

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO RESIDUAL DEL ESTIERCOL CAPRINO,
DESPUES DE DOS CICLOS DE CULTIVO, COMO
MEJORADOR DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS
Y QUIMICAS DEL SUELO, EN EL CULTIVO DEL
FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

T E S I S
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
PRESENTA
JOSE ESCOBEDO LOPEZ

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1986

T
S655
E8
C.1



1080062523

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO RESIDUAL DEL ESTIERCOL CAPRINO,
DESPUES DE DOS CICLOS DE CULTIVO, COMO
MEJORADOR DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS
Y QUIMICAS DEL SUELO, EN EL CULTIVO DEL
FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.).

TESIS
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
PRESENTA
JOSE ESCOBEDO LOPEZ

MARIN, N. L.

65150

FEBRERO DE 1986

T
S655
E8

BURSAI Ra
F19
L
FONDO
TESIS LICENCIATURA



Biblioteca Central
Maana Solidaridad

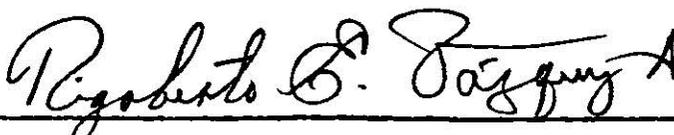
F. Tests

040.631
FA4
1986
e.5

EFEECTO RESIDUAL DEL ESTIERCOL CAPRINO,
DESPUES DE DOS CICLOS DE CULTIVO, COMO
MEJORADOR DE LAS CARACTERISTICAS FISI-
CAS Y QUIMICAS DEL SUELO, EN EL CULTI-
VO DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

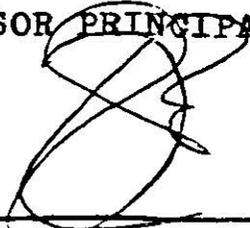
TESIS QUE PRESENTA JOSE ESCOBEDO LO---
PEZ, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTE-
NER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO --
FITOTECNISTA.

COMISION REVISORA



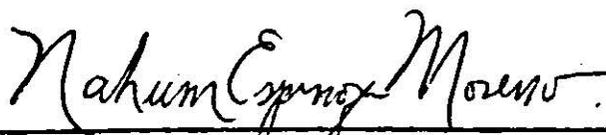
DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO

ASESOR PRINCIPAL



ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL

ASESOR AUXILIAR



ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO

ASESOR ESTADISTICO

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Gracias señor por darme la existencia, fuerza y confianza en ti, en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por estar siempre conmigo.

A la F.A.U.A.N.L.: Porque en ella adquirí, una formación como profesionista, que me permitirá, contribuir a el desarrollo del Agro-Méxicoano.

Al Dr. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO: De quién estoy muy agradecido por su valiosa dirección en ésta tesis.

Al Ing. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL y al Ing. M.C. --- NAHUM ESPINOZA MORENO: Miembros del comité consejero, por - su ayuda en el desarrollo y revisión del presente estudio.

A los empleados de la F.A.U.A.N.L.: Que de una ó otra forma, ayudaron a la culminación del presente trabajo.

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCION.....	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1. Generalidades sobre el cultivo del frijol..	5
2.1.1. Distribución e importancia.....	5
2.1.2. Taxonomía.....	5
2.1.3. Características botánicas.....	6
2.1.4. Aspectos morfoagronómicos.....	7
2.1.5. Exigencias ecológicas.....	7
2.2. Condiciones físicas y químicas del suelo -- que afectan la emergencia de las plantulas.	8
2.2.1. Propiedades físicas.....	8
2.2.1.1. Estructura.....	8
2.2.1.1.1. Encostramiento y su proceso de formación...	12
2.2.1.1.2. Permeabilidad.....	14
2.2.1.1.3. Infiltración.....	14
2.2.1.1.4. Textura.....	15
2.2.1.1.5. Color.....	15
2.2.1.1.6. Densidad aparente.....	16
2.2.1.1.7. Densidad real.....	16
2.2.1.1.8. Punto de marchitez permanente.....	16
2.2.1.1.9. Capacidad de campo.....	17
2.2.2. Propiedades químicas.....	17
2.2.2.1. Conductividad eléctrica (salinidad).....	17
2.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico.....	18
2.2.2.3. Reacción del suelo (pH).....	18
2.2.2.4. Humedad del suelo.....	19
2.2.2.5. Materia orgánica.....	19
2.3. Aspectos generales de la materia orgánica - en el suelo.....	19
2.3.1. Funciones de la materia orgánica.....	19
2.3.2. Componentes generales de la materia orgáni- ca.....	21
2.3.3. Composición de los tejidos de plantas supe- riores.....	22
2.3.4. Ciclo del carbono.....	22
2.3.5. Microbiología.....	24
2.3.5.1. Clasificación de los microorganismos que in- tervienen en la descomposición de la mate- ria orgánica.....	24
2.3.5.2. Requerimientos nutricionales.....	25
2.3.5.3. Crecimiento de las poblaciones microbianas.	25

