aire conforme entra o sale el agua (24).

Una buena estructura del suelo implica que presentará tan-  
tos poros grandes como pequeños. Los poros grandes proporciona --  
rán aireación y los poros pequeños gran capacidad de almacena --  
miento de agua (16).

Cuando el agua destruye la agregación y deteriora la estructu

tura del suelo a través de la caída de la lluvia. El impacto de la caída de las gotas de agua en suelos expuestos ejerce una acción dispersante en los agregados. Las partículas dispersas son arrastradas al interior de los poros causando que la compactación aumente y disminuye la porosidad (25).

Cuando el suelo presenta una alta estructuración y estabilidad estructural, solamente lluvias muy intensas pueden producir un encostramiento muy severo. En cambio, en suelos debilmente estructurados, la sola saturación es suficiente para la formación de costras muy resistentes (3).

2.1.1.2. Textura.- La textura se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo.

La textura del suelo es una característica que afecta a las propiedades físicas, químicas y biológicas.

La clasificación de texturas se basa en la cantidad de partículas menores de 2mm de diámetro.

Las combinaciones posibles de los porcentajes relativos de arena, limo y arcilla son infinitos en los suelos de campo, por lo que fue necesario establecer límites de variación entre las divisiones del suelo para agruparlos en clase de textura como: arena, limosa, margosa, arcillosa, etc. (38,46).

La textura arcillosa ó cerca a ella son comunes en los suelos con problemas de encostramiento. Si existe mucha cantidad de arcilla en el suelo y un bajo contenido de materia orgá

nica, esto hace que las fuerzas de cohesión de la arcilla en condiciones de sequía serán muy altas favoreciendo así la formación de las costras (25).

2.1.1.3. Densidad aparente.- La densidad aparente, es el peso por unidad de volumen de un suelo secado en estufa, se expresa en  $\text{gr}/\text{cm}^3$  ó  $\text{libras}/\text{pie}^3$ . Los suelos superficiales de textura fina, están entre 1.0 a  $1.3 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , y los suelos de textura gruesa tienen una densidad aparente entre 1.3 a  $1.8 \text{ gr}/\text{cm}^3$ .

Las densidades aparentes aumentan con la profundidad, debido a que tienen niveles más bajos de materia orgánica, menor agregación y mayor compactación, ya que la compactación fuerza al material sólido dentro de los poros del suelo. Esto reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente, en cambio las labores de cultivo aumentan el espacio poroso y disminuye la densidad aparente (29,38).

La densidad aparente está sensiblemente aumentada debido a que existe un arreglo más cerrado entre partículas por falta de agregación (3).

Cuando las costras son muy fuertes y de gran densidad, pueden impedir la aereación bajo condiciones de humedad, si los poros de la capa encostrada contienen agua suficiente para impedir la difusión del oxígeno en el suelo, la difusión no es restringida significativamente en el caso de costras secas (10,25).



2.1.1.4. Color.- El color del suelo nos sirve para conocer las propiedades del mismo de una manera más práctica.

El color es una característica del suelo que se relaciona con el material parental, con el contenido de M.O., la cantidad de material arcilloso, la condición de drenaje, la aereación del suelo, etc. (29,34,47).

La cantidad de material arcilloso da un color obscuro, al igual que la cantidad de M.O. que produce coloraciones de gris a obscuro a menos que otros constituyentes como el óxido de hierro y la acumulación de sales modifiquen el color (34).

Los problemas más severos de encostramiento se da en las regiones áridas y semiáridas del NE del país. El color de dichas regiones es claro debido a la acumulación de  $\text{CaCO}_3$ , sílice y otras sales y al bajo contenido de materia orgánica. A pesar de ser suelos muy arcillosos que producen coloraciones oscuras, dichas coloraciones quedan enmascaradas por la gran cantidad de  $\text{CaCO}_3$  (3,18,25).

2.1.1.5. Infiltración.- Infiltración es la penetración del agua en el suelo. Los factores que controlan la magnitud del movimiento del agua en la infiltración son:

1. Porcentaje de arena, limo y arcilla en el suelo. Las arenas gruesas favorecen el incremento de la infiltración.
2. Estructura del suelo. Suelo con grandes agregados estables al agua tienen proporciones de infiltración más altas.

3. Cantidad de M.O. en el suelo. Altas proporciones de M.O. sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.
4. Profundidad del suelo. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.
5. Cantidad de agua en el suelo. En general los suelos mojados tienen menor infiltración que los suelos secos.
6. Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos (38).

La magnitud de infiltración se clasifica como sigue:

1. Muy lenta. Suelos con capacidad de infiltración menor de 0.25 cm de lámina de agua por hora. En este grupo están los suelos que contienen mucha arcilla.
2. Lenta. La infiltración es de 0.25 a 1.75 cm por hora. Este grupo incluye suelos con alto porcentaje de arcilla, de bajo contenido en M.O. suelos delgados.
3. Media. Son las infiltraciones de 1.75 a 2.5 cm por hora. La mayoría de los suelos en este grupo son migajones arenosos ó migajones limosos.
4. Rápida. Infiltración mayor de 2.5 cm de lámina de agua por hora arena y migajones limosos profundos y de buena agregación están en éste grupo (38).

Ciertos suelos se encuentran por el choque de las gotas de agua de lluvia. Estas costras reducen la infiltración de agua

y en algunas circunstancias impiden la aereación del suelo. Las labores de cultivo aumentan la tasa de infiltración de los suelos encostrados y compactados (10).

En la práctica, la causa principal de la reducción en la velocidad de la infiltración no es la velocidad a que se bloquean los poros del subsuelo, porque la estructura del subsuelo se hincha ó se deshaga, sino porque la estructura del suelo se deshace y obtura los principales canales de avenamiento ya que la estructura del suelo no estable no resiste la acción de las lluvias tormentosas e intensas sobre la superficie desnuda. Al disminuir la velocidad de infiltración, provoca el anegamiento en zonas bajas y erosión hídrica en suelos con pendientes pronunciadas (43).

La presencia de la costra reduce la cantidad de agua infiltrada y, por lo tanto su disponibilidad para los cultivos (3).

2.1.1.6. Permeabilidad.- Es la cualidad del suelo ó de sus horizontes que se relacionan con la transmisión del agua ó del aire a todas las partes de su masa.

Las labranzas continuas, las capas arcillosas reducen la permeabilidad mientras que el desarrollo de pastos, leguminosas y árboles de raíces profundas aumentan la permeabilidad.

El agua es movilizada en el suelo como líquido ó vapor a través de los macroporos y estos están determinados por el grado de agregación del suelo (46).

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

1. Muy lenta- menos de 0.15 cm/hr.
2. Lenta- 0.15 a 0.5 cm/hr.
3. Moderada- 0.5 a 1.5 cm/hr.
4. Rápida- 1.5 a 2.5 cm/hr.
5. Muy rápida- más de 2.5 cm/hr. (38).

La permeabilidad aumenta con el grueso de la textura y disminuye con la mayor finura de la textura, la pobre agregación - del suelo y el bajo contenido de materia orgánica (43).

2.1.1.7. Capacidad de campo (C.C.).- La capacidad de campo, re- presenta el contenido de agua del suelo en el campo después que se ha regado y el agua gravitacional se ha drenado, ésto toma - dos ó tres días después del riego ó lluvia abundantes. La fuerza con que el agua es retenida en éste punto es un 1/3 de atmosfera (38,48).

Se considera que los mejores suelos agrícolas serán los -- que tengan la más alta capacidad de campo en suelos con buen -- drenaje natural.

La capacidad de campo depende de la textura, estructura, - proporción de espacios vacíos, contenido de materia orgánica y temperatura, siendo menor en verano que en invierno, ya que la- tensión superficial disminuye con la temperatura (38).

2.1.1.8. Punto de marchitez permanente(P.M.P.).- Es el conteni-

do de humedad que presenta un suelo en el momento en que se -- marchitan las plantas que están desarrollándose en él sin que se repongan, aunque se trasladen a una atmósfera saturada de -- humedad (21,24).

Factores que afectan al P.M.P.

1. Textura. A mayor contenido de arcillas, será mayor el valor de P.M.P. y para suelos arenosos éste valor será más bajo.
2. Materia orgánica. Los suelos con alto contenido de materia orgánica son más suaves y las plantas pueden absorber el -- agua más fácilmente, y el P.M.P. es más bajo ya que aumenta la cantidad de agua disponible (21).

2.1.2. Propiedades químicas de los suelos encostrados.

2.1.2.1. Capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.).- Es la máxima cantidad de cationes que cualquier suelo puede retener en forma intercambiable, esto es absorbido por sus coloides.

La capacidad de intercambio se expresa en miliequivalentes por 100 gr de suelo y varía en los diferentes suelos, según sea la cantidad y clase de los coloides presentes y oscila de unos m.e./100 gr hasta 200 m.e./100 gr de suelo (47).

La importancia de la C.I.C. es que evita la leixiviación de los nutrientes solubles de fertilizantes inorgánicos debido a ese I.C.

En los suelos encostrados se tendrá una C.I.C. alto debi-

do a su contenido tan elevado de arcilla, pero cuando predomina la arcilla tipo montmorillonita de tipo expansivo, el I.C. disminuye. Esto se explica debido a que los iones se movilizan al interior entre los cristales de arcilla cuando ésta se encuentra húmeda (expandida), con la pérdida de humedad se contrae -- quedando los iones atrapados (inaprovechables) para las plantas (36).

2.1.2.2. Conductividad Eléctrica (C.E.).- 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 electrolito de 1 cm de largo y con una área seccional de 1 cm cuadrado (2,33).

La conductividad eléctrica se expresa en mmhos/cm a una temperatura de 25°C y el valor aumenta con el contenido de sales. Los suelos pueden clasificarse según su salinidad y su pH en: suelos salinos, suelos alcalinos y suelos salino-alcalinos (2).

Es común el problema del encostramiento del suelo y la excesiva cantidad de sales solubles cerca de la superficie en las regiones áridas y semiáridas debido, a que existen temperaturas elevadas y poca lluvia.

Durante la temporada de lluvias, las sales se mueven hacia abajo hasta las capas inferiores del suelo, pero después de la estación lluviosa, la evaporación intensa lleva de nuevo las sa



les a la superficie (33).

La excesiva cantidad de sales solubles que existen en el suelo y en las aguas de riego provocan la mala germinación de los cultivos; se restringe el desarrollo y rendimiento de los mismos. Además se tiene una elevada presión osmótica que impide la absorción de humedad y de nutrientes en cantidades adecuadas (2,3).

2.1.2.3. Reacción del suelo (pH).- El pH es el logaritmo negativo de la actividad de los iones  $H^+$  el  $pH=7$  es neutro, valores que exceden a 7 son alcalinos y los valores más pequeños que 7 son ácidos. Los suelos calizos presentan reacción básica.

Los principales factores que influyen en la reacción del suelo son:

1. Las precipitaciones pluviales
2. La naturaleza del material original
3. Cantidad y calidad del agua de riego (24,50).

Los suelos muy alcalinos son muy comunes en los lugares en que se evapora el agua de drenaje (24).

Los suelos encostrados presentan un pH elevado debido a -- que son pobres en materia orgánica y presentan escasez de lluvias.

La baja conductividad hidráulica de éstos suelos, evitan -- que las sales de calcio principalmente, se vayan a niveles inferiores (36,47).

## 2.2. Materia Orgánica

### 2.2.1. Contenido de M.O.

La materia orgánica proviene de residuos de plantas y animales, de microorganismos vivos y muertos.

La cantidad de materia orgánica que se acumulará en el suelo dependerá de la humedad, la aereación, la reacción del suelo la temperatura y de la cantidad y naturaleza química de los tejidos vegetales que regresen al suelo (38,46).

Se dice que la materia orgánica es la "columna vertebral" del suelo porque es la base de la productividad del suelo (15).

### 2.2.2. Funciones de la materia orgánica.

La materia orgánica del suelo tiene diferentes funciones - como son:

1. La materia orgánica en la superficie reduce el impacto de la gota de lluvia que cae y permite que el agua se filtre en el suelo. Por tanto, reduce el escurrimiento superficial y la erosión hídrica.
2. La agregación de residuos orgánicos descomponibles con facilidad produce la síntesis de sustancias orgánicas complejas que ligan las partículas del suelo en unidades estructurales llamadas agregados. De ese modo el agua puede enfriar y filtrarse hacia abajo con más facilidad a través del suelo. La condición granular del suelo favorece una buena aereación y permeabilidad.

3. La materia orgánica incrementa la capacidad de retención de agua. La materia orgánica produce un aumento limitado en la cantidad de agua disponible en los suelos arenosos. Además, el suelo granular que resulta de las agregaciones de materia orgánica, suministra más agua que el suelo pegajoso impenetrable.
4. La materia orgánica sirve como un depósito de elementos químicos que son esenciales para el desarrollo de las plantas. La mayor parte del Nitrógeno, Fósforo y Azufre existe en formas orgánicas.
5. Al descomponerse la materia orgánica produce ácidos orgánicos y bióxido de carbono que ayudan a disolver minerales como el potasio; de esta manera, las plantas en desarrollo pueden obtenerlos más fácilmente.
6. El humus proporciona un almacén para los cationes, potasio, calcio y magnesio, intercambiables y disponibles. También impide la lexiación de los fertilizantes amoniacales, porque el humus retiene el amonio en forma intercambiable y obtenible.
7. La materia orgánica sirve como una fuente de energía para el desarrollo de los microorganismos del suelo. Todos los organismos heterotróficos, por ejemplo, los organismos que fijan el nitrógeno, requieren materia orgánica que se descomponga con facilidad y de la cual puedan obtener el carbono. Sin carbono, la fijación de nitrógeno por los *Azotobacter* y *Clostridium* sería imposible.

8. Las pérdidas de agua por evaporación se reducen mediante capas protectoras orgánicas.
9. La materia orgánica sobre la superficie del suelo reduce -- las pérdidas de suelo por la erosión del viento.
10. La materia orgánica ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos atenuando los cambios químicos rápidos cuando se agrega los fertilizantes y/o la caliza (38,46,49).
11. Las capas superficiales de paja y estiércol reducen las temperaturas del suelo en verano y lo mantienen más templados-- en invierno.
12. La materia orgánica facilita la obtención del fósforo del --suelo en los suelos ácidos. Al descomponerse, la materia -- orgánica libera citratos, oxalatos y lactatos que se combi-- nan con el hierro y el aluminio con más rapidez que el fós-- foro. El resultado es la formación de un número menor de -- fósforos insolubles de hierro y aluminio y la disponibili-- dad de más fósforo para el desarrollo de las plantas.
13. Los ácidos orgánicos liberados de la materia orgánica en -- descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los sue-- los (46,49).

### 2.2.3. Composición de la materia orgánica.

La materia orgánica por ser una sustancia muy compleja, -- contiene varios materiales, cuyos porcentajes varían de acuerdo con la clase de residuos de plantas o animales y de su estado --

de descomposición. Dichos materiales son los siguientes:

1. Carbohidratos
2. Lignina
3. Tanino
4. Grasas, aceites y ceras
5. Resinas
6. Proteínas
7. Pigmentos
8. Minerales (calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio).

La lignina y las proteínas por ser de más lenta descomposición son las que aportan el mayor porcentaje de materia orgánica (46).

#### 2.2.4. Descomposición de la materia orgánica.

La descomposición se efectúa por dos procesos que son:

1. La humificación, que aporta la producción de nuevos compuestos orgánicos, englobados bajo la designación general del humus.
2. La mineralización, es una liberación en forma de moléculas inorgánicas o de iones  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{=}$ ,  $SO_4^{=}$ ; de los elementos previamente incorporados a la materia orgánica de origen.

Según Allison los factores que afectan el porcentaje y grado de descomposición de los materiales orgánicos adicionados al

suelo son:

1. Composición y tamaño de las partículas
2. Disponibilidad de nutrientes
3. Humedad
4. Temperatura
5. pH
6. Aereación (3,38,47)
7. Presencia de sustancias inhibidoras
8. Los microorganismos involucrados, los cuales están regidos - por la naturaleza química de los residuos orgánicos y condiciones del suelo (3).

La descomposición de los materiales orgánicos adicionados al suelo va a depender de la relación C:N que se tenga, si la relación C:N es alto va a tardarse mas la descomposición de los materiales orgánicos a que si se tuviese una relación C:N mas baja. La relación C:N más adecuada es de 10:1.

Las relaciones carbono-nitrógeno varían desde 12 para tejidos inmaduros de trébol dulce hasta 400 para el aserrín.

La relación carbono-nitrógeno es una expresión del contenido de nitrógeno.

Los materiales con relaciones bajas son ricos en nitrógeno y las relaciones altas son bajas en nitrógeno.

Los residuos orgánicos con una relación menor del 15 a 20% tienen suficiente nitrógeno para satisfacer los requerimientos de la microflora de descomposición y al descomponerse, el amo--



níaco será liberado para que sea utilizado por las plantas. En cambio si se incorpora paja con una relación C:N 80:1 tendrá muy poco nitrógeno. Si se incorpora después de sembrar un cultivo se producirá una competencia por el N entre el cultivo y la microflora (12,34,38,46).

Tabla #1. Relación C:N de algunos materiales orgánicos.

Material	Relación C:N
Trébol dulce (joven)	12
Estiércol (podrido)	20
Residuos de trébol	23
Centeno verde	36
Hojarasca de caña	50
Rastrojo de maíz	60
Paja	80
Thimothy	80
Aserrin	400

Fuente: Miller

#### 2.2.5. El ciclo del carbono.

El carbono se encuentra en toda materia orgánica, la energía adquirida por la fauna y flora del suelo viene de la oxidación del carbono.

Al ser digeridos los compuestos de los residuos vegetales el anhídrido carbono, es expulsado. Esta es la principal fuente

te de gas, a pesar que pequeñas cantidades son excretadas por las raíces de las plantas y sean incorporadas al agua de lluvia.

El anhídrido carbónico del suelo que escapa a la atmósfera puede ser usado de nuevo por la planta.

Una pequeña cantidad de carbono reacciona en el suelo, produciendo ácido carbónico ( $\text{CO}_3\text{H}_2$ ), carbonatos y bicarbonatos de calcio, potasio, magnesio siendo todos éstos fácilmente solubles y pueden perderse por drenaje ó ser utilizados por las plantas superiores (12).

#### 2.2.6. Ciclo del nitrógeno.

En todos los suelos existen entradas y salidas considerables de nitrógeno acompañadas de transformaciones complejas a estas transformaciones o reacciones químicas es lo que se conoce como el ciclo de nitrógeno.

El nitrógeno adicionado procede de lluvias, fertilizantes, estiércol, abonos verdes, etc. el nitrógeno que está en condición orgánica sufre muchos cambios principalmente por efecto de las descomposiciones que realizan los microorganismos del suelo (12,20).

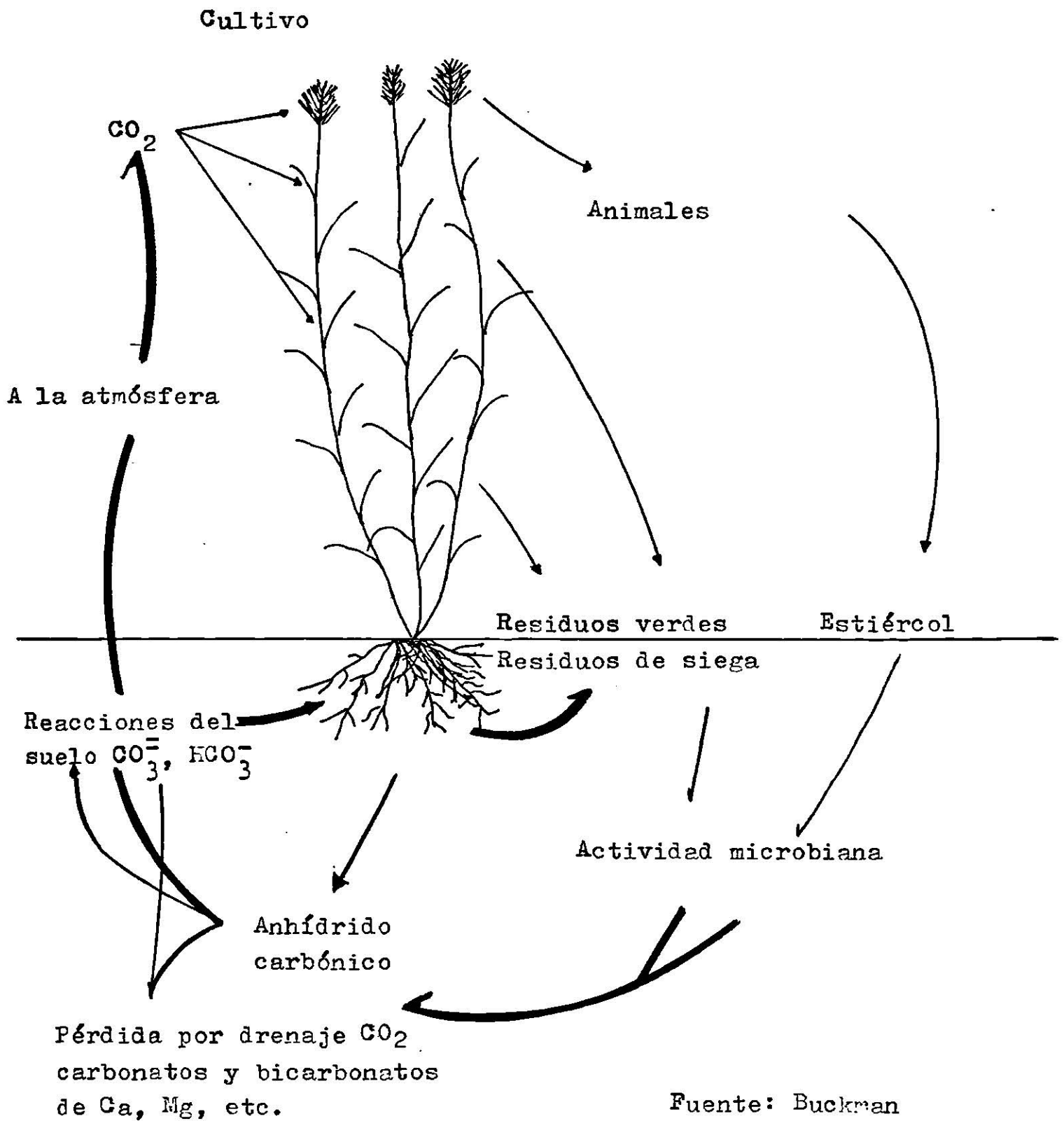
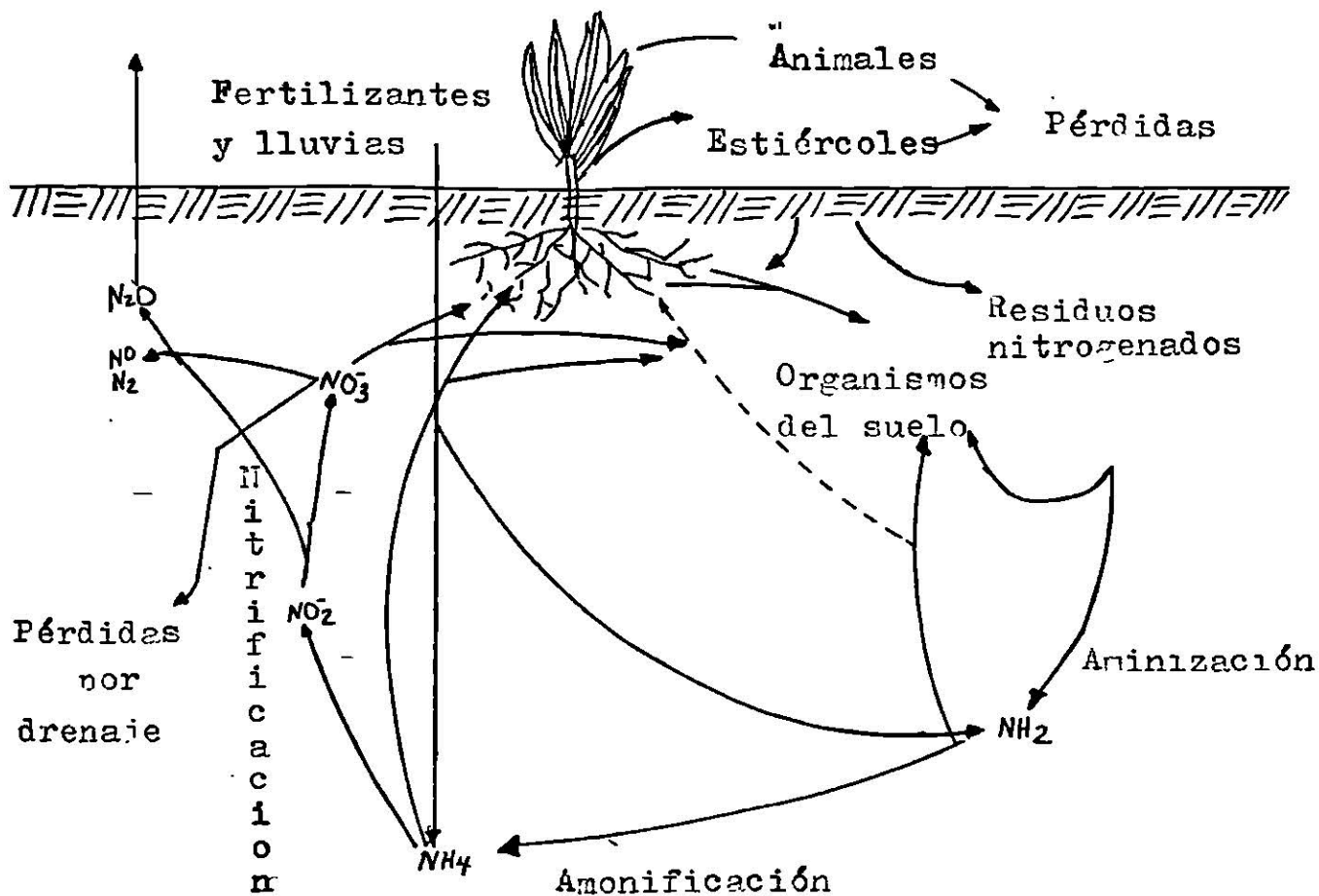


Figura #1. Ciclo del Carbono.

Pérdidas  
gaseosas



Fuente: Buckman

Figura #2. El ciclo del Nitrógeno

Amonificación:

Es la transformación de los compuestos nitrogenados orgánicos en amoníacos.

Los organismos heterotróficos del suelo dividen la materia orgánica en sustancias simples disponibles, para la nutrición de las plantas o para la descomposición ulterior por parte de los organismos autotróficos.

Durante el curso de la acción en condiciones aerobias realizadas por los organismos heterotróficos, se absorbe oxígeno -

y se libera  $\text{CO}_2$ .

Para obtener una amonificación rápida es necesario tener suelos desaguados y aireados.

Winogradsky y Warington citado por Tamhane han demostrado que el proceso de amonificación implica una simplificación gradual de los compuestos complejos.

Proteína  $\longrightarrow$  polipéptidos  $\longrightarrow$  Aminoácidos  $\longrightarrow$  Amoníaco ó sales de amonio. Esto es por la acción de enzimas producidas por -- hongos, Actinomicetos y bacterias aerobias y anaerobias principalmente (38,46).

El nitrógeno amoniacal tiene cuatro destino:

1. Puede ser convertitdo a nitritos y nitratos por el proceso de nitrificación.
2. Puede ser absorbido directamente por las plantas superiores.
3. Puede ser utilizado por los organismos heterotrófos en ultteriores descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.
4. Puede ser fijado en una forma no utilizable biológicamente en los tramados de ciertos tipos de arcillas minerales en expansión (34).

**Nitrificación:**

El amoníaco liberado en el proceso de amonificación es -- convertido en nitritos y después en nitratos promedio de un -- proceso de oxidación enzimático provocado por bacterias, es lo que se llama nitrificación.

Para que el amoníaco sea convertido a nitrato se necesi--

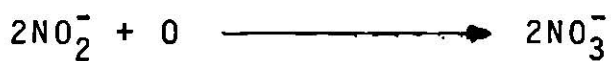
tan dos etapas:

1° Que el amoníaco sea convertido a nitritos, esta conversión - se realiza por medio de bacterias autotrófas obligadas como las nitrosomonas.

Esto se representa



2° Los nitritos se conviertan en nitratos y esto se realiza por medio de las bacterias autotrófas llamada Nitrobacter. Esta reacción se representa de la siguiente manera:



Con esta segunda transformación se evita la acumulación de iones de nitritos, ya que éste es tóxico para las plantas -- (20,21,49).

Los factores que influyen la actividad de las bacterias nitriticantes tienen un efecto pronunciado sobre la cantidad de nitritos producidos y, en consecuencia, sobre la utilización -- del nitrógeno por las plantas.

Para que la nitrificación se lleve a cabo va a depender -- del 1) suministro del ión amonio, 2) la población de organismos nitrificantes; 3) la reacción del suelo; 4) la aireación del -- suelo; 5) la humedad del suelo; 6) la temperatura. La reacción del suelo para las bacterias nitrificantes es de pH 7 a 8.0 --- (49).

### Desnitrificación:

La desnitrificación es el proceso que origina la conversión del nitrato del suelo en nitrato gaseoso y/u óxido nitroso.

La desnitrificación se favorece cuando hay condiciones anaeróbicas como un exceso de lluvia, ya que debido a la gran cantidad de agua dificulta la difusión de oxígeno en el suelo.

Esto explica porqué los suelos arcillosos y compactos tienden a sufrir mayores pérdidas por la desnitrificación que los suelos arenosos (38,46).

Cuando se tiene un pH alto, temperaturas de 60 a 70°C y un elevado contenido de materia orgánica oxidable con facilidad, favorecen la desnitrificación (38,46).

### 2.2.7. Conservación de la M.O. del suelo.

Los terrenos vírgenes mantienen constante la cantidad de materia orgánica e incluso la aumentan, pero el hombre al roturar las tierras para incrementar la superficie de cultivo, rompe el equilibrio de la naturaleza. Al hacer que las plantas absorban los elementos nutritivos con mayor rapidez, poniéndolos a su disposición, se apresura el agotamiento del suelo.

Por todo lo anterior, es necesario recurrir a ciertas prácticas para conservar la M.O., tales como la rotación de cultivos, incorporando al suelo abonos verdes (leguminosas, especialmente), establecimiento de céspedes que dejan cantidades considerables de humus y los estiércoles que proporcionan M.O. al suelo y son valiosos por la cantidad de nitrógeno que contie



nen. Con éstas prácticas y una apropiada fertilización se puede mantener un nivel conveniente de producción de cosechas (7).

#### 2.2.8. Conservación de la M.O. en regiones áridas y semiáridas

La cantidad de M.O. en un suelo representa el balance entre la adición de materias residuales de las plantas y la descomposición destructiva de los mismos por los microorganismos del suelo.

El bajo contenido de M.O. en regiones áridas y semiáridas se debe a la rápida descomposición oxidativa del material orgánico por influencia conjunta de las altas temperaturas, libre-aireación y un suficiente porcentaje de humedad para el proceso microbiológico (40).

Una producción elevada de M.O. no siempre conduce a la -- acumulación de una reserva grande de ese material en el suelo. En regiones donde la temperatura es elevada y la estación de crecimiento es larga ó continúa se producen grandes cantidades de M.O. Sin embargo, los suelos de ésas áreas son bajos en M.O., debido a la prontitud con que se descompone a la mayor duración del período de descomposición.

En los suelos de los climas cálidos es más difícil aumentar el contenido de M.O. del suelo, por lo que tiene más necesidad de abonos verdes, estiércoles y rotaciones de cultivo (5).

La forma en que se usa la tierra tiene una influencia marcada sobre el contenido de M.O. del suelo. Cuando se hacen --

cultivos o el suelo se deja desnudo por largos períodos, la provisión de materia orgánica se reduce. El cultivo aumenta la -- aereación del suelo y estimula la actividad bacteriana hasta -- que la tasa de descomposición es más rápida que la de acumula-- ción. Cuando los campos se dejan parcial ó completamente desnu-- dos, muchos de los elementos nutritivos liberados a medida que se descompone la materia orgánica son perdidos por lexivación y erosión. Se puede mantener la M.O. e incluso aumentarla ha-- ciendo rotación de cultivos de gramíneas y leguminosas, incorpo-- ración de estiércol, etc. (15,40).

El cultivo y el riego en los climas cálidos llevan a la rá-- pida desaparición de M.O. de los suelos.

En suelos plantados con caña azucarera en Trinidad, sometidos a largos períodos de cultivo, contienen de 2 a 3% de M.O. a pesar de estar abonados con grandes cantidades de estiércol de-- cuadra (40).

#### 2.2.9. Humus.

Es la fracción activa de la materia orgánica y se define -- como la porción bien descompuesta y estabilizada de la M.O. del suelo. La relación C/N del humus agrícola es de 10:1.

El humus puede contener 30% de poliurónidos y 25 al 50% de lignina y proteína y tiene una capacidad de intercambio de ca-- tiones 4 a 7 veces mayor que los colides minerales de la arci-- lla.

El humus es un producto que resulta de la descomposición y síntesis de compuestos orgánicos.

El humus es una sustancia amorfa translúcida de color oscuro y es altamente coloidal como la arcilla.

Las arcillas tienen una capacidad de intercambio de cationes de 8 a 100 miliequivalentes por 100 gr de suelo, en cambio el humus alcanza un C.I.C. de 150 a 300 miliequivalentes por 100 gr.

En una atmósfera saturada el humus absorbe de 80 a 90% de agua, en cambio la arcilla solo absorbe del 15 al 20% de agua (12,38).

La baja plasticidad y cohesión del humus mejora la estructura desarrollándose en los suelos de textura fina, por las grandes cantidades de arcilla. El color oscuro del suelo se debe al humus, pero se confunde con los minerales de fierro.

Debido a que la M.O. es la única fuente considerable de elementos, los análisis de nitrógeno y carbono referidas a cantidades totales presentes y a la relación entre estas cantidades se usan con frecuencia para determinar la M.O. que hay. A la relación C/N se llama "relación carbono-Nitrógeno" y nos sirve para cuantificar el nitrógeno aprovechable para la planta (13).

La materia orgánica contiene aprox. un 40% de carbón.

El 35% de ese carbón se fija como humus.

El humus contiene una relación C/N 10:1.

El 2.5 del nitrógeno total en la materia orgánica del suelo es aprovechable en el ciclo agrícola inmediato (43,50).

### 2.3. Encostramiento

El encostramiento es un fenómeno provocado por la disgre-gación de las partículas del suelo a causa del impacto de llu-via sobre la superficie. El efecto de encostramiento predispo-ne a la superficie del suelo a la erosión tanto eólica como --hídrica, aumentando progresivamente la pérdida del suelo y re-ducendo consecuentemente su potencial agrícola (30).

El encostramiento tiene dos efectos: uno, directo y otro-  
indirecto, el efecto directo en el crecimiento de las plántu--  
las que están germinando y daño a las raíces mediante la formación de torceduras, debido a la baja penetrabilidad de las mismas, el efecto indirecto de la costra en el suelo, es un aumento en el escurrimiento, inhibición de la tasa microbial y una -  
disminución en la tasa de percolación del agua (10).

Muchas hectáreas de tierra de cultivo son replantadas ca-da año como resultado de las pérdidas en la emergencia, resul-tante de las costras, producidas por la lluvia (30).

Las costras también interfieren con el necesario intercambio de oxígeno y bióxido de carbono entre el suelo y la atmós-fera (10,30).

### 2.3.1. Mecanismos de formación de las costras.

Las costras del suelo se forman por compactación superficial debida a una fuerza externa. Esta fuerza es debido al choque de las gotas de lluvia y la energía radiante del sol cuando el suelo se seca. Cuando las gotas de lluvia caen en un suelo seco, se produce de una manera casi instantánea la disgregación de los agregados seguida por la dispersión y orientación de las partículas más finas y la oclusión de los poros al penetrar estas partículas en el suelo. La costra así formada consta de dos partes (McIntyre, 1958) primero hay una delgada capa de 0.1 mm de espesor aprox., que se forma en la superficie por compactación resultante de la acción de las gotas de lluvia. Segundo, las partículas dispersas que surgen del choque son arrastradas por el agua que se filtra, obturan los poros inmediatamente debajo de la superficie y forman una capa de porosidad disminuida cuya permeabilidad se reduce a 1/200 de la del suelo inferior no afectado; la de la capa superficial es reducida a 1/2000 aprox. (10,25).

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

El encostramiento de los suelos se controla con la cobertura de materia orgánica que los protege de la acción de las gotas de lluvia, puesto que, la materia orgánica promueve la formación de agregados estables que resisten la dispersión de las partículas del suelo (4,10,25).

### 2.3.2. Módulo de ruptura.

Los suelos de compactación normal fuertemente secados en el campo tienen gran dureza y cohesión. El grado de ésta cohesión varía con la estructura del suelo, pues la porosidad determina el número de partículas por unidad de volúmen. La porosidad está relacionada con el número de contactos superficiales. La cohesión de los suelos secos se determina midiendo la resistencia a la ruptura de briquetas desecadas.

El módulo de ruptura se emplea también como índice de encostramiento (Richard, 1953; Lemos y Lutz, 1957), empleó que se basa en dos suposiciones: 1) las propiedades físicas de la briqueta simulan la de las costras naturales; 2) el módulo de ruptura representa la fuerza que las plantitas recién nacidas utilizan para romper las costras (36).

El módulo de ruptura se determina midiendo la resistencia a la ruptura de un ladrillo desecado fabricada con una muestra de suelo. La determinación consiste en secar al aire una muestra de suelo colocada en un molde rectangular, se moja después por capilaridad, después se procede al secado de la muestra a una temperatura de 50°C. El ladrillo se rompe aplicando pre---

si3n en la parte media del mismo (36,44).

El m3dulo de ruptura se calcula con la siguiente ecuaci3n-

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

donde:

$F$  = (dinas), es la fuerza de ruptura,  $L$  es la distancia en cm - entre las barras que sostienen al ladrillo,  $b$  es el ancho del - ladrillo, y  $d$  el espesor del ladrillo en cm. El resultado tam- bi3n puede expresarse en bares ( $1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dinas/cm}^2$ ).

El m3dulo de ruptura es mayor para las arcillas montmori- llon3ticas que las caolin3ticas en igualdad de composici3n por - tama3o de part3culas. El impacto de las gotas de lluvia y el - consiguiente batido produce valores m3s altos de m3dulo de rup- tura (33,35).

### 2.3.3. Resistencia del suelo a la penetraci3n: El penetr3metro.

La resistencia de un suelo a la penetraci3n de un instru- - mento de sondeo es un 3ndice integrado de la compactaci3n del - suelo, contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arci- - lla. En otras palabras es un 3ndice de la resistencia del sue- - lo en las condiciones de la medici3n. Es una determinaci3n que - implica la consistencia y la estructura del suelo (10,25).

La cantidad de penetraci3n por unidad de fuerza aplicada - a un suelo determinado var3a con la forma y tipo de instrumento - empleado.



La resistencia del suelo agrícola a la penetración estará -  
pués, en función de las condiciones de laboreo y de humedad que  
se tenga en el momento de la medición, ya que la textura y el -  
tipo de arcilla no cambian.

A medida que el penetrómetro entra en el suelo, encuentra-  
la resistencia a la compresión, la fricción entre el suelo y el  
metal y la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, que im--  
plica la fricción interna y la cohesión (10,25).

Hay un rápido aumento en la resistencia con la creciente -  
diminución de la humedad, lo que indica que la resistencia del-  
suelo se hace más grande a medida que las partículas se acercan  
unas a otras durante el proceso de desecación (10,25).

En un suelo arenoso suelto, la resistencia a la penetra---  
ción aumenta proporcionalmente a la profundidad. En un suelo -  
de marga limosa con 16% de arcilla que ha sido compactado en es-  
tado húmedo, la resistencia aumenta rápidamente con la profundi-  
dad en unos cuantos centímetros y luego permanece constante ---  
(43).