2.3.6.	Descomposición de la materia orgánica del - suelo.....	26
2.3.6.1.	Proceso de descomposición.....	26
2.3.6.2.	Composición del humus.....	28
2.3.6.3.	Influencia del medio ambiente sobre la des- composición de la materia orgánica.....	28
2.3.6.4.	Cambios durante la descomposición de la ma- teria orgánica.....	29
2.3.7.	Mineralización del carbono.....	29
2.3.7.1.	Descripción del proceso y flora microbiana.	29
2.4.	Actividades de los organismos del suelo re- lacionadas con los productos finales de la descomposición de la materia orgánica.....	30
2.4.1.	Ciclo del nitrógeno.....	30
2.4.2.	Mineralización del N.....	31
2.4.2.1.	Proceso.....	31
2.4.2.2.	Flora.....	32
2.4.2.3.	Influencia del medio ambiente.....	32
2.4.3.	Inmovilización del nitrógeno.....	33
2.4.4.	Nitrificación.....	34
2.4.4.1.	Proceso.....	34
2.4.4.2.	Bacterias nitrificantes.....	34
2.4.4.3.	Influencia del medio ambiente.....	34
2.4.5.	Desnitrificación.....	35
2.4.5.1.	Pérdidas de nitrógeno en el suelo.....	36
2.4.5.2.	Microbiología.....	36
2.4.5.3.	Influencia del medio ambiente.....	37
2.4.6.	Oxidación del azufre.....	39
2.4.7.	Oxidación del fierro y manganeso.....	39
2.5.	Conservación de la materia orgánica del sue- lo.....	39
2.5.1.	Uso de abonos verdes.....	39
2.5.2.	Uso de aguas negras.....	40
2.5.3.	Uso de estiércoles.....	40
2.6.	El estiércol como aportador de la materia - orgánica al suelo.....	41
2.6.1.	Cuidado y conservación del abono.....	41
2.6.2.	Composición del abono.....	43
2.6.3.	Disponibilidad del abono.....	44
2.6.4.	Efecto residual del estiércol.....	45
2.6.5.	Efecto de la aplicación de estiércol en el mejoramiento de las propiedades físicas y - químicas del suelo.....	46
2.6.5.1.	Efecto sobre la estructura del suelo.....	46
2.6.5.2.	Efecto sobre el contenido y disponibilidad de nutrientes en el suelo.....	47

	<u>Página</u>	
2.6.5.3.	Efecto sobre la capacidad de intercambio catiónico.....	52
2.6.5.4.	Efecto sobre el contenido de materia orgánica.....	54
2.6.5.5.	Efecto sobre la captación, retención, infiltración y evaporación del agua en el suelo..	55
2.6.5.6.	Efecto del estiércol en el calentamiento del suelo.....	57
2.6.5.7.	Efecto del estiércol en el contenido de sales en el suelo.....	58
2.6.5.8.	Efecto sobre el pH del suelo.....	59
2.6.5.9.	Efecto del estiércol sobre la erosión del suelo.....	60
2.6.5.10.	Efecto sobre la densidad aparente (DA).....	60
3.	MATERIALES Y APARATOS.....	61
3.1.	Localización del estudio.....	61
3.2.	Materiales y aparatos utilizados.....	63
3.2.1.	Material genético.....	63
3.2.2.	Materiales varios.....	63
3.2.3.	Aparatos para medir el módulo de ruptura....	63
3.2.4.	Penetrómetro tipo militar.....	67
3.2.5.	Aparatos varios.....	68
3.3.	Descripción del método usado.....	68
3.3.1.	Prácticas realizadas durante el primer y segundo ciclo del experimento.....	68
3.3.2.	Establecimiento del tercer ciclo de cultivo (experimento al cual se refiere el presente estudio).....	68
3.4.	Variables estimadas y recolección de datos - de las mismas.....	72
3.4.1.	Lecturas del penetrómetro.....	72
3.4.2.	Determinación del porcentaje de materia orgánica.....	72
3.4.3.	Determinación de la densidad aparente.....	72
3.4.4.	Determinación del porcentaje de emergencia...	73
3.4.5.	Peso de la materia seca, grano y número de vainas vanas y vainas buenas por planta.....	73
3.4.6.	Peso del grano de la parcela útil.....	74
3.4.7.	Número de plantas cosechadas.....	74
3.4.8.	Lecturas del módulo de ruptura.....	74
3.5.	Diseño experimental utilizado.....	77
4.	RESULTADOS.....	81
5.	DISCUSION.....	87

	<u>Página</u>
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
7. SUMMARY.....	94
8. APENDICE.....	96
8.1. Apéndice A.....	104
9. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	105

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro (texto)</u>	<u>Página</u>	
1	Análisis químico de estiércol de diferentes especies de muestras procedentes de diferentes partes de la Republica Mexicana.....	44
2	Inventario de abonos orgánicos en México.....	44
3	Datos climatológicos del período que comprendió el experimento, Agosto–Noviembre de 1984.....	62
4	VARIABLES estudiadas, con su codificación correspondiente.....	78
5	Dosis de estiércol (X_1) y nitrógeno (X_2), de los tratamientos seleccionados de la matriz experimental cuadrado doble, en unidades de peso por hectárea.....	78
6	Dosis de estiércol (13% de humedad), correspondiente a los niveles de estiércol de cada tratamiento en toneladas por hectárea, aplicadas el verano de 1983, en cada unidad ó parcela experimental de 32 metros cuadrados de superficie.....	79
7	Resumen de los analisis de varianza para las variables bajo estudio, mostrando la S.C. de Tratamientos, S.C. Error, F Cal., \bar{X} Gral. y % C.V....	81
8	Pruebas de Tuckey y Duncan de las variables con diferencia significativa entre tratamientos.....	86

Cuadro (Apéndice)

9	Resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento.....	97
10	Listado de los modelos ajustados, de las variables significativas.....	98

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura (texto)</u>	<u>Página</u>
1 Presentación esquématica del mecanismo en la formación de la estructura. Al evaporarse el agua -- las placas cementantes se desarrolla la estruc-- tura. (Millar, 1980).....	9
2 Ciclo del carbono (Alexander, 1980).....	23
3 Crecimiento y fijación del N ₂ por <u>Azotobacter</u> -- sp. en un medio de cultivo (Alexander, 1980)....	26
4 Ciclo del nitrógeno (Alexander, 1980).....	31
5 Vista de lado del aparato para medir el módulo -- de rúptura.....	64
6 Vista de perfil del aparato, para medir el módu-- lo de rúptura.....	65
7 Enrejado de madera.....	66
8 Penetrómetro tipo militar.....	67
9 Vista de frente, del ladrillo para medir el módu-- lo de rúptura, donde: b = 3.5 cm, d = 1 cm y L = 5.08 cm.....	76
10 Distribución espacial de los tratamientos emplea-- dos de acuerdo a el arreglo de un cuadrado do-- ble.....	79
11 Croquis del experimento en el campo, distribuci-- ón de los tratamientos y dimensión de las unida-- des experimentales.....	80
 <u>Figura (apéndice)</u>	
12 Curvas de regresión con datos observados y espe-- rados para Lecturas del Módulo de Rúptura a la -- profundidad de 0 - 15 cm.....	99
13 Curvas de regresión con datos observados y espe-- rados para Peso del Grano por Parcela Util.....	100
14 Curvas de regresión con datos observados y espe-- rados para Peso de Grano por Planta.....	101
15 Curvas de regresión con datos observados y espe-- rados para Peso de la Materia Seca por Planta...	102
16 Curvas de regresión con datos observados y espe-- rados para Lecturas del Penetrómetro.....	103