#### 2.4. Empleo del Estiércol

El mundo ha entrado ya en una era en la cual la prevención  
del desgaste agrícola es cada vez más necesaria. Por esto, el-  
cuidado de una finca pide un manejo más cuidadoso, así como un-  
uso más prudente del estiércol producido en ella (12).

La mayor parte del estiércol que se utiliza para abonar --  
las tierras proviene del ganado vacuno. Esto viene completado-

más ó menos extensamente por el estiércol de caballo, cerdo, - carnero y animales de corral (12,47).

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 estos elementos nutritivos en ellos, no sea siempre la óptima, y requieran por tanto, una corrección con la fertilización química complementaria (44).

#### 2.4.1. Estiércol como aportador de M.O.

Una disminución en la M.O. da por resultado suelos compactos superficiales, mayor desague y syelos aterronados, pero mediante el uso de abonos orgánicos, la materia orgánica se conserva e incrementa, ya que uno de los factores que más contribuyen a la fertilidad de los suelos es el contenido de materia orgánica. La M.O. modifica las propiedades físicas del suelo- como la estructura al fomentar la granulación y aumenta la capacidad de retención de humedad, la permeabilidad, el intercambio catiónico, etc. Debido a estos beneficios de la materia orgánica debe utilizarse los abonos orgánicos (46).

Los cambios de las condiciones físicas del suelo, como la densidad aparente, velocidad de infiltración, resistencia a la penetración, porosidad son más notables a dosis altas, superior a 60 toneladas por hectárea y por año durante los primeros años (5).

#### 2.4.2. Disponibilidad del estiércol.

Muchos factores influyen en la cantidad de estiércol producido, los más importantes son: 1) clase de animal; 2) edad del animal; 3) la clase y cantidad de alimento consumido; 4) las condiciones del animal; 5) trabajo efectuado; 6) manejo y almacenamiento que el estiércol recibe antes de ser repartido sobre la tierra (12,34).

Datos sobre las cantidades de estiércol producido por las diferentes clases de animales domésticos.

Tabla #2. Toneladas de estiércol producidos anualmente por los animales domésticos por 100 kg de peso de animal vivo.

Animal	Peso de excremento	Peso de cama	Peso total
Caballo	1.79	0.59	2.38
Vaca	2.69	0.30	2.99
Cerdo	3.04	0.59	3.63
Ternero	1.22	0.70	1.92
Novillo	1.50	0.30	1.80
Gallina	0.95	----	0.95

Fuente: Buckman y Brady

En México se producen anualmente 7'500,000 toneladas de estiércol de base seca de las cuales el 74% corresponde a estiércol bovino, el 6% a estiércol porcino y el 3.5% a estiércol de gallina (5).

Para saber la cantidad de estiércol producido se cuentan con estadísticas donde se supone que los animales se mantienen estabulados todo el año y el estiércol que producen puede ser recuperado (47).

Tabla #3. Producción anual de estiércol por 450 kg de peso vivo de animal.

Clase de animal	Ton. métricas anuales
Vaca	9-13
Caballo	8-9
Cerdo	13-15
Oveja	4.5-5.5
Gallina	4.6-4.5

Fuente: Teuscher y Adler

Los excrementos por Unidad de Ganado Mayor (U.G.M.) contiene 4.5 kg/día de materia seca si la alimentación contiene 12.5 kg/día de materia seca comestible, y la orina acusaría la presencia de 0.5 kg de materia seca (32).

#### 2.4.3. Composición del estiércol.

El estiércol consta de partes: La parte sólida y la parte líquida en una relación aproximada de 3:1. Por lo general, un poco más de una mitad de Nitrógeno, casi todo el ácido fosfórico y alrededor de dos quintos de potasa se hallan en el estiér

col sólido, pero ésta aparente ventaja es anulada por el fácil aprovechamiento de los constituyentes transportados por la orina.

Es muy difícil dar cifras exactas del estiércol que se aplica al suelo a causa de los diversos factores que afectan a las cantidades de nitrógeno, ácido fosfórico y potasa presentes, los factores que afectan a éstas cantidades son: 1) clase de animal; 2) edad y condición de los animales; 3) alimento consumido, etc. (12,32).

El excremento sólido contiene grandes cantidades de lignina, o sea una gran proporción de la materia orgánica de las heces es humificada llegando al 50% de M.O. humificada y el nitrógeno contenido en ella es lentamente aprovechable para las plantas cuando se adiciona al suelo. La porción líquida del estiércol difiere de la sólida no solo en cuanto a la aprovechabilidad de los nutrimentos, sino también en su bajo contenido de potasio y nitrógeno (34).

Se considera de manera promedial que una tonelada de estiércol contiene 0.5% de N, 0.25% de Potasa siendo estos contenidos bajos si se les compara con fertilizantes comerciales -- por ejemplo una tonelada de 8-16-16 proporciona 80, 160, 160 kg de N, P y K respectivamente (12,16). Pero a diferencia de estos el estiércol contiene además sustancias promotoras del crecimiento como la creatina, auxinas, ácido B-indolacético y contenido de M.O. (47).

El estiércol de aves de corral es más rico en N P K, que-

el estiércol medio de granja (48) donde se puede observar que casi todo el fósforo (99%) es aportado por la porción sólida, el 60% de  $K_2O$  es aportado por la porción líquida y el 40% restante por la porción sólida (46).

Tabla #4. Composición media de la excreta fresca de animales - de granja:

Origen		N(%)	$P_2O_5$ (%)	$K_2O$ (%)
Vacas y bueyes	Estiércol	0.30	0.20	0.10
	Orina	1.00	vestigios	1.40
Ovejas y cabras	Estiércol	0.75	0.50	0.45
	Orina	1.35	0,05	2.00
Caballos	Estiércol	0.50	0.30	0.50
	Orina	1.35	vestigios	1.25
Cerdos	Estiércol	0.60	0.50	0.50
	Orina	0.40	0.10	0.30

Fuente: Tamhane

Los animales ya maduros dan menos N,P,K cuando estan produciendo leche que cuando no tienen que darla (48), la gallina za tiene mayor contenido de nutrientes que cualquier otro estiércol debido a su bajo contenido de agua.

En forma general las aves de corral contienen en su estiércol 1.22%N, 1.84 Ac. fosfórico y 0.94 de potasio. El estiércol de ganado caprino tiene 1.2% N, Ac. fosfórico y de 0.8 a 2.3% de potasio (39).

Tabla #5. Análisis promedio de materiales orgánicos.

Materia orgánica Brutos	N(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	M.O.	Pies <sup>3</sup> /tonelada
Estiércol de cabra	2.77	1.78	2.88	60	70
Estiércol de vacas	0.7	0.30	0.65	30	55
Estiércol de novillos	2.0	0.54	1.92	60	70
Estiércol de caballos	0.7	0.34	0.52	60	75
Estiércol de puercos	1.0	0.75	0.85	30	60
Estiércol de ovejas	2.0	1.00	2.50	60	70
Estiércol de conejos	2.0	1.33	1.20	50	70
Excrementos avícolas	4.0	3.2	1.9	74	55
Estiércol avícola	1.6	1.25	0.9	50	58

Fuente: Manual de Fertilizantes

Los estiércoles de cabra y gallina son los de los llamados "calientes" y el estiércol de vacunos es de los llamados "fríos" y esto se debe por la menor y mayor cantidad de agua contenidos respectivamente en ellos (39).

Tabla #6. Resultados obtenidos de 3 diferentes estiércoles frescos y parcialmente descompuestos.

Estiércol fresco	
Bovino	- 1.75% Nitrógeno total
Caprino	- 2.31% N
Gallina	- 2.53% N
Estiércol parcialmente descompuesto	
Bovino	- 1.50% de N
Caprino	- 1.71%
Gallina	- 2.14%

Fuente: Rico Moreno



#### 2.4.4. Pérdidas en el manejo del estiércol.

Los métodos de manejo poco cuidadosos en los establos y la aplicación retrasada del estiércol causa la pérdida de una gran parte de su valor antes que éste llegue al campo, el grado de disminución del valor del estiércol es debido a la clase y métodos usados en la recolección, almacenaje y aplicación de éste (34).

#### Pérdidas de la parte líquida del estiércol.

Las pérdidas de la orina del estiércol es grave de acuerdo con el contenido de denutrientes para las plantas. Esto ocurre debido a las filtraciones en el piso del establo, filtración en los pisos de tierra o por drenaje en los montones de estiércol, y a una mala preparación de cama (34,47).

#### Pérdidas por lavado.

Cuando el estiércol no tiene protección contra la lluvia se produce el lavado, pero las pérdidas mayores se da cuando el estiércol se amontona en pilas pequeñas, flojas y abiertas. En 6 meses, el estiércol que está expuesto a la lluvia pierde más de la mitad de su valor fertilizante.

Las pérdidas no solo se limitan a la orina, sino también a compuestos de nitrógeno, fósforo y potasio de la fracción sólida y bajo condiciones alcalinas se pierde M.O. (12,34).

Aproximadamente la mitad de nitrógeno y los tres quintos de la potasa de un estiércol están en condición soluble, puede

ser perdida por el lavado aunque no este expuesto a una lluvia-abundante. Además la descomposición aerobia y anaerobia puede causar una pérdida rápida de nitrógeno en forma amoniacal y nitratos (12,34,39).

Casi la mitad del nitrógeno y más de la mitad de la potasa se encuentran en los excrementos líquidos. Se debe emplear paja o turba para evitar que se pierdan los nutrimentos por lexiviación (48).

#### Pérdidas por volatilización.

Estas pérdidas son principalmente de nitrógeno y materia-orgánica y son debido a que en las primeras etapas de descomposición del estiércol, el amoníaco producido en el estiércol se combina con el ácido carbónico formándose carbonatos y bicarbonatos de amonio siendo estos compuestos bastante inestables y el amoníaco gaseoso puede ser facilmente liberado, puede se---guir perdiendo nitrógeno amoniacal al aumentar la concentra---ción de carbonato de amonio con el incremento de la temperatura (34). A temperaturas ordinarias y pH abajo de 7.0 el es---tiércol casi no pierde amoníaco, en cambio las temperaturas altas producidas por la descomposición aeróbica en un montón flojo de estiércol, conducen a una rápida pérdida de amoníaco.

El movimiento del viento acelera la evaporación del agua-lo cual disminuye la capacidad de ésta para retener el amoniaco.

Las pérdidas pueden ser también considerables si se esparar

ce el estiércol y si se permite que se seque antes, de ser enterrado con el arado.

Muy poca ó ninguna pérdida de ácido fosfórico o potasa ocurre por volatilización (34,46).

Se calcula que las pérdidas de nitrógeno por volatilización y desnitrificación entre el tiempo en que se excreta y el tiempo en que se aplica, pueden llegar al 50%, según datos del Sur de California. Esto es debido a su baja concentración de nutrientes y el gran volumen que se aplica por unidad, esto limita económicamente las posibilidades de transportación, ya que no es costeable transportar el estiércol más de 20 ó 30 km (5).

#### 2.4.5. Métodos de manejo del estiércol.

El objetivo en el cuidado y manejo del estiércol es prevenir pérdidas de nutrientes para las plantas ya que aún bajo -- las condiciones más favorables es imposible evitar pérdidas de nitrógeno y algo de materia orgánica, en cambio, para conservar los compuestos de fósforo y potasio no se dificulta por no ser volátiles (12).

El manejo del estiércol aumenta su costo y también disminuye su valor al exponerlo al aire incrementando así las pérdidas por descomposición.

Un buen almacenamiento del estiércol es hacer montones de él pero que esten compactos, que tengan suficiente humedad, -- que estén bajo techo y que no se muevan durante el tiempo que-

esten almacenados (46). ,

También se puede usar la turba para el almacenamiento del estiércol, ya que ésta tiene una alta capacidad de absorción - de líquidos y una acción preservativa sobre el estiércol, debido a que cuando se almacenan estiércoles cubiertos con turba - se produce poco calentamiento.

#### 2.4.6. Efecto de la aplicación de estiércol en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo. \_

2.4.6.1. Efecto del estiércol en la estructura del suelo.- El efecto de la M.O. del estiércol es que aumenta la estabilidad de la estructura, ejerciendo por un lado el efecto de una cementación sobre los constituyentes de los agregados, y disminuyendo la mojabilidad de los mismos. Solo se manifiesta estas propiedades si se encuentra por lo menos en parte en estado de humus, ya que si se añade estiércoles bien descompuestos, estos tienen un efecto menor sobre la agregación del suelo, que los menos descompuestos. El efecto de la cementación es más intenso cuando el humus ha sido coagulado por los iones de calcio (23).

La influencia que tiene el humus sobre la estabilidad de la estructura es muy intensa y se comporta así por ser un coloide hidrófilo y porque los ácidos húmicos poseen un potencial de hinchamiento muy elevado (42).

Las sustancias orgánicas de ácidos, tales como el húmico-combinado con el calcio, posee una alta capacidad cementante y forman terrones porosos que no se separan ó se desintegran en-

el agua y poseen por lo tanto una estructura buena desde el punto de vista agrícola.

Los suelos pesados que padecen de una insuficiente aireación convierten su estructura compacta en otra de mayor solura bajo la influencia de las aportaciones de estiércol. La relación aire/agua mejora cuando las partículas del humus se unen a los minerales de arcilla, se incrementa la cantidad de coloides y se fomenta una población microbiana más activa. Como consecuencia de esto se produce más  $\text{CO}_2$  que fomenta el crecimiento de las plantas (43).

Los abundantes abonos de estiércoles de cuadra ó artificiales, que son aplicados con regularidad, pueden tener efectos benéficos para la estructura del suelo, ya que ocasionan un aumento en la cohesión entre las partículas de arena, y esto es lo que da la resistencia del suelo al arrastre por el viento y a la obturación de los poros del suelo por las lluvias torrenciales (12,43).

En Rothamsted, se hicieron aplicaciones anuales de 35 toneladas métricas/ha de estiércol y se obtuvo que, la proporción de grumos estables al agua de un tamaño superior a 0.5 mm aumentó de un 28 a 55% en el campo de trigo permanente y de 54 a 70% en suelos pesados en el cultivo de remolacha azucarera.

Por el contrario, en experimentos realizados en el sudeste de Ohio en suelos francos, reportan que 28 abonados anuales de 40 ton métricas/ha de estiércol tuvo muy poco efecto sobre la estructura del suelo (43).

Al adicionar M.O. al suelo la mejora de la estructura va a depender de la velocidad a que se descomponga el material --añadido (12,43,47).

Cuando se agrega cal a suelos ácidos incrementa la velocidad de descomposición del estiércol y estó da como resultado -- una mejora en la estructura del suelo (43).

2.4.6.2. Efecto de la aplicación de estiércol sobre la infil--tración y capacidad de\_retención de agua del suelo.- El humus de la materia orgánica de los estiércoles produce una mejor estrutura del suelo, esto permite tener un buen equilibrio en--tre los poros grandes, entre los agregados y de poros pequeños dentro de los agregados. Esto trae como consecuencia una ma--yor captación de agua y una mayor cantidad de agua infiltrada-- (43).

La captación y la infiltración del agua estan relaciona--das con la estabilidad de la estructura, mientras tengamos es--tructuras granulares y estables al agua será mayor la cantidad de agua que absorba el suelo (18).

Meyer (1980), citado por Escobedo, realizó un estudio en--maíz usando humus estable, se obtuvo que la retención y absor--ción de humedad fue mayor en los campos donde se aplicó el hu--mus estable, la retención de humedad fue de 17 al 96% (18).

Campos (183), citado por Nieto, hizo un estudio en Chapin--go, México donde aplicó 0.5 y 10 ton/ha de estiércol y 0 y 5 --ton/ha de rastrojo en un suelo migajón arenoso y encontró que--

los estiércoles produjeron un aumento en la humedad retenida - a capacidad de campo de 16% a 20% de humedad (36).

Mathers, Stewart y Thomas (1977) citados por Escobedo, -- llevaron a cabo un experimento en el cual utilizaron suelos -- pullman clayloam y aplicaron tratamientos de 0, 22 y 67 ton/ha /año y tratamientos donde se aplicaron 224 kg/ha/año como amoníaco anhídrido. La finalidad de dicho experimento fue ver el efecto de la aplicación de estiércol en la calidad del agua de riego por lossurcos. El avance del agua en los surcos fue bajo y la toma de agua más alta en la parcela donde se aplicó -- abono. Se obtuvo mayor rendimiento de grano de sorgo en los - lotes donde se aplicó el abono a pesar de que en los lotes donde no se aplicó, se suministró nitrógeno en forma de amoníaco-anhídrido.

Esto debido a la mayor cantidad de agua retenida que hay en los tratamientos abonados y que está disponible para las -- plantas (18).

Los suelos retienen agua a causa de sus propiedades coloidales y de agregación, cuando se descompone la M.O. se liberan ciertas sustancias similares a la goma, que tienden a crear -- más agregados estables al agua en el suelo (46).

Kvasnikov citado por Russell, demostró que con grumos de tamaño óptimo los cereales se desarrollan mejor y más precozmente, daban rendimientos mas elevados y valores más elevados de la razón grano-paja, y utilizaban de modo más eficiente un aporte limite de agua que cuando los grumos eran mayores o más

pequeños, límite de los grumos 1 a 5 mm (43).

Un caso extremo de aplicación de estiércol se da en la Estación de Rothamsted donde se aplicaron 14 ton/acre/año de estiércol de bovinos durante 100 años, y una parcela similar no recibió estiércol. Los resultados muestran que la capa arable de la parcela abonada es capaz de suministrar 0.7 pulgadas más de agua disponible para los cultivos que la parcela que no recibió estiércol (46).

Baver, L.D. (1930) encontró que la absorción de agua por el suelo varía a consecuencia de la materia orgánica de un 20- a un 40% en los suelos que investigó (9).

2.4.6.3. Efecto de la aplicación de estiércol en la densidad aparente del suelo.- La densidad aparente está relacionada con la estructura del suelo. Un suelo que contenga una buena agregación y un alto contenido de materia orgánica tendrá valores más bajo de densidad aparente (12,38).

La poca cantidad de materia orgánica contenida en los suelos arenosos hace que los valores de densidad aparente sean altos.

La adición de estiércol en grandes cantidades tiende a -- disminuir el peso de los suelos superficiales así como el cesped de ciertas gramíneas. Un cultivo intenso, por otro lado, obra en dirección opuesta (12).

Tlarks, et al(1974), citado por Nieto restraron a su vez una disminución de la densidad aparente de un suelo migajón ar



cillo-arenoso de 1.05 a 0.90 gr/cm<sup>2</sup>, al utilizar estiércol de bovino como abono orgánico (36).

Unger, Stewart (1974), aplicaron dosis de 67, 134 y 268 ton/ha de abono orgánico en un tipo de suelo Pullman Clay loam en Bushland Texas. Encontraron que la D.A. se redujo de 1.37 gr/cm<sup>3</sup> en el testigo a 1.12 gr/cm<sup>3</sup> en el tratamiento de 268 ton/ha.

Los cambios de D.A. son más notables a dosis altas, superiores a 60 ton/ha/año, especialmente durante los primeros años (52).

Elizondo, Rubio y Alonso (1974) concluyen que la materia orgánica incrementó la capacidad retentiva de humedad del suelo. Esto indica que aumentó el espacio poroso al aumentar la agregación reteniéndose más cantidad de agua y por consecuencia disminuyó la D.A. (17).

#### 2.4.6.4. Efecto de la aplicación de estiércol sobre la C.I.C.-

El humus es altamente coloidal, pero a diferencia del coloide mineral del suelo es amorfo y no cristalino, su área superficial y su capacidad de adsorción es mayor que cualquier arcilla.

La C.I.C. de las arcillas silicatadas es de 8 a 100 m meq/100 gr de suelo, en cambio la C.I.C. del humus es alta y se halla comprendida entre 150 y 300 meq/100 gr de suelo.

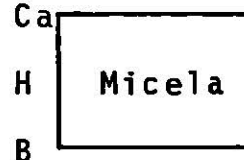
La materia orgánica es responsable quizás más que cualquier otro factor de la estabilidad de los agregados del suelo.

Generalmente se considera que por lo menos un 50% de la capacidad total de intercambio depende de la materia orgánica, así - como el 80% del intercambio gaseoso (12).

Baver, L.D. (1930), encontró que la capacidad adsortiva - de cationes del suelo se incrementó de un 30 a un 60% a consecuencia de la adición de la materia orgánica (9).

El humus del suelo como complejo coloidal, está organiza- do casi en igual forma que la arcilla. La lignina modificada, los poliurónidos, las proteínas-arcillasas, y algunos otros -- constituyentes, funcionan como micelas complejas.

Las micelas húmicas, tales como las partículas de arcilla, llevan un conjunto de cationes adsorbidos ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , etc.). Así, el humus coloidal puede ser representado por la misma fórmula estructural usada para la arcilla Ca



donde la B representa los cationes básicos (Mg, K, Na, etc) (12).

Cuando el humus se satura con  $\text{H}^+$  iones, aumenta la asigna- ción de ciertas bases nutrientes, como el Ca, K y Mg.

El humus-H, al igual que las arcillas-H, es el que actúa- casi siempre como ácido ordinario y puede reaccionar con mine- rales del suelo, en para extraer sus bases.

El humus ácido tiene esa rara capacidad de efectuar tal - transferencia, por lo que en comparación, el ácido orgánico es fuerte. Una vez efectuado el cambio, las bases así afectadas, -

son liberadas en condiciones de adsorción débil y son fácilmente asimilables por las plantas superiores. Este punto se representa de la siguiente manera:



El K es intercambiado del estado molecular al de adsorbido, en cuya condición se manifiesta, como fácilmente asimilable por las plantas superiores (12,36).

Se ha observado que el ión  $H^+$  es el más activo en el reemplazo de cationes. Por lo tanto, el desarrollo de iones  $H^+$  en el suelo, conducirá al reemplazo de otros cationes en el complejo coloidal, y estos iones reemplazados estarán disponibles para su uso por las plantas.

Existe una liberación constante de iones  $H^+$  en el suelo durante el ciclo de crecimiento. Esto se realiza a través de la producción de  $CO_2$  en la descomposición de la materia orgánica y la excreción del gas de células vivas por el proceso de respiración. El  $CO_2$  se combina con el agua, formando un ion  $HCO_3^-$  y un ión  $H^+$ , los cuales pueden reemplazar otros cationes para uso de las plantas (12).

2.4.6.5. Efecto de la aplicación del estiércol sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo.- La gran cantidad de dióxido de carbono producido durante la descomposición de la materia orgánica es muy importante para la liberación de ciertos nutrientes, el fósforo inorgánico especialmente, el dióxido de carbono se disuelve en el agua para formar el ácido carbónico. Dando -

como, resultado una disminución del pH del suelo, ésto es de mucha importancia en los suelos neutros y alcalinos, con ésta. -- disminución temporal del pH aumentará la proporción de otros elementos liberados como el boro, el zinc, el manganeso, el -- hierro y el fósforo (42).

Algunos productos intermediarios de la descomposición de la materia orgánica se cree que forma iones complejantes ó que lantes. El fósforo o algunos de los oligoelementos anteriormente señalados se unen a estos iones y, se mantienen en un estado debilmente ionizado.

Los iones son retenidos en contra de la fijación por parte del suelo, pero permanecen bajo una forma que pueden ser -- utilizados por las plantas (41).

Los extractos del humus del suelo han aumentado la solubilidad del fósforo y esto es como resultado de que 1) la formación de complejos fosfohúmicos, que son más fácilmente asimilables por las plantas, 2) el reemplazamiento del anión del fosfato por el ión humato, y 3) el envolvimiento de partículas de sesquióxido por el humus, para formar una cubierta protectora y reducir así la capacidad del suelo para fijar fosfatos (42).

La materia orgánica del estiércol contiene cantidades apreciables de N,P,K y azufre que se transforman en asimilables para las plantas al producirse la descomposición (5).

Los nutrientes del estiércol se encuentran en forma orgánica y deben pasar por un proceso de mineralización para que sean asimilados por las plantas. Esta mineralización puede --

ser del orden entre 20 y 50% al primer año de aplicación, en el caso de la gallinaza puede alcanzar del 40 al 90%.

Bajo las condiciones de la Comarca Lagunera, 20 toneladas de estiércol proporcionan 300 kg de nitrógeno de los cuales se mineralizan el 75% al primer año y proporciona 220 kg de fosfatos que incrementan lentamente su disponibilidad en el suelo. También es muy rico en potasio y es el que se encuentra en mayor disponibilidad (5).

A pesar de la gran cantidad de nitrógeno disponible, los suelos estercolados presentan un alto potencial de desnitrificación, especialmente en los suelos arcillosos que se manejan con exceso de agua. En suelos calcáreos las pérdidas de amoníaco son muy grandes especialmente a pH 7 o más.

El potasio de los estiércoles es soluble en agua ya que se encuentra en forma de cloruro de potasio ó sulfato de potasio. Cuando se agrega dosis elevadas de estiércol el potasio puede causar salinidad en el suelo.

El estiércol incrementa el fierro y el zinc disponibles en el suelo, incrementando los niveles de estos nutrientes en los tejidos de la planta (31).

De manera general podremos decir que los abonos (estiércoles) se consideran como fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio, como aportadores de elementos menores y agentes capaces de poner algunos elementos menores del suelo disponibles para las plantas y el mayor beneficio de los estiércoles es cuando se combinan con fertilizantes comerciales, como por ejemplo con

superfosfato ya que los estiércoles tienen una menor cantidad de fósforo, pero adicionando superfosfato se obtendría una fórmula más completa de fertilización (18).

#### 2.4.7. Efecto de la aplicación de estiércol en la conservación de suelos.

La M.O. posee una capacidad elevada de retención de agua, ya que absorbe dos ó tres veces su propio peso; no obstante, ésta característica es tan solo una pequeña parte de la influencia del humus. La disminución en la cantidad de agua desbordada y en la erosión se debe al aumento en la capacidad de infiltración y a la mayor estabilidad de los aglomerados (12).

La M.O. en el suelo contribuye a mejorar la estructura, esto es, la cementación de las partículas finas del suelo en gránulos más grandes. Estas partículas más grandes producen una mayor aereación, aumentan la capacidad retentiva del agua y mejoran el drenaje, lo que origina un mejor laboreo de la tierra.

La M.O. en suelos minerales suministra una reserva de abastecimiento de nutrientes para las plantas que son fácilmente aprovechables. Tiene además, otro importante efecto en la reducción de la escorrentía y en la pérdida del suelo ayudando así en el control de la erosión (16).

Con una buena rotación de cultivos se puede usar el suelo por largo tiempo sin agotar la productividad del mismo. Se --

puede controlar la erosión al mantener la materia orgánica que contribuye a mejorar la estructura del suelo.

El resultado de los estudios con rotación en Carolina del Norte indican que una rotación de cultivos de maíz, trigo, lespedeza y algodón redujeron la pérdida de suelo a menos de la mitad de la que se producía con maíz continuo (11).

#### 2.4.8. Efecto residual del estiércol.

El estiércol experimenta una lenta pero continua mineralización, cuya intensidad está en relación con las condiciones de aireación y a la riqueza bacteriana del terreno. El resultado de observaciones prácticas en terrenos de consistencia media y clima templado nos indican que la acción del estiércol es fuerte en el primer año, se mantiene óptima en el segundo, se debilita su acción en el tercer año y ya no tiene ninguna acción en el cuarto año, por eso es necesario un suministro de materia orgánica al menos cada 3 o 4 años.

En terrenos sueltos (arenosos y guijarrosos y en los climas cálidos), la velocidad de mineralización de la sustancia orgánica es mucho muy rápida en relación a la mayor aireación y al mayor calor, en cambio en terrenos compactos y en los climas fríos la velocidad de mineralización es menor debido a las condiciones de aire y calor (51).

Baver menciona que el estiércol ejerce una influencia favorable en la granulación y en la aereación del suelo, pero este efecto no es permanente. Con la excepción de aplicaciones-

fuerzas de estiércol, el beneficio en fertilidad es mayor que el beneficio físico. (10).

Gustafson (1975), menciona que una aplicación de 20 ton/ha de estiércol cada 4 años, produce mayores efectos fertilizantes y evita pérdidas de suelo, a que si se aplicara 40 ton/ha de estiércol cada ocho años (22).

En un experimento realizado en Long Island se aplicaron 40 ton/ha de estiércol todos los años durante 25 años (1000 ton de estiércol) y se obtuvo que solo elevó el contenido de M.O. entre el 1 y 2%. En este caso se labraba y cosechaba todos los años (53).

En vid se obtuvo incrementos de hasta 30% tras de la aplicación anual de 15 toneladas de estiércol de bovino por hectárea (5).

En experimentos realizados en Michoacán por Guanos y Fertilizantes de México se concluyó que la gallinaza es la única alternativa económica para evitar la fijación del fósforo agregado y producir buenas cosechas de hasta 5 toneladas de maíz por hectárea al aplicar 2.5 a 5 ton/ha de gallinaza (5).

El uso del abono orgánico ya sea en forma de estiércol, composta o abono verde, le proporciona al suelo cierta cantidad de nutrientes que no resulta suficiente para hacer producir abundantes cosechas debido a que existen otros factores que deben considerarse y que intervienen en la producción.

Valdez citado por Acosta, reporta que aplicando 10 toneladas de estiércol/ha más la fórmula de 84-40-00 puede llegar a



obtener los mismos rendimientos que si se usara la fórmula ---' 120-40-00 con el concedido beneficio que tiene la aplicación orgánica en mejorar las condiciones de producción de los suelos (1).

En un experimento realizado en maíz en Cd. Miguel Alemán, Tamps. se observó que una fertilización de 80-80-00 por cada 10 toneladas/ha de estiércol de cabra aumentó la producción en media tonelada por hectárea de maíz (42).

- Baynes (1970), citado por Alemán Guerrero especifica que, en suelos arenosos el estiércol actúa durante el primer año, mientras que en suelos francos ó pesados el efecto del estiércol permanece hasta el cuatro año (4).

Acosta realizó un experimento trabajando con diferentes abonados orgánicos e inorgánicos, y reporta que el abonado orgánico de gallinaza dió los valores más altos de producción, siguiéndole el estiércol de vaca y después el compost. Dicho experimento se realizó en suelos ácidos durante 3 ciclos de cultivo (trigo-sorgo-maíz) y en condiciones de invernadero en 1974-1975 se encontró que en los cultivos de trigo-sorgo-maíz y para los tres abonados orgánicos la respuesta se encontró a dosis de 40 ton/ha a valores mayores no hubo diferencia significativa (1).

Hofman (1980), citado por Alemán Guerrero, dice que trabajando con abono verde y abono de granja encontró: que el tratamiento consistente en abono verde+abono de granja(30 ton/ha/año) muestra una evaluación exponencial con respecto a la can-

tividad total de humus por hectárea, aumentando este de 78 a 88 toneladas en un período de 9.5 años. Dentro de las conclusiones menciona que el abono de granja no puede ser reemplazado ni aún con la incorporación total de los residuos de cosechas. La cual tiene un bajo coeficiente de humificación (4).

Moral Ramos y colaboradores, experimentaron que influencia tiene el estiércol bovino y la fertilización nitrogenada en el rendimiento del trigo en los suelos cálcareos, reportaron que la mayor producción de grano se obtuvo cuando se aplicó 30 ton/ha de estiércol y a dosis de 20-40 kg/ha de nitrógeno, dosis elevadas de uno y otro tienden a disminuir el rendimiento (35).

En la Comarca Lagunera menciona Valdez, que cuando se aplican 80 ton/ha de estiércol, cada 5 años por más de 20 años hace que el pH que originalmente es de 8 ó más, se logre reducir hasta 7 ó menos de 7. Los suelos de migajón arenoso son muy productivos, pero consume mucha agua y que al aplicar la misma cantidad de estiércol logró incrementar su producción de forraje en un 30% y disminuyó su consumo de agua de 8 a 6% (7).

La gallinaza es un complemento excelente del fertilizante y un buen mejorador del suelo.

En Valle Hermoso, Tamps, se aplica gallinaza antes de la siembra del sorgo y después se efectúa una rastreada y se inyectan 100 kg de amoníaco, con esto se obtienen 6 tonaleadas de sorgo donde antes se levantaban 400 kg (6).

Ortega y colaboradores utilizaron 3 mejoradores orgánicos

en el cultivo de la avena "Moregrafn" bajo condiciones de invernadero para estudiar el efecto de éstos abonos en el rendimiento y el contenido de M.O. residual del suelo, al realizar el experimento se tenía 1.68% de M.O. y un pH de 7.7 y al término del ciclo del cultivo se reportó que con 30 ton/ha de gallinaza se obtiene 2.39% de M.O. y es mayor el rendimiento y que al aplicar 15 ton/ha de gallinaza es igual el rendimiento de follaje seco que si se aplicaran 80 ton/ha de estiércol de vacuno (37).

#### 2.4.9. Resumen de la acción fertilizante del estiércol.

El valor fertilizante del estiércol descansa sobre su triple acción: química-física-biológica.

Acción química del estiércol.- Depende de la naturaleza física del suelo, de la profundidad a la cual es enterrado, de las condiciones climáticas, de la naturaleza de los excrementos, de la calidad de las camas que han servido para su preparación, hasta llegar a la mineralización total de la M.O. del estiércol.

La descomposición de las materias orgánicas libera además ácido carbónico el cual ayuda a la nutrición de las raíces y de favorecer la fotosíntesis.

Además el abono no realiza todo su efecto el mismo año, sino hasta dos cosechas nuevas al menos y por lo tanto no es posible dar cifras de nitrógeno, ácido fosfórico y potasa contenidos en el estiércol, que se encuentran absorbidos en el --

primer cultivo beneficiario.

El ácido fosfórico del estiércol es de una asimilabilidad comparable a las de las escorias de la fosforación, La potasa es de acción rápida y el nitrógeno está en forma de amoníaco - (15%) y en forma de materia orgánica (85%) que ejerce una acción lenta pero sostenida.

Acción física del estiércol.- Es debido a la M.O. y al humus del estiércol para corregir las propiedades físicas del suelo y de crear condiciones más propicias para el desarrollo de los cultivos. Da un mejor aireado, más mullido, capaz de retener más agua, etc.

Acción biológica del estiércol.- Introduce a la tierra un gran número de bacterias para que reanimen los procesos de descomposición y mineralización tan útiles a la nutrición de los cultivos (51).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización del Experimento

El presente experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de Marín, N.L. durante el ciclo agrícola de invierno 1985-1986. El lugar está situado geográficamente a 25°53' latitud norte y 100°03' de longitud oeste, con una altura de 367.3 m.s.n.m.

El clima de la región comprendida en Marín, N.L. según el sistema de Koppen, modificado por Enriqueta García es el siguiente:

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

Los términos anteriores significan:

$BS_1$  = clima 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°C y bajo 18°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 lluvias mayor de 18%.

$(e')$  = muy extremosos, oscilación anual de las temperaturas medias anuales mayor de 14°C.

El tipo de suelo donde se realizó el experimento es calcáreo, sedimentario, de textura arcillosa (arcilla 32%, limo ---

46.52% y arena 21.48%) y el pH que presenta es de 7.4 (ligera-mente alcalino).

Las condiciones climatológicas que prevalecieron en el desarrollo del experimento (sexto ciclo) se presentan en la Tabla #7.

### 3.2. Materiales y Aparatos

Para la realización del experimento se necesitó semilla de trigo, variedad Pavón F-76.

Las características sobresalientes que presenta ésta variedad según S.A.R.H. (1977) son:

Caracteres	Descripción
Días a floración	91 a 107 días
Días a madurez fisiológica	150 días
Altura de la planta	100 cm
Porcentaje de germinación	95 %
Color de la espiga	crema
Color de grano	blanco
Calidad del grano	fuerte
Reacción a roya de tallo	R(resistente)
Reacción a roya de la hoja	R(resistente)
Calidad	harinero

Penetrómetro tipo militar:

Es un aparato que sirve para determinar la resistencia de penetración a un suelo.

El instrumento consiste de una perilla tipo T, una vari--

Tabla #7. Observaciones climáticas registradas durante el ciclo del cultivo del experimento que abarca desde diciembre de 1985 hasta abril de 1986.

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

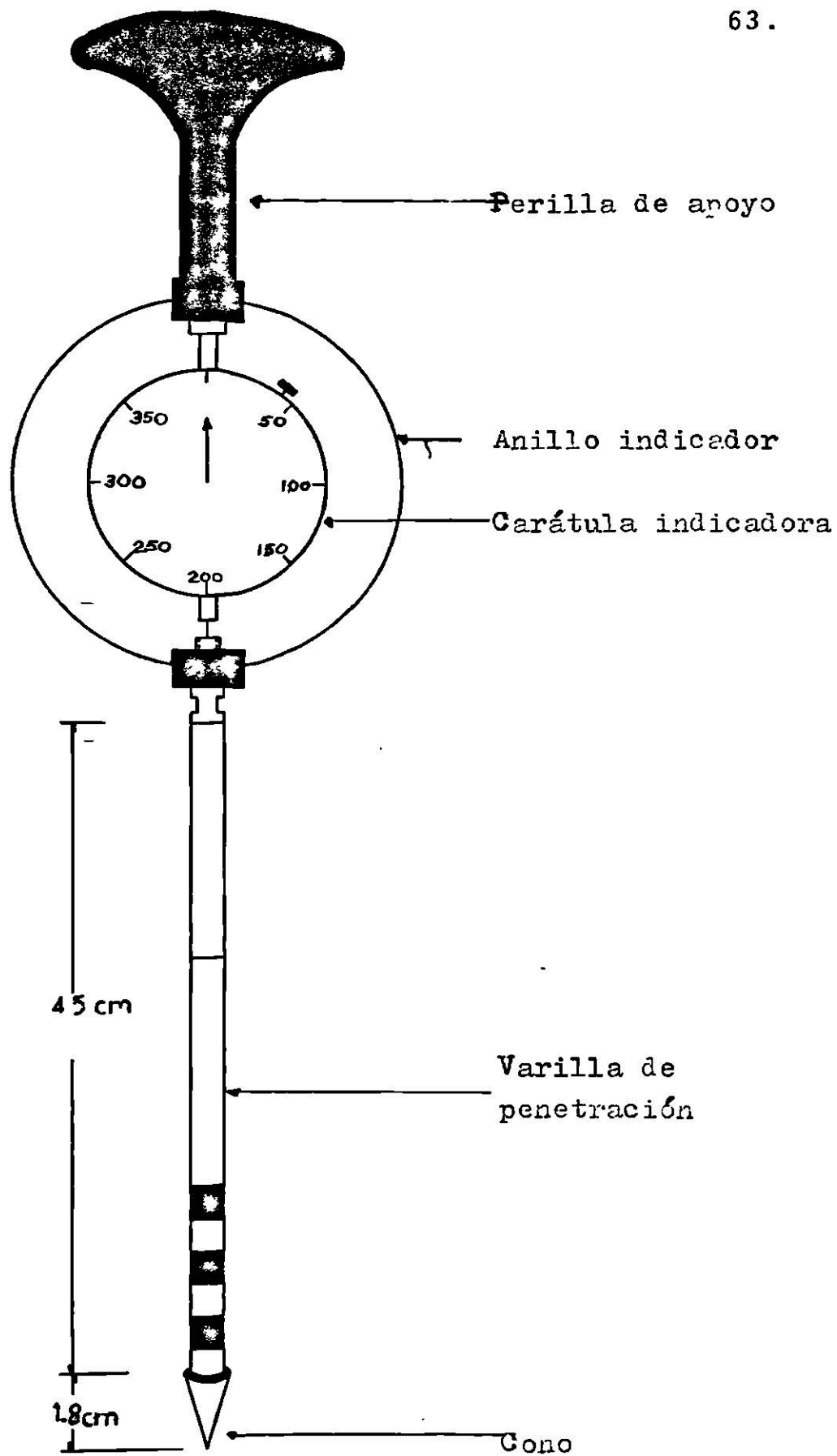


Figura #3. Diagrama del penetrómetro utilizado, para realizar las determinaciones de la dureza de la costra.



lla de 45 cm de longitud, con un diámetro de 1.5 cm, graduada cada 2.5 cm, en el extremo contrario al de la perilla tiene -- una punta de cono movable con un área de base de 2 cm y una ex ten sión de 3.8 cm, además un anillo probador de 350 unidades - de capacidad en la carátula indicadora (18).