RESUMEN

Tesista: José Escobedo López

Carrera: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Título de la Tesis: 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 (Phaseolus vulgaris L.)

Asesor: Dr. Rigoberto Vazquez Alvarado

Se estudio el 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 (Phaseolus vulgaris L.). El experimento fué establecido en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín Nuevo León.

Dado que en la región se tienen problemas con los suelos, que son de tipo arcilloso, calcáreo sedimentario; que -- dificulta la emergencia de las plantas, así como la asimilabilidad de macro y micronutrientes por las plantas, los objetivos del presente estudio son:

- a) Observar el efecto residual del estiércol caprino en las características físicas y químicas del suelo después de dos ciclos de cultivo.
- b) Observar el efecto residual del estiércol caprino en el rendimiento del frijol.
- c) Acumular información con los ciclos anteriores para posteriormente a largo plazo, dar recomendaciones sobre dosis de aplicación.

La semilla de frijol utilizada, fue la variedad Delicias 71 selección 4, la dosis de los tratamientos de nitrógeno químico aplicado fué de 0 - 50 Kg/ha y las del estiércol de 0 - 100 Tn/ha. El diseño de los tratamientos fué un bloques al azar, el arreglo de estos fué de acuerdo a un cuadrado doble (fig. 10 y 11).

Las variables estudiadas fueron: por ciento de emergencia, número de plantas cosechadas, peso de grano de la parcela útil, peso de grano por planta, peso de la materia seca por planta, número de vainas buenas y vanas por planta, densidad aparente de 0 - 15 y 15 - 30 cm de profundidad, lecturas del módulo de ruptura de 0 - 15 y 15 - 30 cm de profundidad, por ciento de materia orgánica y lecturas del penetrómetro.

Mediante los análisis de varianza, las variables que mostraron significancia fueron: lecturas del módulo de ruptura a una profundidad de 0 - 15 cm ($P \leq 0.01$), peso del grano de la parcela útil ($P \leq 0.01$), peso del grano por planta ($P \leq 0.01$), peso de la materia seca por planta ($P \leq 0.01$) y lecturas del penetrómetro ($P \leq 0.05$).

El $\% R^2$ de las variables antes mencionadas fué menor del 80%, debido a que ya no se encontró efecto del nitrógeno químico aplicado al inicio del experimento, solo se encontró efecto, de la interacción estiércol- nitrógeno, en las lecturas del módulo de ruptura a la profundidad de 0 - 15 cm.

En general, en base a los resultados obtenidos si se encontró efecto residual del estiércol caprino aplicado al suelo, encontrándose que los tratamientos que dieron los resultados más favorables, fueron aquellos que excedieron las 50 Tn/ha, por lo que se sugiere que para investigaciones posteriores, se aumenten las dosis de estiércol a evaluar.

En base a lo anterior, se recomienda el uso de estiércol caprino, como mejorador de las características físicas y químicas de suelos calcáreos arcillosos, con clima y suelo semejantes al de donde se llevó a cabo éste estudio; lo cual se reflejará en un aumento en la producción del cultivo.

1. INTRODUCCION

Las alternativas para incrementar la producción de alimentos básicos, en éste país son de dos tipos: consiste la primera en ampliar las áreas de cultivo y la segunda, en incrementar el rendimiento por unidad de superficie cultivada. La reflexión es que no es posible ensanchar la tierra agrícola, como fuera deseable, es factible en cambio multiplicar los rendimientos hasta obtener un efecto equivalente en la producción (4).

Dado que el suelo es el medio en el cual crecen los cultivos, es por eso, que para aumentar el rendimiento por unidad de superficie es necesario que el suelo tenga las características físicas y químicas para un adecuado desarrollo de los cultivos, así como los nutrientes requeridos por la planta.

La forma mediante la cual se provee al suelo de los nutrientes esenciales para los cultivos es mediante la fertilización, la cual puede ser orgánica o inorgánica, la forma orgánica puede ser, ya sea por la incorporación de abonos verdes, compost, aguas negras y estiércoles. El estiércol puede ser de los diferentes tipos de animales, entre ellos las cabras, al cual se refiere el presente estudio.

En los últimos años aparte de los fertilizantes químicos, se tienen evidencias del uso de abonos orgánicos en diferentes regiones del país, debido a las enormes bondades que presentan y, que combinados particularmente con N y P elevan significativamente los rendimientos de un cultivo por una interacción favorable de estos en el suelo (57).

La utilización actual de abonos orgánicos se debe a un mejor aprovechamiento de los excrementos de animales domésticos y a las investigaciones agrícolas que señalan los efectos benéficos de su aplicación en los suelos (57).

Los efectos positivos de la materia orgánica en diversos suelos están perfectamente definidos.

Sobre todo en lo que se refiere al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas; así mismo, es importante reserva no solo de macronutrientes sino de micronutrientes (67).

Además según varios experimentos puede favorecer la transformación de minerales bastante estables a formas más solubles y activas que proporcionan elementos esenciales a las plantas.

Dado que en el NE de México predominan los suelos calcáreos los cuales son generalmente pobres en nitrógeno asimilable, altos en fósforo nativo pero bajos en fósforo disponible, su contenido de potasio intercambiable y pH son altos. En estas condiciones, la asimilabilidad de elementos como el Fe, Mn, Zn y B, es baja y la movilidad del fósforo muy limitada. Por otra parte, en experimentos de fertilización en estos suelos, se ha demostrado una y otra vez, la baja eficiencia conseguida con aplicaciones de nitrógeno y fósforo (43).

Sin embargo el estiércol tiene un efecto residual que perdura por varios años después de su aplicación.

Tomando en cuenta lo anteriormente citado, los objetivos del presente estudio son:

- a) Observar el efecto residual del estiércol caprino en las características físicas y químicas del suelo después de dos ciclos de cultivo.
- b) Observar el efecto residual del estiércol caprino en el rendimiento del frijol.
- c) Acumular información con los ciclos anteriores para posteriormente a largo plazo, dar recomendaciones sobre dosis de aplicación.

Estos objetivos se hacen bajo la hipótesis, en base a literatura citada, aplicaciones de estiércol al suelo disminuye la dureza de la costra, se mejora el contenido de macro y micronutrientes, haciendolos más disponibles para la planta, debido a la disminución del pH y mejora la captación y retención de agua, aprovechandola mejor la planta.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre el cultivo del frijol

2.1.1. Distribución e importancia.

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) es nativo del área - México-Guatemala y se ha venido cultivando en México por más de 4,000 años, según datos arqueológicos. Dado que es uno de los cultivos básicos en la agricultura de México; debido a - que constituye la base de la alimentación del pueblo, dada - la cantidad de hectáreas dedicadas a su siembra y el volumen de su consumo, ocupa el segundo lugar en importancia nacional. Es además una de las principales fuentes de proteína - del sector con más bajos recursos económicos.

De acuerdo a datos estadísticos de 1962, el rendimiento promedio nacional por unidad de superficie fue de 400 Kg/ha aproximadamente; éste bajo rendimiento se ha debido a que el frijol se cultiva principalmente, bajo condiciones de temporal, el agricultor acostumbra sembrar el frijol asociado con otros cultivos, no se usan variedades mejoradas en la siembra, las plagas al igual que las malezas no se combaten eficientemente y además los fertilizantes son de uso limitado - en éste cultivo (57).

2.1.2. Taxonomía

Según clasificación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (23).

Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
Sub-Familia	Papilionoidae
Tribu	Phaseoleae
Sub-Tribu	Phaseolinae
Género	<u>Phaseolus</u>
Especie	<u>vulgaris</u>

2.1.3. Características botánicas

Según: Miranda C., 1966 y Ruiz-Cronoz, 1977.

Es una planta herbácea y anual, con raíz típica ó pivoteante ramificada en su origen, en la que después se notan nu dosidades que fijan el nitrógeno atmosférico.

El tallo es herbáceo de crecimiento determinado ó indeterminado, el cual puede ser corto y robusto ó más frecuentemente rastrero y voluble con pelos cortos y rígidos.

Las hojas exceptuando las que crecen en los dos primeros nudos, son compuestas, alternas, pecioladas de color verde claro, trifoliadas y provistas de estípulas y/o estipulillas persistentes.

Los pecioloos son glabros ó ligeramente pubescentes, de 4-10 cm de longitud: los folíolos de las hojas compuestas son, cordados, deltoides ó lanceolados, glabros ó pubescentes, de tamaño variable según la variedad.

La inflorescencia es un racimo generalmente menos largo que las hojas, de 7-30 cm de longitud, con 1-10 entrenudos, en cada uno nacen dos yemas florales; pedúnculos de 5-15 cm de longitud, pedicelos glabros de 0-4-1.5 cm de longitud, bracteolas colicinales cordadas u ovadas, glabras ó pubescentes, estriadas, persistentes, iguales ó más largos que el cáliz.

Las flores tienen forma amariposada, presentan un color variable en las distintas especies; rojo, morado, purpúreo, etc. y estan agrupadas en racimos que salen en las axilas foliares.

El cáliz es pequeño con cinco sépalos unidos, por lo cual se denomina gamosépala el cual puede ser glabro ó pubescente; la corola es dalipétala, con el estandarte más corto ó del mismo largo que las alas, y la quilla con el extremo agudo y torcido en espiral. Los estambres son 10, de los cuales nueve están unidos por sus filamentos y uno permanece libre. El ovario es unicarpelar, unilocular, y muchos óvulos.

El fruto es una vaina ó legumbre (ejote) colgante, recta ó arqueada, comprimida, gibosa y mucronada, que se abre - en dos valvas. Cuando maduran dichas vainas son de color - amarillo, café, morado ó pinto.

Las semillas son de forma variable, generalmente, más ó menos comprimidas y otras veces redondeadas ó esféricas; también dichas semillas son de colores muy variables (54).

2.1.4. Aspectos morfoagronómicos

Polinización y fecundación. La estructura floral impide la polinización cruzada en el frijol, la cual hace que se - considere como planta autógama. Las anteras generalmente dejan caer polen sobre los estigmas antes de que la flor abra. Una vez que los granos de polen se encuentran en el estigma, germinan desarrollando tubos polínicos, algunos de los cua-- les penetran atravez del estigma y ovarios hasta llegar a - los óvulos. Solo un tubo polínico pasa atravez del micrópilo y entra en el saco embrionario ocho ó nueve horas después de la polinización (Miranda, citado por Robles, 1979) (54).

2.1.5. Exigencias ecológicas

Precipitación. Se desarrolla bién en regiones templadas y tropicales con lluvias abundantes entre los 1000 y 1500 mm anuales en promedio. Las lluvias excesivas durante la flora-- ción pueden provocar caída de flores (Parson, 1981).

Temperatura. Por razón de origen, el frijol es notable-- mente sensible al frío, la temperatura mínima de germinación es de 10°C. Su vegetación no tiene valor si su temperatura - no es arriba de 13°C (Parson, 1981).