Aparato medidor del módulo de ruptura.

El aparato consiste en una plataforma de madera, el cual tiene un marco del mismo material y una balanza granataria. En el travesaño del marco tiene un tornillo que va roscando libremente, lo cual le permite tener un movimiento vertical ajustable. El tornillo tiene una navaja cortapluma soldada en el ex tre mo inferior, de tal manera que al girar el tornillo podremos regular la posición de la navaja, según convenga.

La función de la navaja es cortar los pequeños ladrillos-simuladores de la costra del campo que previamente se habían - obtenido de las muestras de suelo.

La balanza granataria se coloca en tal posición que el -- plato de ésta queda debajo de la navaja cortante. En el centro del plato de la balanza, se le acopla una pequeña base de madera que sostiene a los ladrillos. Esta base de madera tiene incrustadas en sus extremos dos placas metálicas, siendo és tas pl acas las que en realidad sostienen al ladrillo. De modo que, al agregar peso a la balanza, el plato de la misma se ele va y por lo tanto se eleva el ladrillo, el cuál con un determi nado peso sería quebrado en su parte media, al ser presionado en contra de la navaja cortante.

Moldes para la elaboración de ladrillos.

Los moldes utilizados consisten en pequeños rectángulos, los cuales se forman con tiras de madera de 1 cm de espesor.

El molde utilizado en sí, es una reja que contiene 98 rectángulos y cada rectángulo ó ladrillo tiene la medida de 3.5cm x 7 cm x 1 cm de altura. Debajo de la reja se encuentra una malla mosquitera la cual tiene la función de servir de piso permeable, esto con el fin de evitar que la muestra se erosione en la parte del fondo y el agua humedezca por capilaridad para que una vez seca la muestra, se tengan los pequeños ladrillos ya formados y procedamos a quebrarlos.

Barrenas de densidad aparente ("Huland") y de caja.

La barrena que se utiliza para sacar muestras de suelos y determinar la densidad aparente se llama también barrena "Huland". Esta barrena consta de una serie de tubos con rosco -- que sirven de soporte y apoyo; un martinete, con el cual se -- golpea para realizar la penetración de un cilindro de volumen conocido, el cual recoge la muestra uniforme y para lograr que la muestra sea uniforme es necesario quitar los anillos y extremos del cilindro interno.

La barrena de caja se utilizó para sacar muestras de suelo y después determinar el contenido de materia orgánica, el modulo de ruptura, el pH y la conductividad eléctrica. La barrena de caja consta de una barra larga y en un extremo de la misma tiene un cilindro que recoge la muestra al aplicar una fuerza vertical con movimiento giratorio, esto se hace así, --

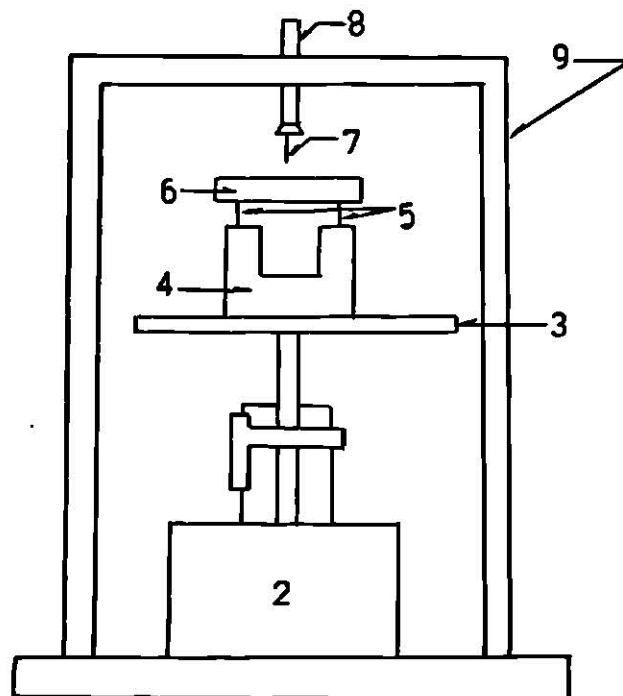
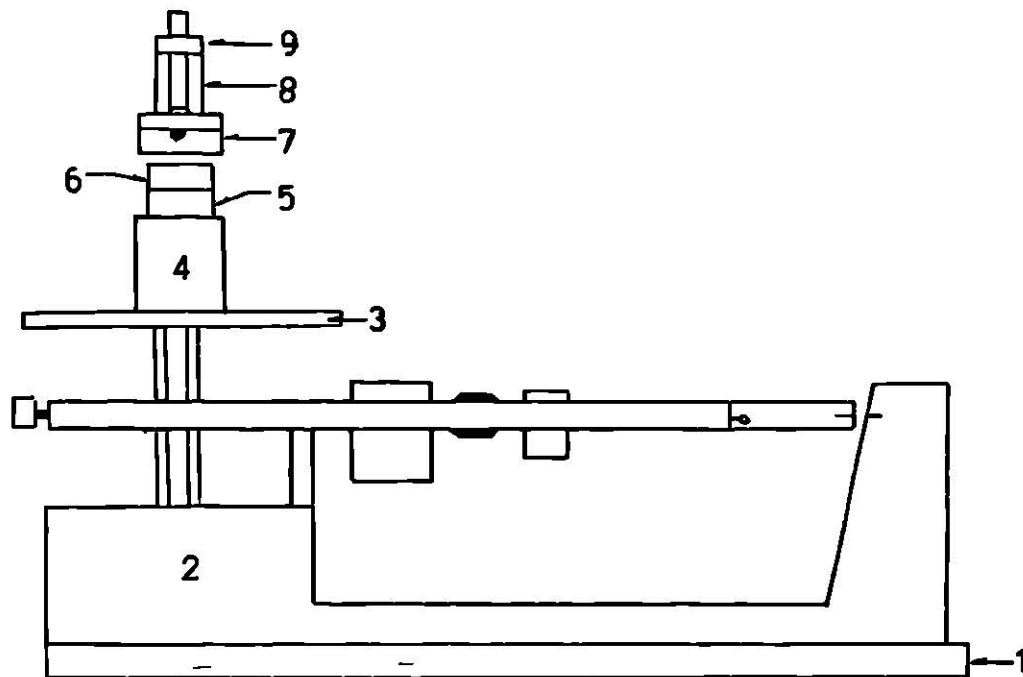


Figura #4. Vistas lateral y anterior del aparato para realizar las determinaciones de módulo de ruptura, donde: 1) base de madera; 2) balanza granataria; 3) plato de la balanza; 4) soporte de madera; 5) navajas que sostienen al ladrillo; 6) ladrillo; 7) navaja cortadora; 8) tornillo ajustable y 9) travesaño.

porque el cilindro tiene en su parte inferior dos prolongaciones que le sirven como cuchillas ya que su posición son encontradas y con su filo, socavan el suelo y lo incorporan al cilindro.

Otros materiales utilizados.

Tractor, rastra, balanza granataria, azadones, palas, talachas, cinta métrica, estacas de madera, mecates, bolsas de polietileno, bolsas de papel, frasco de vidrio y vernier.

### 3.3. Descripción del Método

#### 3.3.1. Descripción del método usado.

El experimento realizado forma parte de una serie de trabajos cuya finalidad es evaluar el efecto residual del uso de una interacción de estiércoles de cabra-vaca-gallina, sobre las características físicas y químicas del suelo.

Los trabajos empezaron en junio de 1983 y se terminaron en mayo de 1986.

Tabla #8. Trabajos de evaluación de costra y del efecto residual de la interacción de estiércoles de cabra-vaca-gallina, iniciados en el verano de 1983 y terminados en la primavera de 1986, 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
5	12/ 8/1985	Frijol	Pinto Americano
6	8/12/1985	Trigo	Pavón F-76

\*El tercer ciclo no se pudo llevar a cabo, por causas fuera de control del proyecto.

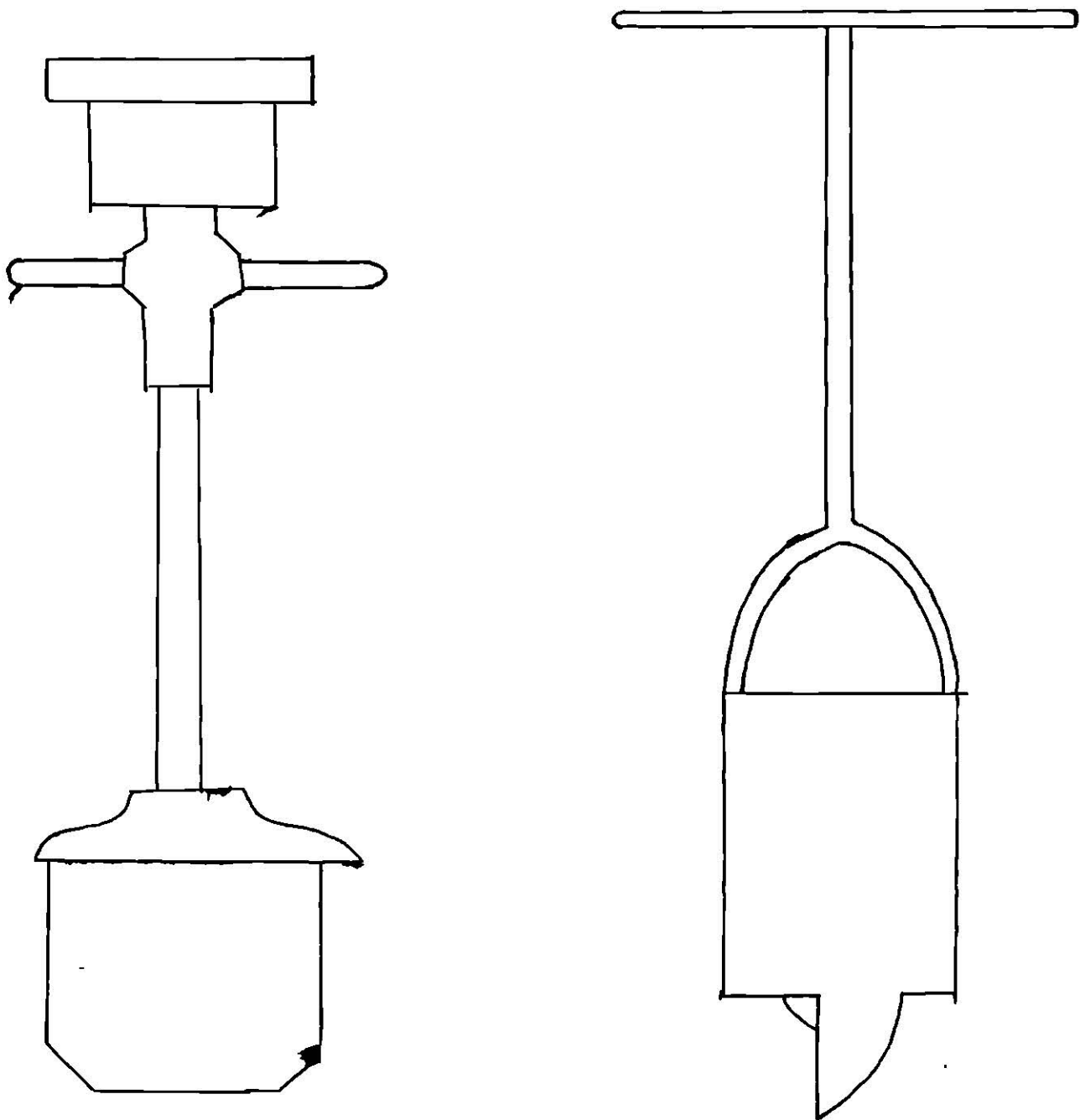


Figura #5. Barrenas para densidad aparente (izquierda) y barrana de caja.

La densidad de siembra utilizada en el sexto ciclo fue de 120 kg/ha. La delimitación del lote experimental fue realizada en el primer ciclo de cultivo.

El lote experimental consta de tres bloques, donde cada bloque era una repetición, y cada repetición tiene 16 unidades experimentales en donde se aleatorizaron los 16 tratamientos. La preparación del terreno consistió de un barbecho y dos pasos de rastra, aplicandose luego el estiércol mediante otro paso de rastra.

Las labores realizadas en éste último ciclo fueron igualmente realizadas en los anteriores ciclos de cultivo.

Se cortó la maleza usando chapoleadora y sacando del terreno los residuos de malezas para evitar que interfieran en el contenido de materia orgánica del suelo. Se realizaron después dos pasos de rastra sin derribar los bordos que dividían a los tratamientos. El segundo paso de rastra se realizó en sentido contrario al primero con la finalidad de mantener los tratamientos en su posición original y para desmenuzar bien los terrenos que quedaban en el terreno.

Después se estacó el lote experimental, siguiendo los puntos de referencia existentes para delimitar los tratamientos y luego con un tractor con bordeador de disco se trazaron los bordos y regaderas.

Para que se comprenda mejor las labores realizadas dentro del experimento, las fechas de la obtención de las variables bajo estudio se muestran a manera de tabla.

Tabla #9. Labores realizadas durante el experimento (sexto ciclo).

Fecha	Días transcurridos	Labor realizada
9-Dic-85	-	Siembra
12-Dic-85	3	1er. riego
11-Ene-86	33	Plantulas emergidas
14-Ene-86	36	2do. riego
5-Feb-86	58	1a. lectura de altura de plantas
20-Feb-86	73	2a. lectura de altura de plantas
24-Feb-86	77	3er. riego
7-Mar-86	88	3era. lectura de altura de plantas
20-Mar-86	101	4to. riego
10-Abr-86	121	Densidad aparente y humedad
19-Abr-86	130	Penetrometro
27-Abr-86	137	Materia orgánica
3-May-86	144	Cosecha

### 3.3.2. Diseño experimental.

En este experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y 16 tratamientos, por lo que se generó 48 unidades experimentales.

De cada unidad experimental es una parcela con medidas de 8 metros de largo y 4 metros de ancho.

El modelo para el presente experimento es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad \text{donde:}$$

$Y_{ij}$  = es la variable bajo estudio

$\mu$  = media verdadera general

$\alpha_i$  = el efecto verdadera del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = el efecto verdadero del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = error

Las hipótesis estadísticas que se plantean son:

$H_0$  = No existe en realidad efecto residual de la interacción de estiércoles cabrino-vacuno-gallinaza para las variables estudiadas.

$H_1$  = Existe en realidad efecto residual en la interacción de estiércoles cabrino-vacuno-gallinaza para las variables estudiadas.

### 3.3.3. Modelo de regresión.

Para éste experimento se ha propuesto un modelo polinomial cuadrático con tres factores (estiércol caprino-vacuno-gallinaza). Este modelo de regresión es el siguiente:

$$\bar{Y}_K = B_0 + B_1 C + B_2 V + B_3 G + B_4 C^2 + B_5 V^2 + B_6 G^2 + B_7 CV + B_8 CG + B_9 VG + \bar{\epsilon}_K$$

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

En donde:

$\bar{Y}_K$  = media del  $K$ -ésimo tratamiento.

$C, V$  y  $G$  = son los tres factores bajo estudio (estiércol caprino-vacuno y gallianza).

$B_0$  = Intersección de la ecuación de la 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 intersección del estiércol caprino-vacuno.

$B_8$  = Parámetro de la intersección del estiércol caprino-gallina.

$B_9$  = Parámetro de la intersección del estiércol vacuno-gallina.

$\bar{e}_K$  = Error aleatorio de la media del K-ésimo tratamiento con  $E(\bar{e})=0$

$$E(\bar{e})^2 = \frac{\sigma^2}{r} \quad \text{donde } \sigma^2 \text{ es la varianza teórica del error experimental}$$

y  $r$  es el número de repeticiones por tratamiento.

Tabla #10. Dosis de estiércol de cabra(C), vaca(V) y gallina (G) correspondientes a cada tratamiento tonelada/hectárea.

Tratamiento	Cabra	Vaca	Gallina
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	0	25	25
11	100	75	75
12	25	0	25
13	75	100	75
14	25	25	0
15	75	75	100
16	0	0	0

Tabla #11. Dosis de estiércol, incorporados en el verano de 1983, en cada parcela experimental de 32 m<sup>2</sup> de superficie, equivalentes a los niveles de estiércol de cada tratamiento en toneladas por hectárea.

Nivel de estiércol (ton/ha)	Kg estiércol/parcela de 32m <sup>2</sup> ajustados por humedad
0	0
25	80
50	160
75	240
100	320

### 3.4. Procedimiento de recolección de datos

#### 3.4.1. Variables con respecto a la planta.

En el experimento, la unidad experimental fue de 32 m<sup>2</sup>, la parcela útil tuvo una área de 6.5 m<sup>2</sup> debido a que se eliminó 1.5 m de cabeceras y 1.25 m a ambos lados de la U.E. (además de 1 m<sup>2</sup> central)

#### Altura de plantas:

Se tomaron 10 plantas al azar de la parcela útil, se midieron y se promediaron para obtener una altura representativa de cada parcela. Se realizaron 3 mediciones de altura de plantas; cada 15 días después de 45 días aprox. de la emergencia del cultivo. Las mediciones de altura de plantas comprendieron del tallo hasta la hoja bandera.

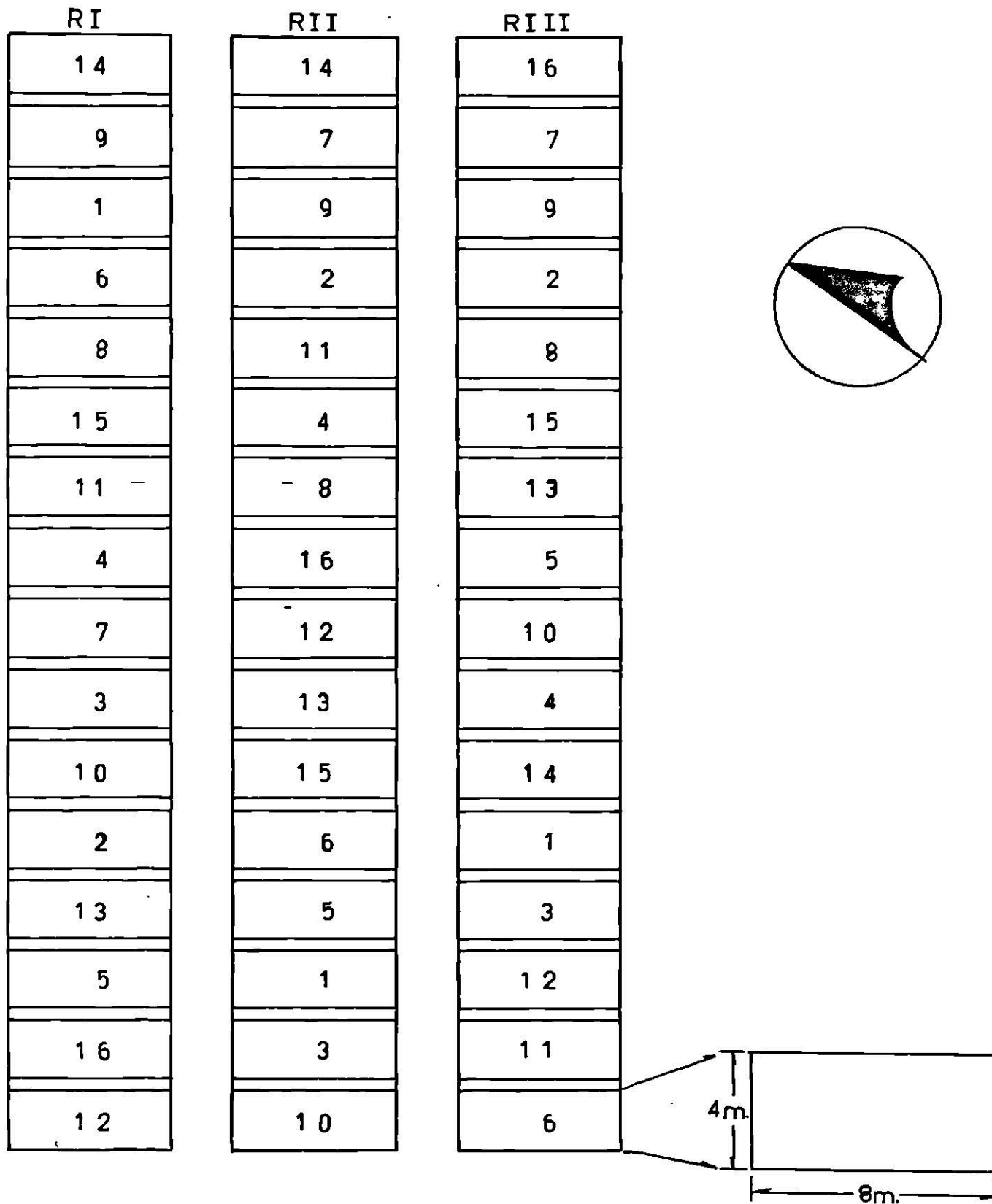


Figura #6. Croquis del experimento y la forma en que fueron distribuidos los tratamientos en el campo.