La temperatura afecta en gran parte la duración de la - época del crecimiento del frijol, las bajas temperaturas a-- largan la duración del ciclo vegetativo y las altas en un ambiente muy seco dificultan la fructificación (Institut National De Vulgarisation pour les Fruits.

Legumes et Champgnons, 1976).

Suelo. El frijol prospera bién en suelos fértiles de estrutura media, como el franco limoso-arcilloso; los suelos deben ser profundos y bién drenados con un pH entre 5.5 y - 6.5. Los suelos pesados son frecuentemente húmedos y fríos - por lo que causan un crecimiento lento.

Los suelos con alto contenido de materia orgánica pue--den favorecer el excesivo crecimiento vegetativo de la plan--ta en perjuicio de la producción de semilla o vainas (23).

2.2. Condiciones físicas y químicas del suelo que afectan la emergencia de las plantulas

2.2.1. Propiedades físicas

Suelo es definido como una mezcla de materia orgánica, materia minaral, agua y aire (48).

Con el buen conocimiento de las propiedades físicas y - químicas del suelo, se podra tener un criterio más amplio en cuanto a las prácticas culturales a realizar, tales como fer--tilización conservación del suelo y agua (Sánchez H. C., - 1979), (27).

2.2.1.1. Estructura

La estructura del suelo es la disposición de las partí--culas en la masa del mismo, las cuales algunas veces se cono--cen como agregados.

Los diferentes tipos de estructuras son: laminares, gra--nulares, cúbicas, en forma de escamas, columnar, etc. (27).

Existen algunas teorías en relación al proceso por el - el cual se lleva acabo la agregación, las partículas coloida--les son cuerpos electricamente cargados, las moléculas dipo--lares del agua se adhieren fácil y firmemente a ellas. Como las moléculas de agua y los núcleos coloidales llevan cargas positivas y negativas las moléculas de agua orientadas pue--den conectar partículas coloidales.

La ligadura puede incluir cationes, debido a la agregación parece ser afectada por los cationes adsorvidos.

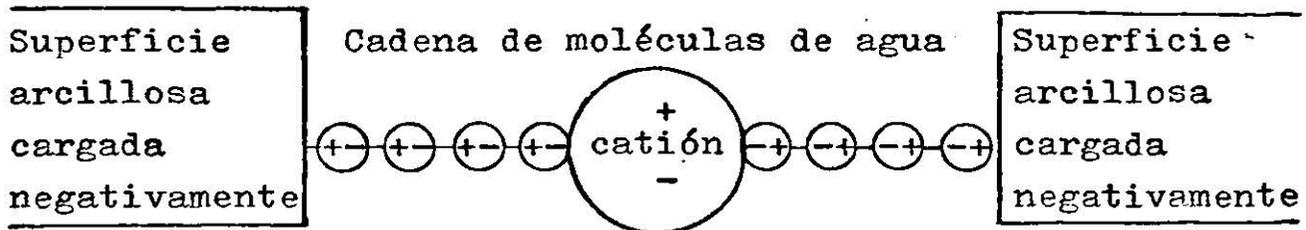


Figura 1 Presentación esquemática del mecanismo en la formación de la estructura. Al evaporarse el agua las placas cementantes se desarrolla la estructura. (Millar, 1980).

Las moléculas del agua en la figura 1, son retenidas muy firmemente y como el agua se evapora del suelo, la longitud de cada ligadura viene a ser más corta y más fuerte, así atrae a las partículas coloidales hasta juntarlas. A medida que se pierde más agua y el material coloidal se deshidrata, éste pega o sirve como material cementante formando un agregado. Así se observa, que el agua actuando con los coloides que son el agente cementante final, constituyen la fuerza principal que induce a la granulación del suelo. (48).

La estabilidad de la estructura se refiere a la resistencia que los agregados del suelo oponen a las influencias de destrucción del agua y a la manipulación mecánica (28).

El agua puede causar, de dos maneras que la agregación se deteriore:

- a) Por el efecto hidratante que causa la rotura del agregado a través de los procesos de hinchamiento y explosión del aire atrapado.
- b) El agua destruye la agregación y deteriora la estructura del suelo a través de la caída del agua de lluvia (28).

Las operaciones de labranza, especialmente las realizadas por cultivadoras, causan una continua reducción en la estabilidad de los agregados.

A menos que el nivel de materia orgánica del suelo se mantenga relativamente alto y que el manejo mecánico del suelo sea realizado en condiciones óptimas de humedad (28)

Entre los factores de la estabilidad y la inestabilidad más importantes tenemos:

a) Papel de la cohesión. La estabilidad crece con la cohesión, ésta aparece con las fuerzas de ligazón resultante de la presencia del agua en el suelo, pero resulta sobre todo del efecto de la cementación provocada por la desecación de los geles coloidales.

b) Influencia de la textura. Un suelo presenta una estructura tanto más estable cuando más rica sea su textura en elementos coloidales.

c) La influencia de la materia orgánica. La materia orgánica aumenta la estabilidad de la estructura, ejerciendo por un lado el efecto de una cementación sobre los constituyentes de los agregados y disminuyendo por otro la humectabilidad de éstos últimos. El efecto de cementación es más intenso cuando el humus se ha coagulado por los iones de calcio.

El humus es uno de los elementos del suelo cuya influencia estabilizante sobre la estructura es más intensa comportándose así por ser un coloide hidrófilo y porque los ácidos húmicos poseen un potencial de hinchamiento muy elevado.

d) Influencia del calcio. Produciendo una acción cementante eficaz, el calcio aumenta la cohesión del suelo y frena la destrucción de los agregados, modera también la dispersión de los coloides: al contacto con el agua se produce en los agregados de arcilla cálcica, una fermentación terminando con la formación de agregados más pequeños.

e) Influencia del sodio. El sodio disminuye la estabilidad estructural confiriendo a la arcilla un poder de inflación muy elevado, ejerciendo una dispersión al máximo.

f) Influencia del hierro. El hierro libre aumenta la cohesión envolviendo los agregados en capas bastante rígidas, formando de alguna manera una coraza que contiene la influencia de los coloides arcillosos, frena su destrucción y disminuye su humectabilidad.

g) Influencia de la naturaleza mineralógica de la arcilla. Se sabe que las especies mineralógicas de arcilla tienen propiedades distintas y particularmente una facultad de adsorción de agua y un poder de hinchamiento diferente. La montmorillonita, por ejemplo absorbe mucho más agua que la caolinita y formaría por lo tanto agregados más estables.

Los agentes que intervienen sobre la estabilidad de la estructura, así como las interacciones positivas se mencionan a continuación:

Arcilla + Ca

Humus + Ca

Arcilla + Humus + Ca

Arcilla + Hierro + Ca

Humus + Hierro + Ca

Arcilla + Humus + Ca

En lo referente a los cementantes se distinguen 3 grupos de materiales coloidales en los suelos como ya se dijo anteriormente y estos son los siguientes:

a) Partículas de arcilla.

b) Los coloides inorgánicos irreversibles o lentamente reversibles (óxidos de aluminio y óxidos de hierro).

c) Coloides inorgánicos.

Las fuerzas cohesivas entre partículas de arcilla orientadas son de suma importancia en la formación de agregados, la deshidratación es un requisito básico para la formación de partículas secundarias. Las fuerzas de Vander Waals y las fuerzas electrostáticas tienen un papel dominante en la interacción entre las partículas de arcilla.

Dentro de los cementantes inorgánicos, los principales son los sesquióxidos de Fe y Al que forman coloides irreversibles o muy lentamente reversibles, es irreversibilidad el factor importante en la producción de agregados estables a la acción del agua en ciertos suelos (28).

Según Baver (1973), los mecanismos por los cuales los coloides orgánicos estabilizan la estructura del suelo pueden atribuirse a la unión de los polímeros orgánicos a las superficies de arcilla mediante:

- a) Puentes catiónicos.
- b) Enlaces de hidrógeno.
- c) Fuerzas de Vander Waals.
- d) Complejos de sesquióxidos y humus.

2.2.1.1.1. Encostramiento y su proceso de formación

En muchos suelos y particularmente en los suelos de zonas áridas, como los que se tienen en el norte de México, los cuales son suelos calcáreos, arcillosos, y que además tienen poca cantidad de materia orgánica y a menudo carecen de una cubierta vegetal, tienden a formar una densa costra. Dichas costras tienen efectos en el crecimiento de la planta, éste efecto es directo, y el indirecto es en los procesos del suelo. Este efecto directo en el crecimiento de las plantas incluye la obstrucción mecánica a la emergencia de la plántula que está germinando y daños a las raíces mediante la formación de torceduras, debido a la baja permeabilidad de las costras. El efecto indirecto de la costra en el suelo, incluye una disminución en la tasa de percolación del agua, aumento en el escurrimiento y la inhibición de la actividad microbial (25, 28).

Las costras del suelo son formadas como resultado de la compactación del suelo, debido a una fuerza externa; esta fuerza es debido al choque de las gotas de lluvia y a la energía radiante del sol cuando el suelo se seca.

Cuando las gotas de lluvia caen en un suelo seco se produce una disgregación de los agregados, seguidos por la dispersión y orientación de las partículas más finas y la obstrucción de los poros al llevarse a cabo su penetración en el suelo. Formandose de ésta forma una capa compactada de una mayor densidad global. Según Mc Intyre (1959) la costra del suelo así formada consta de dos partes. La primera es una capa delgada de aproximadamente 0.1 mm de espesor que se forma en la superficie, como resultado de la acción de las gotas de lluvia.

Este fenómeno de golpeo de las gotas de lluvia causa un efecto mecánico de barrenado y un efecto de dispersión de los coloides, llamandose la costra que produce, costra de golpeo.

Se forma una segunda capa inmediatamente debajo de la superficie, las partículas dispersas que surgen del choque son arrastradas por el agua que se filtra, obstruyendo los poros y formando una capa de porosidad disminuida, reduciendo la permeabilidad unas 200 veces, comparada con la que tendría un suelo sin disturbio, en cuanto a la capa superficial, su permeabilidad es reducida 2000 veces aproximadamente. El secamiento externo y la fuerza de tensión superficial causan una interacción y reorientación de las partículas dispersas, dando lugar a una contracción del suelo. El reacomodo de las partículas en la capa inmediata a la superficie puede producirse por aflojamiento y dispersión de agregados cuando el suelo es mojado hasta saturación, como ocurre en el riego de superficie. Durante la infiltración del agua se forma una zona compactada, la cual se vuelve dura al secarse.

El efecto del encostramiento sobre la infiltración es que las costras de la superficie del suelo actúan como una barrera hidráulica ó cuello de botella impidiendo la infiltración (23 y 28).

2.2.1.2. Permeabilidad

Las características que determinan la rapidez con la cual el aire y el agua fluyen a través del suelo, describen lo que se conoce como permeabilidad. La proporción del movimiento del agua a través del suelo queda definida por el horizonte menos permeable. La labranza continua, así como la presencia de capas arcillosas naturales, determinan la permeabilidad del suelo, mientras que el desarrollo de pastos, leguminosas y árboles de raíces profundas aumentan la permeabilidad.

- | | |
|---------------|----------------------|
| a) Muy lenta | menos de 0.15 cm/hr. |
| b) Lenta | de 0.15 a 0.5 cm/hr. |
| c) Moderada | de 0.5 a 15 cm/hr. |
| d) Rápida | de 15 a 25 cm/hr. |
| e) Muy rápida | más de 25 cm/hr. |

En los suelos arcillosos mediante la formación de la costra trae como consecuencia una disminución en la permeabilidad (50).

2.2.1.3. Infiltración

La infiltración es la penetración del agua en el suelo.