Rendimiento por  $m^2$ :

El  $m^2$  estuvo ubicado en el centro de la parcela útil y se delimitó con estacas durante la emergencia de las plántulas, - las plantas del  $m^2$  se cosecharon y se trillaron para que poste\_ riormente fuera pesado el grano resultante.

Rendimiento por hectárea:

Esta variable se determinó por medio del peso del grano - resultante, después que se cosechó y trilló la parcela útil; - donde cada parcela útil constaba de  $7.5 m^2$  menos el  $m^2$  que ha- ce un total de  $6.5 m^2$  por parcela útil y por medio de una re-- gla de tres simple se obtuvo el rendimiento por hectárea por - parcela útil.

Número de espigas:

Para saber el número de espigas, se realizó un conteo de- las mismas en el  $m^2$  de la Unidad Experimental anteriormente de\_ limitado.

Los datos obtenidos en el conteo fueron transformados por  $\sqrt{NE+1}$ , donde NE es el número de espigas. Esto es necesario - para tener una varianza homogénea al realizar los ANVA.

Peso de paja:

Se obtuvo del  $m^2$  y se siguieron los siguientes pasos:

- 1º Se cosecharon todas las plantas del  $m^2$  y se trasportaron en bolsas de papel y se procedió a pesarlas.
- 2º Se realizó el conteo de espigas.
- 3º Se realizó el trillado de las espigas para obtener el peso- del grano, donde el peso del grano se resta al peso de las- plantas completas.

Número de plantas emergidas:

Se realizó el conteo de las plantas emergidas en el  $m^2$  de la parcela útil, los datos fueron transformados por la fórmula  $\sqrt{NPE+1}$ , donde NPE es el número de plantas emergidas, la transformación se realizó para tener una varianza homogénea en los análisis de varianza.

### 3.4.2. Variables con respecto al suelo.

Densidad aparente:

Para determinar la densidad aparente se muestreó a dos -- profundidades a 0-15 cm y de 15-30 cm. Las muestras de suelo -- son obtenidas por medio de las barrenas "Huland" las cuales -- tienen un cilindro de volumen conocido, las muestras de suelo -- se colocan en frascos de vidrio y se procede a pesarlos, des-- pués se meten las muestras en la estufa a una temperatura de -- 100°C por 1 día, se procede después a pesar las muestras siendo esto el peso del suelo seco.

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{\text{peso del suelo seco}}{\text{volumen del cilindro de la barrena}} = \text{gr/cm}^3$$

Por ciento de humedad del suelo:

El por ciento de humedad del suelo se realiza a través de las muestras de la densidad aparente y por lo tanto las variables del por ciento de humedad del suelo es también de 0.15 y -- de 15 a 30 cm de profudidad.

$$\text{Por ciento de humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Para realizar los análisis de varianza los datos fueron -- transformados por la siguiente fórmula  $\text{Sen}^{-1}\sqrt{P}$ , donde  $\text{Sen}^{-1}$  es

la función seno inversa y P es el contenido de humedad expresado en por ciento.

#### Penetrómetro:

Esta variable se midió por medio de un penetrómetro de cono tipo militar.

La función de este penetrómetro es la de romper la costra del suelo, éste penetrómetro tiene una carátula indicadora de la fuerza ejercida para romper la costra.

Se realizaron 5 mediciones de rompimiento de la costra en cada parcela útil y se promediaron para obtener un valor más representativo. Los valores obtenidos de la carátula se expresan en kilogramos sobre centímetro cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ).

#### Materia orgánica:

Se tomaron muestras de suelo con la barrena de caja a dos estratos de 0-15 y 15-30 cm de profundidad. Las muestras fueron llevadas posteriormente al laboratorio de suelo de la FAUANL para determinar el contenido de M.O.

Las muestras se secaron y se tamizaron, para qué posteriormente con el método de Walkley y Black se determinara el contenido de M.O. en cada una de las muestras. Para realizar los análisis de varianza, los datos fueron transformados por la siguiente fórmula  $\text{Sen}^{-1} \sqrt{P}$ , donde  $\text{Sen}^{-1}$  es la función seno inverso y P es el contenido de M.O. expresado en porcentaje.

#### Reacción del suelo (pH):

Esta variable se realizó de las mismas muestras de suelo-

para la M.O.; por lo tanto, se determinó el pH a dos estratos- de 0-15 y de 15-30 cm.

La determinación del pH fué realizado por medio del poten- ciómetro digital marca Corning modelo 105, siguiendo la marcha que presenta el laboratorio de suelos de la FAUANL.

#### Conductividad eléctrica:

Esta variable se realizó de 0-15 y 15-30 cm de profundi- dad, de las muestras de materia orgánica. Haciendose los aná- lisis de laboratorio por medio del Puente de Wheatstone.

#### Módulo de ruptura:

El módulo de ruptura se relaciona con la fuerza de ruptu- ra de ladrillos que representan la costra del suelo y se usa - para evaluar la cohesión del suelo seco.

Esta variable se realizó a dos profundidades a 0-15 y --- 15-30 cm. De cada muestra de suelo desmenuzada y seca, provi- niente de todos y cada uno de los tratamientos de cada repeti- ción experimental, se llenaron 5 moldes con el fin de obtener- varias repeticiones de cada tratamiento. Cada reja (que con- tenía 98 moldes de 3.5x7x1 cm) se colocó sobre una base plana- de lámina, se procedió a llenar todos los moldes. Después se - humedecieron las muestras por capilaridad, inclinando la base- de lámina y aplicando agua suavemente; ésta pasaba lentamente- por debajo de los moldes, humedeciendo las muestras a través - de la malla mosquitera que servía de piso al molde. Una vez - humedecidas las muestras se introducen al cuarto de secado a - una temperatura de 50-55°C durante 24 horas. Una vez secos --

los ladrillitos se colocaban en el aparato ideado para el módulo de ruptura. El peso del soporte de madera y del ladrillo - era destarado de tal forma que la báscula granataria estuviera balanceada en cero, luego se ajustaba la navaja cortante al ras del ladrillito y se agregaba peso a la báscula registrando el peso necesario para romper el ladrillo (se sacó el promedio de cada 5 ladrillos para cada unidad experimental). Los datos -- son sustituidos en la siguiente fórmula:

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

donde F es la fuerza de ruptura en el centro del ladrillo, L - es la distancia entre los soportes que sostienen al ladrillo - (5.08 cm); b es la anchura del ladrillo (3.5 cm) y d es el espesor del mismo (1 cm). Si F se expresa en dinas. Sin embargo, el modulo de ruptura también puede expresarse en bares ó milibares (1 bar = 1,000 milibares =  $10^6$  dinas.cm<sup>2</sup>).

En el presente experimento, los datos de módulo de ruptura fueron transformados a bares, para facilitar el manejo de datos en los análisis estadísticos.

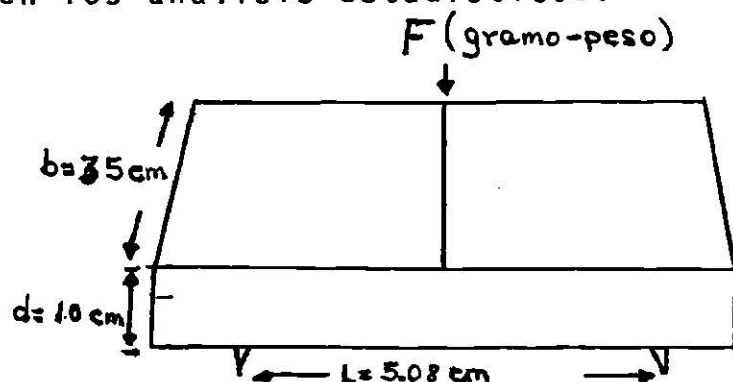


Figura #7. Ladrillo en tamaño natural con las dimensiones anteriormente descritas, para determinar el módulo de ruptura.



Ejemplo del módulo de ruptura:

$$\bar{x} = 1850.33 \text{ gr}$$

$$S = \frac{3 FL}{2bd^2} = \text{Dinas/cm}^2 \quad S = \frac{3(1950.33 \text{ gr})(5.08 \text{ cm})}{2(3.5 \text{ cm})(1 \text{ cm}^2)}$$

$$F = \text{Fuerza de quiebre} \quad S = (4028.432743 \text{ gr/cm}^2)(980 \text{ cm/seg}^2)$$

$$L = 5.08 \text{ cm} \quad S = 3947864.088 \text{ Dinas/cm}^2$$

$$b = 3.5 \text{ cm} \quad S = 3.94 \text{ Bares}$$

$$d = 1 \text{ cm}^2$$

$$\text{Fuerza de la gravedad} = 980 \text{ cm/seg}^2$$

$$1 \text{ Bar} = 10^6 \text{ Dinas/cm}^2$$

Tabla #12. Comparación del contenido de M.O. del ciclo actual (6to) y los dos anteriores (2° y 4° ciclo del experimento) (0-30 cm).

Tratamientos	% M.O. 2º ciclo	% M.O. 4º ciclo	% M.O. 6º ciclo	
1	1.79	2.89	2.405	
2	1.67	3.34	2.265	
3	1.44	3.37	2.345	
4	1.30	2.75	2.23	
5	2.08	3.16	2.27	
6	1.44	3.75	1.955	
7	1.30	3.30	2.14	
8	2.25	2.61	2.345	
9	1.88	3.24	2.06	
10	1.72	2.59	2.475	
11	2.45	4.00	2.335	
12	1.44	2.60	2.175	
13	2.09	2.90	2.47	
14	1.58	2.63	1.865	
15	1.74	3.61	2.37	
16	1.24	3.26	2.02	
$\bar{x}$	1.710	3.125	2.232	M

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Resultados Obtenidos en el Presente Experimento (sexto ciclo)

Los resultados obtenidos en el presente experimento, se muestran en la Tabla #13 donde se pueden observar todos los análisis de varianza de las variables bajo estudio.

Tabla #13. Resumen de los análisis de varianza de las variables bajo estudio en el experimento de Interacción de Estiércoles.

Variable	S.C. Trats.	S.C. Error	Fcalc.	Sign.	$\bar{X}$ gral.	%C.V.
** M.O. 0-15	13.906	30.536	0.911	NS	8.56	11.78
M.O. 15-30	11.370	17.118	1.328	NS	8.54	8.84
C.E. 0-15	1.124	2.244	1.002	NS	1.37	19.98
C.E. 15-30	1.077	1.162	1.853	NS	1.16	17.02
P.H. 0-15	0.171	0.233	1.468	NS	7.79	1.14
P.H. 15-30	0.027	0.098	0.554	NS	7.77	0.70
1º LAP	123.963	340.021	0.729	NS	33.59	10.02
2º LAP	682.848	660.700	2.067	*	54.93	8.54
3º LAP	588.264	1257.776	0.935	NS	71.65	9.03
* NE	98.424	145.598	1.352	NS	18.65	11.81
PP	54766.621	117994.914	0.928	NS	517.67	12.11
Rend m <sup>2</sup>	63538.559	124816.914	1.018	NS	366.71	17.58
* NPE m <sup>2</sup>	109.691	190.509	1.152	NS	13.44	18.74
Rend/ha	5915210.000	9559815.000	1.238	NS	3174.04	17.78
L.P.	3.227	5.982	1.079	NS	3.88	11.49
D.A. 0-15	0.140	0.187	1.499	NS	1.31	5.91
D.A.15-30	0.169	0.185	1.819	NS	1.43	5.41
** H.S. 0-15	48.052	61.992	1.550	NS	24.70	5.81
** H.S.15-30	25.639	44.933	1.141	NS	26.59	4.60
M.R. 0-15	12.020	16.803	1.431	NS	2.48	30.18
M.R.15-30	15.036	26.466	1.136	NS	3.09	30.48

\* = corrección por = datos numericos

\*\* = corrección por = datos en porcentaje

Donde:

S.C. Trats = Suma de cuadrados de tratamientos

S.C. Error = Suma de cuadrados del error

Fcalc = F calculada

$\bar{X}_{\text{gral}}$  = Media general

% C.V. = Porcentaje de coeficiente de variación

G.deL. = Grados de libertad

N.S. = No Significativo

\* = Diferencia significativa entre tratamientos  
 $0.01 < p \leq 0.05$

Los análisis de varianza (A.N.V.A.) mostraron que la variable segunda lectura de altura de plantas es estadísticamente significativa, por lo que es necesario efectuar pruebas de comparación de medias de tratamientos para la variable en cuestión.

Se utilizaron las pruebas de Duncan, ya que por medio de la prueba de Tukey no existen diferencias entre las medias de tratamientos.

En la Tabla #13 se muestran todas las variables analizadas en el presente experimento (sexto ciclo). Se puede observar que todas las variables son no significativas, excepto la variable segunda lectura de altura de plantas.

El objetivo del presente experimento es observar y registrar si existe efecto residual después de 3 años de incorporados los estiércoles, por lo que es necesario hacer énfasis en las variables que se relacionen con el fin propuesto.

En la Tabla #14 se presenta el resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables analizadas y observamos que la materia orgánica de 0-15 cm de profundidad presenta un valor mínimo de 0.97% y un máximo de 3.30%, con un coeficiente de variación de 22.17%, la variable penetrómetro muestra un valor mínimo de 2.88 bares y un máximo de 4.75 bares. El número de plantas emergidas por metro cuadrado con un mínimo de 76 plantas emergidas y un máximo de 384 plantas emergidas por metro cuadrado, con los valores de éstas variables podemos observar que la dureza de la costra está aumentando continuamente a medida que el efecto está disminuyendo conforme pasa el tiempo después de la aplicación de los tratamientos ésto hace que el penetrómetro presente valores altos y dificulte la emergencia de las plántulas.

La variable densidad aparente presenta una media general de  $1.31 \text{ gr/cm}^3$ , un mínimo de  $1.18 \text{ gr/cm}^3$  y un máximo de  $1.63 \text{ gr/cm}^3$ , viendo estos resultados y los comparamos con la M.O. observamos que el mejoramiento en forma general de las propiedades físicas del suelo van decreciendo desde el 5º ciclo en adelante, ya que el cuarto ciclo es el óptimo.

Tabla #14. Resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento 6º ciclo de cultivo a los 1040 días después de la aplicación de los tratamientos.

Variable	Media General	Mínimo	Máximo	Desv. Estandar	% C.V.
** M.O. 0-15 cm	2.25	0.97	3.30	0.51	22.17
**M.O. 15-30 cm	2.22	0.98	2.83	0.38	16.55
C.E. 0-15 cm	1.37	0.90	2.20	0.28	19.98
C.E. 15-30 cm	1.16	0.80	1.85	0.24	17.02
P.H. 0-15 cm	7.79	7.20	7.90	0.10	1.14
P.H. 15-30 cm	7.77	7.61	7.92	0.08	0.70
1º LAP	33.59	23.90	39.60	3.16	10.02
2º LAP	54.93	34.10	61.00	5.47	8.54
3º LAP	75.65	52.80	80.90	6.49	9.03
*Núm. de Espiga	352.29	176.00	755.00	94.29	24.43
Peso de paja	517.67	351.00	640.00	60.81	12.11
Rend. del m <sup>2</sup>	366.71	199.00	490.00	64.96	17.58
*NPE m <sup>2</sup>	187.65	76.00	384.00	80.42	38.29
Rend/ha.	3174.04	1615.38	4192.30	593.72	17.78
Penetrómetro	3.88	2.88	4.75	0.45	11.49
D.A. 0-15 cm	1.31	1.18	1.63	0.09	5.91
D.A. 15-30 cm	1.43	1.20	1.68	0.09	5.41
**Hº 0-15 cm	17.51	12.13	21.50	2.07	10.65
**Hº 15-30 cm	20.06	12.98	23.10	1.74	8.21
M.R. 0-15 cm	2.48	1.24	5.45	0.91	30.18
M.R. 15-30 cm	3.09	1.36	5.36	0.99	30.40

\* Datos numéricos

\*\* Datos en porcentaje

La Tabla #15 muestra la segunda lectura de altura de plantas (2º L.A.P.).- Esta variable resultó estadísticamente significativa (0.01 P 0.05). Por loq que se procedió a realizar - pruebas de Duncan de comparación de medias de tratamientos, -- siendo los que produjeron los valores más altos, el tratamiento 8(59.43), el tratamiento 15(58.97), tratamiento 9 ----:-----

Tabla #15. Resultados de la prueba de Duncan de comparación de medias de tratamientos para la variable segunda lectura de altura de plantas.

Tratamientos	media	0.05
8	49.43	
15	58.97	
9	58.43	
2	58.20	
7	58.17	
4	57.87	
13	57.43	
11	56.80	
5	55.30	
6	54.10	
14	53.67	
1	53.63	
10	51.98	
3	51.70	
12	48.00	
16	46.73	

(58.43), el tratamiento 2(58.20), el tratamiento 7(58.17) y -- los tratamientos 4,13, 11. En cambio los tratamientos 16----- (46.73), 12(48.00) y 3(51.70) presentan los valores más bajos. Donde el tratamiento 16 representa al testigo (00-00-00) de la interacción de estiércoles de cabra-vaca-gallina y el trata--- miento 12 tiene 00-25-25 ton/ha de la I.E. en general son los que tienen menor cantidad de estiércol y los que presentan los valores más altos son los que tienen las dosis más elevadas de estiércol.

Tabla #16. Análisis de varianza de la regresión para la variable segunda lectura de altura de plantas tomada a los 73 días después de la siembra en el 6º ciclo a los 965 días después de la aplicación de los tratamientos.

Variablen	S.C. Regresión	S.C. Error	Fcalc.	Sig.	R <sup>2</sup>
G	343.09227	1063.79779	14.83576	**	0.24387
V	428.57068	978.31938	9.85654	**	0.30462
V <sup>2</sup>	528.90526	877.98480	8.83532	**	0.37594
CV	540.17670	866.71336	6.69991	**	0.38395
CG	605.47729	801.41277	6.34630	**	0.43037
C	615.29781	791.59225	5.31149	**	0.43735
C <sup>2</sup>	648.86010	758.02996	4.89133	**	0.46120
VG	663.52975	743.36031	4.35147	**	0.47163
G <sup>2</sup>	667.28725	739.60281	3.80939	**	0.47430

Se realizó posteriormente, un análisis de regresión con todas las regresiones posibles para conocer los efectos lineales cuadráticos y las interacciones de la variable segunda al-

tura de plantas que resultó significativa y se encontró que el análisis de regresión es altamente significativo  $P < 0.01$ , mostrando que la gallinaza al cuadrado ( $G^2$ ) es la que mejor explica la diferencia de tratamientos con una  $R^2 = 47\%$  (Tabla #16).

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

Tabla #17. Modelo completo y reducido de regresión para la variable significativa segunda lectura de altura de plantas.