Los principales factores que controlan la magnitud del movimiento del agua en la infiltración son:

a) Porcentaje de arenas, limo y arcillas en el suelo. - Las arenas gruesas favorecen el incremento de la infiltración.

b) Estructura del suelo. Suelos con grandes agregados estables en el agua tienen proporciones de infiltración más altas.

c) Cantidad de materia orgánica en el suelo. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que mayor cantidad de agua penetre al suelo.

d) Profundidad del suelo. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.

e) Cantidad de agua en el suelo. En general los suelos mojados tienen menor infiltración que los suelos secos.

f) Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos.

La magnitud de la infiltración en lámina de agua se clasifica como sigue:

a) Muy lenta	Menor de 0.25 cm/hr.
b) Lenta	0.25 a 1.75 cm/hr.
c) Media	1.75 a 2.5 cm/hr.
d) Rápida	Mayor de 2.5 cm/hr.

Los suelos con alto porcentaje de arcillas y bajo contenido de materia orgánica, que tienden a formar costra, tienen una infiltración lenta (50).

2.2.1.4 Textura

Se refiere a la porción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. Específicamente la clasificación de texturas se basa en la cantidad de partículas menores de 2 mm de tamaño.

Los suelos con alto contenido de arcilla son los que tienden a formar costras en la superficie (27).

2.2.1.5. Color

Las propiedades relacionadas con el color del suelo son: contenido de materia orgánica, condiciones de drenaje y libertad de aereación, el color es un auxiliar de la clasificación de los suelos (27).

Los suelos de la parte NE de México donde se tienen problemas de encostramiento, presentan una coloración blanca debido a la presencia de CaCO_3 que se encuentra en grandes cantidades en dicha zona.

2.2.1.6. Densidad aparente

Se define como el peso del suelo en condiciones normales de estructura y se expresa en g/ml.

El valor de la DA varia de acuerdo con la profundidad del suelo, siendo más alto el valor debido a que se cuenta con más bajos niveles de materia orgánica, una menor agregación y una mayor compactación. De lo anterior se deduce que la textura y estructura del suelo hacen variar considerablemente la densidad aparente (2).

2.2.1.7. Densidad real

Se define como la masa (peso) de unidad de volumen de partículas sólidas del suelo comunmente expresado en g/ml.

La estructura y la textura del suelo no afectan la densidad de partículas pero la materia orgánica, que pesa mucho menos de un volumen igual de sólidos minerales influirá en la densidad de partículas.

Los suelos con alto contenido de materia orgánica pueden bajar su densidad de partículas hasta 2.40 g/ml. Los suelos superficiales tienen menor densidad de partículas que los subsuelos (2).

2.2.1.8. Punto de marchitez permanente

El porcentaje de marchitamiento permanente (PMP) de un suelo, es la cantidad de humedad que se encuentra en el suelo cuando las plantas, presentan síntomas de marchitamiento permanente por primera vez, es decir, cuando sus tejidos se marchitan y ya no vuelven a su turgidez normal si no se le riega.

Veihmeyer y Hendrickson (1948) indicaron que el porcentaje de marchitamiento permanente se acepta generalmente como el limite más bajo del agua aprovechable para las plantas cuando estas se desarrollan en un suelo no salino (2).

2.2.1.9. Capacidad de campo

La CC es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de las fuerzas de la gravedad.

Conocer el valor de la CC de un suelo es de gran utilidad para estimar la cantidad de agua que está en el suelo, y que puede disponer la planta para sus necesidades.

La CC depende de la textura, estructura, porción de espacios vacíos, contenido de materia orgánica y temperatura.

Los valores varían en suelos bajo riego, siendo de 7% - (arenosos) hasta 40% (arcillosos) (2).

2.2.2. Propiedades químicas

Es bien sabido que la capacidad productiva de un suelo depende grandemente de la presencia o ausencia de las propiedades químicas, tales como: cantidad de minerales presentes y contenido de materia orgánica (2).

2.2.2.1. Conductividad eléctrica (salinidad)

Todos los suelos fértiles contienen por lo menos pequeñas cantidades de sales solubles. Cuando un suelo contiene un exceso de sales recibe el nombre de suelo salino. Los problemas de la presencia de sales en un suelo pueden clasificarse en dos clases principales:

a) La presencia natural de un exceso de sales en los suelos en ausencia de un drenaje adecuado, usualmente en regiones áridas y semiáridas. Pero también como consecuencia de la presencia de agua o sedimentos marinos, incluso en áreas húmedas o tropicales.

b) La presencia de exceso de sales en los suelos como consecuencia de la fertilización, que plantea dificultades en los suelos (2).

Mediante la incorporación de materia orgánica al suelo cuando tiene problemas de sales.

Mejora la estructura del suelo, lo cual hace que aumente la percolación, con lo cual se arrastraran las sales a capas inferiores del perfil del suelo.

2.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico

Las características del suelo cambiarán con la clase y proporciones de iones intercambiables presentes. Por ejemplo los suelos ácidos contienen apreciables cantidades de H^+ intercambiables y solubles. Los suelos calcáreos suelen estar 100% saturados de bases y contienen altas proporciones de $-Ca^+$ intercambiable y cal libre.

Los factores que influyen en la capacidad de intercambio catiónico son:

a) El tamaño de las partículas. A menor tamaño de partículas mayor poder de intercambio.

b) Temperatura. A temperaturas elevadas se observan cambios más significativos.

c) Medio externo. En la mayoría de los casos el inter--cambio catiónico se produce cuando los iones estan en solu--ción pero también puede ocurrir la adsorción en las arcillas de los cationes en suspensión. .

d) Alteraciones de las posiciones de cambio. Las distorciones producidas por la red acuosa de las sustituciones isomorficas pueden reducir la capacidad de intercambio catióni--co (50).