Variable	Modelo completo	Modelo reducido
Bo	46.14692	46.14692
C	0.1564794	
V	0.1730572	0.1730572
G	0.05443490	0.05443490
$C^2$	- 0.001327024	
$V^2$	- 0.002771468	-0.002771468
$G^2$	0.0005574191	
C.V.	0.002060502	0.002060502
C.G.	- 0.002166163	-0.002166163
V.G.	0.0007805030	
F	3.366 **	
$R^2$	0.47430	
F de ajuste	0.11783 N.S.	

En el modelo completo de regresión para la variable sig-



nificativa  $P = 0.05$ , la  $F$  de ajuste obtenida fue de 0.118 N.S. y la  $F$  calculada de la regresión fué de 3.366, siendo ésta altamente significativa. Lo cual significa que el modelo propuesto es el adecuado, ya que explica correctamente la variación existente entre los tratamientos y no es necesario realizar la prueba de falta de ajuste.

En la Tabla #2 del apéndice se muestra el análisis de correlación de las variables bajo estudio.

Se seleccionaron las variables que mejor correlacionaban y se obtuvieron las siguientes:

- Módulo de ruptura de 0-15 cm de profundidad
- Materia orgánica de 0-15 cm de profundidad
- Número de plantas emergidas por metro cuadrado
- Humedad del suelo de 0-15 cm de profundidad.

Se propusieron modelos de regresión lineal, cuadrática, exponencial y logarítmica para explicar la variación existente entre las variables antes citadas, los modelos que mejor explican dicha variación se presentan en la Tabla # 18.

Se observó primero la correlación existente en la variable módulo de ruptura de 0-15 cm de profundidad con respecto a la variable materia orgánica de 0-15 cm de profundidad y se registró para dicha correlación un valor de -0.2543.

Se realizaron los análisis de regresión correspondientes y se encontró que, el análisis de regresión exponencial explicaba mejor dicha correlación con una  $R^2$  muy baja.

El modelo de regresión exponencial obtenido es el siguiente:

$$Y = B_0 + B_1 X_1^{1/2}$$

$$Y = 4.435951 + (-1.314)^{1/2}$$

Estas variables propuestas son para observar la dureza de la costra con respecto a la cantidad de materia orgánica -- contenida en el suelo hasta 15 cm de profundidad.

Se estudió también la variable módulo de ruptura de 0-15 cm de profundidad con respecto al número de plantas emergidas por metro cuadrado y observar que modelo explica la correlación existente en dichas variables. Estas variables nos indican como influye la dureza de la costra en cuanto al número de plantas que emergen en un metro cuadrado (es una forma indirecta de medir la costra).

Como se puede observar en la Tabla #18, el modelo propuesto que mejor explicaba dicha correlación, es un modelo de regresión cuadrática ya que presentó una  $R^2$  máxima de 14.96%.

Se propusieron los modelos de regresión antes citados, para explicar la correlación que existe entre el modelo de ruptura de 0-15 cm de profundidad, y la variable humedad del suelo de 0-15 cm de profundidad, debido a que se obtuvo un valor de -0.2143 en los análisis de correlación. Esto significa que al tener la costra mayor dureza, se tendrá menor cantidad de humedad en el suelo y viceversa.

Se encontró que el modelo de regresión cuadrática propuesto explica mejor dicha correlación debido a que presentó la  $R^2$  más alta con un 11%.

Tabla #18. Modelos propuestos para las variables más altamente correlacionadas del presente experimento 6º ciclo - a los 1040 días después de la incorporación de los tratamientos.

	Análisis de Regresión Cuadrática	Análisis de Regresión Exponencial
MR <sub>1</sub> Vs. MO <sub>1</sub>		$Y = B_0 + B_1 X_1^{1/2}$ $Y = 4.435951 + (-1.314) X_1^{1/2}$ $R = 0.06469$
MR <sub>1</sub> Vs. NPE m <sup>2</sup>	$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_1^2$ $Y = 0.6854419 + 0.01555 X_1$ $+ (-0.00002708) X_1^2$ $R = 0.14962$	
MR <sub>1</sub> Vs. HS <sub>1</sub>	$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_1^2$ $Y = -7.6965 + 1.325443 X_1$ $+ (-0.04193714) X_1^2$ $R = 0.11367$	
MR <sub>2</sub> Vs. MR <sub>1</sub>	$Y = B_0 + B_1 X_1$ $Y = 2.644257 + 0.639216 X_1$ $R = 0.13304$	

donde: MR<sub>1</sub> = Módulo de ruptura 0-15 cm de profundidad  
 MR<sub>2</sub> = Módulo de ruptura 15-30 cm de profundidad  
 MO<sub>1</sub> = Materia orgánica 0-15 cm de profundidad  
 HS<sub>1</sub> = Humedad del suelo 0-15 cm de profundidad  
 NPE m<sup>2</sup> = Número de plantas emergidas en un m<sup>2</sup>

El modelo de regresión cuadrática es el siguiente:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_1^2$$

$$Y = -7.696325 + 1.325443X_1 + (-0.04193714)X_1^2$$

Se realizaron también modelos de regresión para explicar la correlación existente entre módulo de ruptura de 15-30 y de 0-15 cm de profundidad. Esto se hace con el fin de observar en que estrato del suelo existe mayor dureza de la costra después de 3 años de incorporado los tratamientos de la I.E.

Las variables antes citadas correlacionaron con 0.3546, - el modelo de regresión cuadrática es el que mejor explica dicha correlación, él cuál se puede observar en la Tabla #18, ya que obtuvo una  $R^2 = 13.30\%$ .

## 4.2. Resultados de Ciclos Anteriores

### 4.2.1. Resultados del cuarto ciclo.

En el cuarto ciclo del experimento de interacción de estiércoles se obtuvieron algunas variables significativas, siendo éstas el contenido de materia orgánica, altura de planta al período de llenado de grano y el mesp de paja.

En la Tabla #19 se muestran las pruebas de comparación de medias de tratamiento por el método de Tukey, para las variables que resultaron significativas.

Como se podrá observar en la Tabla #19, en la comparación de medias de tratamientos para la variable M.O. 0-15 cm de profundidad los tratamientos con valores más bajos son: el-

Tabla #19. Resumen de la prueba de comparación de medias de --  
tratamientos para las variables contenido de M.O. --  
del suelo (0-15), altura de planta al período de --  
llenado de grano y peso de paja, por el método de --  
Tukey, a un nivel de significancia del 5% (4º ciclo)

Variable = M.O.1			Variable ALL			Variable peso de paja		
T	Media	0.05	T	Media	0.05	T	Media	0.05
11	4.51		13	50.67		8	865.13	
6	4.25		4	49.40		13	775.10	
15	4.21		15	48.70		4	721.50	
9	3.96		8	48.43		15	687.50	
5	3.82		5	48.37		10	662.87	
13	3.67		2	48.20		2	659.73	
2	3.65		11	48.13		6	642.97	
16	3.52		3	48.00		14	633.87	
1	3.44		7	47.63		7	633.53	
13	3.19		6	47.37		3	617.47	
7	3.17		1	47.17		1	602.73	
4	2.87		10	47.00		9	576.87	
8	2.85		9	46.30		12	539.33	
12	2.78		12	45.77		11	522.40	
14	2.71		14	44.77		5	501.77	
10	2.32		16	42.63		16	490.77	

MO<sub>1</sub> = Materia orgánica de 0-15 cm de profundidad

ALL = Altura de planta al período de llenado de grano

Para la variable peso de paja se observa que el efecto -  
lineal del estiércol vacuno muestra una R<sup>2</sup> de 35.13%.

El efecto cuadrático del estiércol de cabra presenta una  $R^2=44.34\%$  la cual explica la variación de la regresión en la altura de planta al llenado de grano.

Tabla #20. Análisis de regresión para la variable  $MO_1$  del suelo (0-15 cm) (4º ciclo de cultivo).

Variable	S.C. Regresión	S.C. Error	F Calc.	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	0.45796
$C^2$	7.20871	25.10649	2.411	NS	0.22307	0.47231
C	7.22861	25.08658	1.969	NS	0.22369	0.47296
CV	7.24197	25.07322	1.650	NS	0.22410	0.47340
G	7.26213	25.05307	1.413	NS	0.22473	0.47405

Tabla #21. Análisis de regresión para la variable (PP)=peso de paja (4º ciclo de cultivo).

Variable	S.C. Regresión	S.C. Error	F Calc.	Sig.	$R^2$	R múltiple
VG	165985.25096	681041.11269	11.211	**	0.19596	0.44268
$C^2$	236546.69722	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 #22. Análisis de regresión para la variable ALL (altura de planta al período de llenado de grano (4º ciclo))

Variable	S.C. Regresión	S.C. Error	F Calc.	Sig.	R <sup>2</sup>	R múltiple
V	90.61226	219.04446	19.028	**	0.29262	0.54095
G	110.29157	119.36515	12.447	**	0.35617	0.59680
G <sup>2</sup>	124.25422	185.40250	9.829	**	0.40126	0.63345
CG	126.51537	183.14135	7.426	**	0.40857	0.63919
C	131.70302	177.95350	6.216	**	0.42532	0.65219
VG	133.34897	176.30774	5.168	**	0.43063	0.65623
CV	134.13998	175.51674	4.637	**	0.43319	0.65817
V <sup>2</sup>	135.28286	174.37386	3.782	**	0.43688	0.66097
C <sup>2</sup>	137.30775	172.34896	3.363	**	0.44342	0.66590

La Tabla #23, presenta los modelos reducidos de regresión para las variables que salieron significativas en el cuarto ciclo, observándose a manera general que las interacciones de los estiércoles de cabra-gallina y vaca-gallina son los que más contribuyen a explicar en forma significativa la variación debida a la regresión. Se les realiza a dichos modelos, la prueba de falta de ajuste encontrándose que el modelo que se propuso es el adecuado, debido a que explica la variación existente entre los tratamientos, por lo que no fue necesario realizar pruebas de falta de ajuste.

Tabla #23. Modelos reducidos de regresión para las variables -  
significativas (4º ciclo).

Variable	M.O.1	ALL	P.P.
Bo	2.952605	43.46333	561.0616
C		0.02380235	
V	0.009033972	0.02825174	
G <sub>2</sub>		0.08310035	1.825697
C <sup>2</sup>	0.0001479652		-0.03985667
G <sup>2</sup>		-0.0003163205	
CV			0.04576130
CG	0.0001818550	-0.0005969725	
VG	-0.0003252783		-0.006155604
F	7.496 <sup>**</sup>	5.376 <sup>**</sup>	5.371 <sup>**</sup>
R <sup>2</sup>	0.21899	0.42532	0.33316
F.ajuste	4.138 <sup>**</sup>	0.600N.S.	1.1479NS

#### 4.2.2. Resultados de diferentes ciclos.

4.2.2.1. Variables con respecto al cultivo.- La Tabla #24 muestra los valores promedio del número de espigas en diferentes ciclos de cultivo desde los 328 hasta los 1040 días después de la incorporación de los tratamientos.

Esta variable salió no significativa, pero presenta la media general de los diferentes ciclos para la variable en cuestión. Y podemos asegurar de acuerdo a los valores presentados que el 4º ciclo tiene el mayor número de espigas y presenta -- una F calculada de 2.716 N.S. En cambio los ciclos 2º y 6º ---



muestran valores más bajos.

Los valores promedio de la variable peso de paja en diferentes ciclo de cultivo se presentan en la Tabla #25. Se observa que el 4º ciclo fue el mejor por mostrar una media general de 633.13 gr de peso de paja, resultando este ciclo con una F calculada de 2.274, siendo ésta significativa. En cambio en el 6º ciclo los valores promedio de peso de paja van declinando.

En las Tablas #26 y 27 se presentan los resultados del rendimiento por metro cuadrado y el rendimiento por hectárea respectivamente en los diferentes ciclos del experimento I.E., se puede observar en forma general que el segundo ciclo muestra en promedio valores muy bajos de rendimiento. En cambio el cuarto ciclo presenta valores promedio de 3718.68 y 3472.65 kg para rendimiento por metro cuadrado, pero transformado por hectárea y rendimiento por hectárea respectivamente, siendo éstos los máximos valores de rendimiento que se pudieron obtener en el experimento de interacción de estiércoles. De este ciclo en adelante el rendimiento comienza a declinar debido a que el efecto de la materia orgánica aportada por los estiércoles es mínimo.

Tabla #24. Datos del experimento Interacción de Estiércoles -- donde se muestran los valores de número de espigas de trigo en sus diferentes ciclos de cultivo.

Tratamientos		2º ciclo	4º ciclo	6º ciclo
Días posteriores a su incorporación		328	693	1040
25-25-25	1	34533	525.00	533.75
25-25-75	2	286.33	548.33	351.67
25-75-25	3	296.66	545.00	312.33
25-75-75	4	320.00	581.00	415.67
75-25-25	5	370.00	459.66	402.00
75-25-75	6	306.66	528.33	306.67
75-75-25	7	371.00	559.33	369.67
75-75-75	8	334.66	652.00	368.33
50-50-50	9	31933	513.00	324.00
0-25-25	10	248.66	517.00	311.00
100-75-75	11	215.66	438.33	331.00
25- 0-25	12	300.33	415.00	345.33
75-100-75	13	295.33	556.00	319.67
25-25-0	14	309.33	472.33	363.00
75-75-100	15	304.00	594.66	297.00
0-0-0	16	323.00	377.00	292.67
	$\bar{X}$	309.16	517.64	352.29
F calc.		1.294 NS	2.716 NS	1.542 NS

Tabla #25. Comparación de resultados de la variable peso de, pa  
ja (P.P.) de los ciclos anteriores 2º, 4º y 6º ci-  
clo.

Tratamientos	2º ciclo gr(P.P.)	4º ciclo gr (P.P.)	6º ciclo gr (P.P.)
Días posteriores a su incorporación	334	699	1040
1	404.40	602.73	555.00
2	516.57	659.73	519.33
3	449.60	617.46	511.67
4	490.69	721.50	544.33
5	537.34	501.76	531.67
6	518.12	642.96	440.33
7	556.57	630.20	513.67
8	504.09	865.13	513.67
9	498.32	576.86	530.67
10	388.61	662.86	512.00
11	442.28	522.40	513.00
12	435.03	539.33	503.00
13	429.92	775.10	584.67
14	365.76	633.86	529.67
15	418.01	687.50	449.67
16	407.62	490.76	512.67
$\bar{x}$	460.18313gr	633.13375 gr	517.67 gr
F calc.	1.191 <sup>NS</sup>	2.274 *	0.928 <sup>NS</sup>

Tabla #26. Datos del experimento Interacción de Estiércoles en el cultivo del trigo (2º, 4º y 6º ciclo) de la variable rendimiento/m<sup>2</sup>.

Tratamiento	2º ciclo	4º ciclo	6º ciclo
Días posteriores a su incorporación	334	699	1040
1	2439	3704.66	3950
2	1902.76	3946.66	3806.70
3	2188.96	3284	3550
4	2492.80	4180	4223.30
5	2309.70	2990.33	4016.70
6	2320.26	3356.66	2930
7	2534.30	4280	3863.3
8	2682.40	4443.66	4016.70
9	2750.20	3980	3526.70
10	1999.26	3833.33	4130
11	2177.16	2868	3620
12	2399.63	3025	3470
13	2184.06	4231.66	3320
14	1925.73	4226.66	3536.70
15	2055.30	3930.33	3336.70
16	2173.80	3218	3206.70
$\bar{x}$	2283.45 kg/ha	3718.68 kg/ha	3667.10 kg/ha
F calc.	0.938 NS	1.675 NS	1.018 NS

Los valores de la tabla representa el rendimiento por m<sup>2</sup> transformados a rendimiento/ha.

Tabla #27. Datos del Experimento Interacción de Estiércoles, - donde se muestra el rendimiento/ha, en el cultivo - de trigo en 3 ciclos.

Tratamientos	2º ciclo	4º ciclo	6º ciclo
Días posteriores a su incorporación	327	692	1040
1	1883.14	3548.14	3418.97
2	1667.06	3522.21	3509.74
3	1618.70	3434.80	3294.87
4	1888.89	3607.40	3469.23
5	1853.68	3304.29	3377.43
6	1903.55	3581.47	2727.18
7	1796.50	3537.96	3717.94
8	2271.14	3879.62	3730.76
9	2209.68	3591.47	3102.56
10	1791.22	3601.11	3052.69
11	1593.82	3321.11	2913.08
12	1306.56	3409.25	2411.86
13	1737.97	3575.18	2820.51
14	2063.52	3863.33	2932.30
15	1958.81	3446.29	3141.02
16	1702.53	3338.88	3117.94
$\bar{X}$	1827.92 kg/ha	3472.65 kg/ha	3174.04 kg/ha
F calc.	0.857 NS	0.450 NS	1.238 NS

4.2.2.2. Variables con respecto al suelo.- Como se puede observar en la Tabla #11 donde se presentan los valores promedios de la materia orgánica, que el 4º ciclo de cultivo del experimento interacción de estiércoles (I.E.) fue el mejor siendo ésta variable estadísticamente significativa.

En cambio en el 6º ciclo el contenido promedio de materia orgánica disminuyó a que la M.O. está en continua descomposición ocasionada por las altas temperaturas que imperan en la región (NE de México).

Con la rotación de cultivos que se le dió al experimento tratamos de mantener la materia orgánica existente y al mismo tiempo registrar que pasa con la materia orgánica aportada por los estiércoles del experimento. Los resultados coinciden con la revisión de literatura, el hecho de que la acción del estiércol primer año, se mantiene optima en el segundo, se debilita su acción en el tercer año y ya no tiene ninguna acción en el cuarto año, ocurriendo esto en terrenos de consistencia media y clima templado (54).

Cabe la aclaración que hasta el 2º ciclo de cultivo del experimento, se realizaban muestreos de suelo a 0-30 y 30-60 cm de profundidad, sin embargo a partir del cuarto ciclo se optó por cambiar el procedimiento de las tomas de muestras de 0-15 y 15-30 cm de profundidad, por considerarse, en base a observaciones anteriores, que es en los primeros 30 cm del suelo, en donde se encuentran las cantidades de materia orgánica aportada.

Los valores de la variable aparente de 0-15 y 15-30 cm de profundidad se presentan en las Tablas #28 y 29 respectivamente. De manera general se puede observar que el cuarto ciclo del experimento I.E. es el mejor. Debido a que presenta los valores en promedio más bajos, pero al terminar el sexto ciclo del experimento se puede ver que aumentó el valor promedio de densidad aparente de las dos diferentes profundidades. La explicación de los valores en promedio de la densidad aparente en el sexto ciclo, de acuerdo de la literatura revisada es debido a que el mejoramiento de la estructura del suelo es mayor en los primeros ciclos. Stewart y Unger (1974), aplicaron dosis de 67, 134 y 268 ton/ha de abono orgánico en un tipo de suelo Pullman Clay loam, en Bushland, Texas, encontrando que, la D.A. se redujó de  $1.37 \text{ gr/cm}^3$  a  $1.12 \text{ gr/cm}^3$  en el tratamiento de 268 ton/ha.

En la Tabla #1 del apéndice se presentan las lecturas del penetrómetro y se observa que el 2º ciclo de cultivo muestra valores en promedio bajos. En cambio, en el sexto los valores aumentaron. Esto se explica de acuerdo con la literatura revisada, el hecho que la materia orgánica modifica las propiedades físicas del suelo como la estructura, al fomentar la granulación y aumenta la capacidad de retención de humedad, la permeabilidad, etc. y una disminución de la M.O. da por resultados suelos compactos (49).

Los cambios en la densidad aparente, velocidad de infiltración, resistencia a la penetración son más notables a dosis

altas, superiores a 60 ton/ha/año durante los primeros años -- (5).

Tabla #28. Datos del experimento Interacción de Estiércoles, - donde se muestra la densidad aparente de 0-15 cm de profundidad en diferentes ciclos.

Tratamientos	4º ciclo	5º ciclo	6º ciclo
Días posteriores a su incorporación	631	753	996
1	1.25	1.37	1.32
2	1.23	1.40	1.27
3	1.19	1.50	1.33
4	1.26	1.38	1.31
5	1.22	1.32	1.32
6	1.17	1.43	1.28
7	1.17	1.16	1.30
8	1.25	1.42	1.25
9	1.19	1.10	1.30
10	1.31	1.11	1.30
11	1.15	1.33	1.36
12	1.25	1.28	1.43
13	1.24	1.31	1.24
14	1.19	1.36	1.29
15	1.22	1.44	1.42
16	1.31	1.33	1.25
$\bar{X}$	1.225 gr/cm <sup>3</sup>	1.3275 gr/cm <sup>3</sup>	$\bar{X}=1.31$ gr/cm <sup>3</sup>
F calc.	1.175 NS	0.761 NS	1.499 NS

Los ciclo 1º, 3º y 5º del experimento fueron realizados con el cultivo del frijol en verano.

Los ciclos 2º, 4º y 6º del experimento fueron realizados con el cultivo del trigo en invierno.



Tabla #29. Datos del experimento Interacción de Estiércoles, - en la cual se muestra Densidad Aparente a 15-30 cm. de profundidad para diferentes ciclos.

Tratamiento	4º ciclo Trigo	5º ciclo Frijol	6º ciclo Trigo
Días posteriores a su incorporación	631	753	996
1	1.28	1.44	1.45
2	1.36	1.61	1.43
3	1.38	1.40	1.51
4	1.34	1.34	1.49
5	1.38	1.50	1.51
6	1.41	1.47	1.43
7	1.32	1.45	1.42
8	1.40	1.48	1.49
9	1.41	1.61	1.36
10	1.41	1.49	1.43
11	1.39	1.51	1.47
12	1.28	1.50	1.34
13	1.29	1.52	1.29
14	1.38	1.54	1.41
15	1.36	1.47	1.43
16	1.46	1.48	1.45
$\bar{x}$	$\bar{x}=1.365 \text{ gr/cm}^3$	1.488125 $\text{ gr/cm}^3$	1.43 $\text{ gr/cm}^3$
F calc.	1.258 NS	1.981 NS	1.819 NS

## 5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

1. Los resultados obtenidos en el presente experimento ya no muestran suficiente evidencia de que existe efecto residual del abonado con una interacción de estiércoles cabra-vaca-gallina. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula.  $H_0$ : No existe efecto residual de lo abonado con la interacción de estiércoles después de 3 años de incorporado al suelo. Se recomienda dar por terminado el experimento debido a que ya no existe efecto residual.
2. En el presente experimento se obtuvo, que la variable según la lectura de altura de plantas fue significativa 0.01 0.05 ésta variable se realizó a los 73 días después de la siembra. Se realizó el análisis de regresión y se obtuvo que el coeficiente de regresión fue de  $R^2=47.43\%$  por lo que no explica en forma significativa la variación debido a la regresión. Puesto que presentó un valor menor de  $R^2=55\%$ .
3. Los tratamientos que presentan una mayor altura de planta son: el tratamiento 8(75-75-75 ton/ha de estiércoles de cabra-vaca-gallina) con una altura de 59.43 cm, el tratamiento 15(75-10075 ton/ha de estiércoles de cabra-vaca-gallina-respectivamente) con 58.97 cm de altura, el tratamiento --- 9(50-50-50 ton/ha de estiércoles de cabra-vaca-gallina) con 58.43 cm de altura.

4. Los tratamientos que mejor se comportaron en todo el experimento realizado en 3 años son: el tratamiento 8(75-75-75 ton/ha de estiércoles de cabra-vaca-gallina respectivamente), tratamiento 15(75-75-100 ton/ha de estiércoles de cabra-vaca-gallina), tratamiento 13(75-100-75 ton/ha de estiércoles de cabra-vaca-gallina), tratamiento 11(100-75-75 ton/ha de los estiércoles de cabra-vaca-gallina). En general los tratamientos con mayores dosis de estiércol son los mejores.
5. Las lecturas del penetrómetro realizadas para cuantificar la dureza de la costra durante los seis ciclos del experimento se observa, que disminuye en los primeros ciclos después de incorporados los tratamientos y conforme va disminuyendo la cantidad de materia orgánica por los estiércoles, la dureza de la costra es mayor.
6. Las variables densidad aparente del suelo (0-15 y 15-30 cm de profundidad), módulo de ruptura (0-15 y 15-30 cm de profundidad) no incrementaron sus valores en el sexto ciclo del experimento interacción de estiércoles, esto se debe principalmente a la disminución de los efectos de la materia orgánica aportada.
7. La variable porcentaje de materia orgánica mostró, en el primer año de su aplicación, valores bajos debido a la constante mineralización. En el segundo año de la aplicación de --

tratamientos se obtuvo, el mayor valor en promedio del porcentaje de materia orgánica, presentando ésta, la mayor parte en humus y es en éste año (cuarto ciclo) donde se presentan los mejores beneficios de la materia orgánica. El tercer año (sexto ciclo) de evaluación, se observa que el contenido de materia orgánica en el suelo va disminuyendo, y por ende, los beneficios son menores.

8. El rendimiento de grano por hectárea, el número de espiga, peso de paja y el rendimiento de grano del metro cuadrado del cultivo del trigo fue mejor en el cuarto ciclo de evaluación. En cambio en el sexto ciclo, los valores de las variables mencionadas van declinando. La explicación de los valores observados es debido a los efectos benéficos de la materia orgánica, siendo los mayores efectos en el segundo año después de la aplicación de los tratamientos.
9. En lo particular, se sugiere la realización de este tipo de investigación debido a que presentan un beneficio en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Con respecto a las sugerencias a los agricultores aledaños a la zona donde se desarrolló el presente trabajo experimental se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- Para el uso del material orgánico que aquí se trabajó, la interacción de estiércoles manifestó un mayor efecto de tipo económico, pues una primera aplicación a un alto nivel no es pagada por la primera cosecha, más sin embargo, se tiene la ventaja de los efectos residuales lo cual implica que no se requiere comprar dicho producto en años posteriores y de esta manera se tiene un ahorro debido a los nuevos costos del producto.
- Los beneficios se pueden observar en cuanto a la aportación de nutrientes a los cultivos, capacidad de retención de humedad del suelo, modificación de la estructura del mismo, dando una mejor cama de siembra para los nuevos cultivos. Esto sería algunos de los beneficios observados de la interacción de estiércoles en cuanto a las características del suelo y sus efectos en las plantas.

En cuanto a la dosis que se sugiere sean utilizadas son del orden de 75 ton/ha para un efecto residual de 3 años. Si en un momento no es factible realizar una dosis de ésta magnitud, se sugiere hacer abonos parciales de 25 ton/ha, lo cual es más accesible para los productores que no pueden absorber los costos que implica el flete de dichos materiales al terreno de cultivo.

Se sugiere que la incorporación de dichos materiales se

haga un mes antes de la siembra con el objeto de evitar el efecto de mineralización y vaya a afectar las semillas que se siembren. Por medio de lo anterior se garantiza el tiempo suficiente para que el material orgánico que se sembró -- pueda aportar nitrógeno para acelerar la descomposición de dichos materiales.

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

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Acosta, S.R. 1975. Efecto residual de las aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos sobre la producción de cosechas . Memorias VIII Congreso Nacional de la Ciencia - del Suelo, México. pp. 341-349.
2. Aguirre C, J.E. 1979. Manual de prácticas de campo y laboratorio para análisis del suelo. FAUANL. pp. 11,23,35,39, 42,46,52,57,62, 68 sin publicar.
- 3. Agundis S.,S. 1986. Efecto residua del abonado de compost después de 2 años de aplicado, en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su influencia en el cultivo del trigo. Marín, N.L. Tesis F.A.U.A.N.L. pp. 10-12, 30,- 31.
4. Alemán G.,V.H. 1986. Estudio de diferentes niveles de gallinaza en el control de formación de costra en el suelo y en el establecimiento de un cultivo. Marín, N.L. p. 50.
5. Anónimo, 1982. Estiércol: importante fuente de nutrientes en el suelo. Agrosíntesis 13(7):86-92.
6. Anónimo, 1985. El surco. nov-dic bimestral(6)15.
7. Anónimo, 1986. Guanos y fertilizantes de México, S.A. Abril MayoJunio Trimestral (47) 7.

8. Anónimo, 1972. Manual de fertilizantes, S.A. Soil improvement committee, California Fertilizer Association. Trad. Western Fertilizer Handbook. p. 44.
9. Baver, L.D. 1930. The effect the organic mater upon several physical properties of soil. Am. Soc. Agr. 22 pp. 704,705 707.
10. Baver, L.D., W.H. Gardner, W.R. Gardner, 1973. Física de Suelos. traducido del inglés por J.M. Rodríguez. U.T.E.H. A. México, D.F. p. 91,92.
11. Bear, E.F. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ed. Omega, Barcelona, España. p. 133.
12. Buckman, H.O., N.C. Brady. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Montaner y Simón, S.A. pp. 135-164,528-547.
13. Collis-George, N.,B.G. Davey, D.E. Smiles, 1971. Suelos, - atmósfera y fertilizantes. Ed. AEDOS. pp. 265, 272-274.
14. Dauchaufour, P. 1978. Manual de Edafología. Ed. Toray-Masson, S.A. Francia. p. 124.
15. Delorit, R.J., H.L. Ahlgren, 1970. Producción Agrícola. Ed. C.E.C.S.A. pp. 213-215, 714-715.



16. Diehl, R.,J.M.Mateo, P. Urbano. 1978. Fitotecnia General. - Ediciones MUNDI-PRENSA. pp. 213-215.
17. Elizondo, S.A.C.,D. Rubio, R. Alonso. 1974. Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (compost) obtenido del basurrero de Monterrey, N.L. desde el punto de vista de su utilización agrícola. Memorias del VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México 2:211-212.
18. Escobedo, L.J. 1986. Efecto residual del estiércol caprino después de dos ciclos de cultivo, como mejorador de las características físicas y químicas del suelo, en el cultivo del frijol. Marín, N.L. Tesis. FAUANL. México. pp. 70, 74.
19. Fassbender, Hans,W. 1984. Química del Suelo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José Costa Rica. p. 97.
20. Fitzpatrick, E.A. 1980. Suelos, su formación, clasificación y su distribución. Trad. del inglés por Antonio Marino Ambrosio. Ed. C.E.C.S.A. p. 104.
21. Galnarez G.,F. 1987. El agua del suelo. Seminario (opción-II) F.A.U.A.N.L. pp. 18-20, 24.
22. García F.,J.1958. Cereales de invierno. Ed. DOSSAT, S.A. Madrid, España. p. 15.

23. Gaucher, G. 1971. Tratado de Pedología Agrícola, El suelo- y sus características agronómicas. Ed. Omega, S.A. España pp. 196-204,319.
24. Gavande, S.A. 1972. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Centro Regional de Ayuda Técnica. México. pp. 77-98.
25. González N.,J. 1984. Efecto del encostramiento de los suelos en la germinación y emergencia de las plántulas. Seminario (Opción II-A) F.A.U.A.N.L. p. 11-67.
26. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasifica--- ción climática de Koppen. U.N.A.M. México, D.F. p. 151.
27. Gustafson, A.F. 1957. Conservación del suelo. Ed. C.E.C.S. A. pp. 107-109.
28. Lavin S.,V., Bastidas 1975. Modificación nitrogenada de la fracción húmica de compost de basuras urbanas con fines - de fertilidad. Memorias del VIII Congreso Nacional de la- Ciencia del Suelo. 1:41.
29. Leon A.R. 1974. Nueva Edafología. Regiones tropicales y tem- pladas de México. Grupo Edit- Gaceta. México. pp. 50-52, - 133.

30. Maiti R.K., R.H. González, L.C.O. Alanís, 1984. El establecimiento de los cultivos en el trópico semiárido del noroeste de México, una síntesis práctica. F.A.U.A.N.L. México. pp. 46, 47, 61.
31. Mata G., P. 1984. Evaluación del contenido de Nitrógeno total en el estiércol de ganado bovino manejado a la interperie en la región de Marín, N.L. Trabajo práctico (Opción V) F.A.U.A.N.L. pp. 3,5, 12.
32. Meier H., M.E. 1978. Plantas, Cultivos, Cosechas. Ed. AEDOS, Barcelona. pp. 183, 184, 197-202.
33. 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. Marín, N.L. (Tesis Profesional) F.A.U.A.N.L. México. pp. 14,20,25,39.
34. Miller C.E., L.M. Turk, H.D. Foth. 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. del inglés por R. Fernández G. Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. pp. 153-157.
35. Moral R., D., J. Leal D. y G. Garza F. 1973. Influencia del estiércol bovino y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento del trigo cultivado en suelos calcáreos. Memorias del VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 1: 94,95.

36. Nieto G., L.A. 1986. Efecto residual del abonado con estiér-  
col de ganado vacuno en algunas propiedades físicas y quí-  
micas del suelo y su influencia en el cultivo del frijol -  
(Phaseolus vulgaris L.). Bajo riego en el municipio de Ma-  
rín, N.L. Tesis FAUANL., México. pp. 65, 72, 74.
37. Ortega D., M.L., M.A. Rodríguez P., F. Castillo C. 1973. Uti-  
lización de 3 mejoradores orgánicos en el cultivo de la --  
avena "Moregrain" bajo condiciones de invernadero. Memo---  
rias del VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo 1:243  
244, 245.
38. Ortiz V., B., C.A. Ortiz S. 1980. Edafología. Universidad Au-  
tónoma de Chapingo, México. pp. 59-149.
39. Rico M., J.M. 1981. Estiércoles como aportadores de nitróge-  
no al suelo. Tesis F.A.U.A.N.L. p. 2-12, 16.
40. Robinson, G.W. 1960. Los suelos, su origen, clasificación y  
constitución. Trad. del inglés por J.C. Amoros. Ed. Omega,  
S.A. España. pp. 198, 199.
41. Romo S., L.O., G. García B., J. Nava P. 1980. La respuesta-  
en el empleo de cinco materiales orgánicos y azufre en el-  
cultivo de la zanahoria (Daucus carota) Memorias del XIII-  
Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, México 1:199-200.

42. Rodríguez G., J.L., F. Ramírez P. 1975. Efecto de los fertilizantes en Maíz en un suelo de Cd. Miguel Alemán, Tamps. VIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México 1:151, 302-307.
43. Russel, E., E.W. Russel 1959. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Trad. del inglés por G. -- González. Editorial Aguilar España. p. 477.
44. Salcedo Q, F.A. 1986. 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. Tesis F.A.U.A.N.L. p. 13, 16, 17, 54.
45. SARH. 1977. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Area de Influencia. Valle del Yaqui y Valle de Mayo-México p. 115.
46. Tamhane, R.V., D.P. Motiramani, P. Bali 1978. Suelos: su Química y Fertilidad en Suelos Tropicales. Ed. Diana, México pp. 179, 180, 231-238, 268-271.
47. Teuscher, H., R. Adler 1965. El suelo y su fertilidad. Ed. C.E.C.S.A. México p. 310-315.

48. Thompson, L.M. 1966. El suelo y su fertilidad. Ed. Reverté España. pp. 52, 53, 75, 156, 286, 289.
49. Tisdale, S.L., W.L. Nelson 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. U.T.E.H.A. México p. 146-160, 635.
50. Torres R.,E. 1984. Manual de conservación de suelos agrícolas. Ed. Diana México pp. 143, 144.
51. Través S., G. 1962. Abonos. Ed. Síntesis. España. pp. 172-180.
52. Unger, P.A. y B.A. Stewart 1974. Feedlot waste effects on soil conditions and water evaporation. So. Sci. Am. p. 38: 954, 955.
53. Worthen, E.L., S.R. Adrich 1959. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. U.T.E.H.A. México p. 167.

## 7. APENDICE

Tabla #1. Datos del Experimento Interacción de Estiércoles, -- donde se muestran en diferentes ciclos las lecturas del penetrómetro en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Tratamientos	2º ciclo	4º ciclo	6º ciclo
Días posteriores a su incorporación	285	650	1015
1	135.33	168.33	194.66
2	140.32	158.32	201.33
3	126.33	172.22	180.00
4	136.33	164.99	176.00
5	149.00	166.66	198.66
6	126.33	182.77	170.66
7	130.66	162.77	188.00
8	143.66	159.99	185.33
9	126.00	163.33	194.66
10	151.66	171.66	197.33
11	125.33	161.10	206.66
12	165.33	165.55	169.33
13	150.00	165.55	212.00
14	130.66	147.77	188.00
15	126.66	158.88	181.33
16	139.33	162.77	186.66
$\bar{x}$	137.68	164.54 $\text{kg}/\text{cm}^2$	189.13 $\text{kg}/\text{cm}^2$
Fcalc.	1.365 NS	1.335 NS	1.079 NS



	X01	X02	X03	X04	X05	X06	X07	X08	X09	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	
X01	1.0000																					
X02	0.0568	1.0000																				
X03	-0.0095	0.0369	1.0000																			
X04	-0.1141	0.0977	0.3040	1.0000																		
X05	-0.1351	0.2166	-0.5318	-0.2155	1.0000																	
X06	0.2217	-0.0560	-0.1103	-0.3231	0.3321	1.0000																
X07	0.0134	-0.0097	-0.3028	-0.3167	0.4604	0.0932	1.0000															
X08	-0.1006	-0.0239	0.4470	-0.2506	0.6156	0.0974	0.7378	1.0000														
X09	0.0927	-0.0447	-0.4218	-0.2342	0.4746	0.1452	0.7253	0.8600	1.0000													
X10	-0.0786	0.1021	-0.1958	-0.3205	0.1386	-0.1945	0.1686	0.1165	0.1275	1.0000												
X11	0.0325	0.1685	-0.1390	-0.3093	0.0879	-0.0913	0.2118	0.3125	0.3967	0.4952	1.0000											
X12	0.1423	0.2156	-0.0940	-0.1631	0.2570	-0.0458	0.3147	0.3252	0.4725	0.5528	0.5214	1.0000										
X13	-0.3111	0.0397	-0.0723	-0.0256	0.0910	-0.2947	0.3205	0.3375	0.3143	0.4451	0.2251	0.1507	1.0000									
X14	0.1996	0.0541	-0.2898	-0.2354	0.3614	0.2301	0.5386	0.6316	0.7194	0.2028	0.3913	0.5345	0.1193	1.0000								
X15	0.2312	0.0889	0.2068	0.0443	0.0324	0.0665	0.1378	0.1133	0.1761	0.0419	0.2661	0.2418	-0.0185	0.0889	1.0000							
X16	-0.3022	0.0998	-0.0425	0.1014	-0.0124	-0.0826	-0.0527	-0.1011	-0.1765	0.1092	-0.1004	-0.1107	0.0453	-0.3291	-0.0643	1.0000						
X17	0.0956	0.0160	0.0745	-0.1996	-0.0495	0.1778	0.1183	0.0854	0.1317	0.0212	0.0194	0.0797	0.2456	-0.2837	0.1130	1.0000						
X18	0.0761	0.0625	-0.0292	0.0734	-0.0014	-0.0751	0.1966	0.2388	0.1554	0.1266	0.1042	-0.0968	0.1077	0.0224	-0.1328	-0.1698	1.0000					
X19	-0.0528	0.0699	0.1324	0.0015	0.0711	-0.1211	0.0723	0.0920	0.0666	0.2573	0.0421	0.2790	0.1030	-0.0733	0.2670	0.0160	-0.3272	0.2238	1.0000			
X20	-0.2543	-0.1488	0.1927	0.0903	-0.1269	0.0139	-0.1145	-0.0378	-0.0820	-0.1188	-0.1300	-0.1628	0.3230	-0.2210	-0.0336	0.1116	0.1726	-0.2143	0.0065	1.0000		
X21	-0.2248	-0.2104	0.0281	-0.0413	-0.0915	-0.2084	0.0534	-0.0019	-0.0865	0.1421	0.1341	0.0898	0.0842	0.0613	-0.0206	0.0093	0.0595	0.0046	-0.0083	0.0034	1.0000	

Tabla # 2 Resumen de las variables correlacionadas en el experimento.