2.2.2.3. Reacción del suelo (pH)

El pH o actividad de los iones hidrógeno en el medio, - es unicamente una medida de ácidaez activa de los suelos. La importancia de éste valor es más bién indirecta que directa. Influye de esta manera en la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes para las plantas, en las propiedades físicas de los suelos y en la vida microbiana de los mismos (27).

2.2.2.4. Humedad del suelo

La fase líquida del suelo, está constituida por el agua y la solución del mismo. Sin agua no es posible el desarrollo de las plantas. Por otra parte, la desintegración y descomposición química no se manifiesta sino en presencia de agua líquida.

La importancia del agua en lo que se refiere a su papel como agente formador del suelo, así como en la productividad del mismo, resalta de inmediato.

El agua es uno de los componentes más variables en el suelo. Los diferentes suelos tienen distintas capacidades para la retención del agua. Si hay abundante agua en el suelo y no se drena, las raíces de las plantas pueden morir debido a la carencia de oxígeno, si muy poca agua se encuentra presente en el crecimiento de las plantas, éste se detiene y sobreviene el marchitamiento (50).

2.2.2.5. Materia orgánica

Uno de los factores que más contribuye a la fertilidad de los suelos es el contenido de materia orgánica. Esta es una fuente de nutrientes para la planta. Proporciona alimento para los microorganismos del suelo; por su parte los subproductos de la descomposición ayudan a incluir en la solución los constituyentes del suelo (59).

2.3. Aspectos generales de la materia orgánica en el suelo

2.3.1. Funciones de la materia orgánica.

a) En la fertilidad del suelo, las sustancias orgánicas tienen un papel importante en la producción de nutrientes para la planta, los cuales quedan liberados en forma disponible durante la mineralización de la materia orgánica. Por lo tanto podemos decir que la materia orgánica debe considerarse como un almacén de los nutrientes minerales.

De las plantas y como regulador de su abastecimiento para el buen desarrollo de las plantas (8,12,27,59 y 67).

b) La agregación de residuos orgánicos de fácil descomposición, produce la síntesis de sustancias orgánicas complejas que ligan las partículas del suelo en unidades estructurales llamadas agregados (8,12,50,51 y 59).

La materia orgánica, mejora la condición estructural, - tanto de los suelo arenosos como arcillosos. El bajo grado - de cohesión y plasticidad de la materia orgánica afloja a - los suelos de textura fina al compensar la alta cohesión y - plasticidad de la arcilla.

Los suelos arenosos que tienen muy poca cohesión y plasticidad son ligados por la materia orgánica (67).

Baver (1935) encontro que existe muy alta correlación - entre la materia orgánica y la agregación de los suelos que contienen menos de 25% de arcilla.

El grado en que las partículas más finas están agregadas guarda notable correlación con el porcentaje de carbono en el suelo.

Es importante notar que aún en los suelos desérticos, - pobres en agregados, la cantidad de éstos está correlacionada con las pequeñas cantidades de materia orgánica (15).

c) Mediante la formación de agregados se mantiene un estado granular suelto, abierto. De éste modo el agua está en condiciones de entrar y filtrarse hacia abajo con más facilidad através del suelo, así como también aumenta la capacidad de retención de la misma, sobre todo en suelos arenosos (8, 12,50 y 59).

Con el incremento en la captación y retención de agua - en el suelo, aumenta la disponibilidad de humedad aprovechable, para los fertilizantes químicos que se apliquen sobre - todo en áreas temporaleras (9).

d) Una adecuada estructura por medio de la incorporación de materia orgánica, permite un adecuado suministro.

De oxígeno para las raíces de las plantas, así como para los microorganismos del suelo (50 y 59).

e) La materia orgánica gruesa en la superficie reduce el impacto de las gotas de lluvia que caen y permite que el agua se filtre con suavidad en el suelo, con lo cual reduce la erosión (59).

f) Los numerosos organismos del suelo y sus clases son grandemente influenciados por los niveles de materia orgánica en el suelo. La mayoría de los organismos del suelo derivan su energía de los compuestos de carbono de la materia orgánica. El nitrógeno para la formación de proteínas y otros nutrientes también es obtenido de la materia orgánica del suelo (50).

g) Existen bases bien fundadas que evidencian que la materia orgánica contrarresta los efectos nocivos del sodio intercambiable en los suelos (56).

h) Las cubiertas de residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan, el suelo más caliente en invierno, esta característica es muy importante a tomar en cuenta cuando se quiere adelantar o retrasar fechas de siembra, con lo cual evadiríamos peligros de plagas, altas ó bajas temperaturas, etc.

i) Entre otras funciones de la materia orgánica podemos citar: reduce el pH, disminuye la erosión, al igual que las pérdidas del agua por evaporación en el suelo, etc.

2.3.2. Componentes de la materia orgánica

La materia orgánica del suelo proviene de los restos de plantas y animales. Esto incluye hierbas, árboles, bacterias, hongos, protozoos, lombrices y abonos animales (59).

Los constituyentes primarios de la materia orgánica del suelo son los mismos tejidos vegetales que se formaron a partir de la fotosíntesis y de las sustancias inorgánicas simples (46).

En cuanto a elementos específicos, la fracción orgánica contiene compuestos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre y pequeñas cantidades de otros elementos (3).

2.3.3. Composición de los tejidos de plantas superiores

Alrededor del 75% o aún más del tejido verde de las plantas superiores es agua. La materia seca está formada de C, O, H, N y elementos minerales. Aunque el 90% de la materia seca es C, O e H, los otros elementos juegan un papel importante en la nutrición vegetal.

Los compuestos existentes en los tejidos vegetales son muchos y variados.

La composición general media en los tejidos de plantas secas, se ha estimado por Waskman (50), como sigue:

Hidratos de C	[Azúcares y almidones	1 - 5%
		Hemicelulosas	10 - 28%
		Celulosas	20 - 50%
Grasas, ceras y taninos, etc.			1 - 8%
Ligninas			10 - 30%
Proteínas sencillas hidrosolubles y típicas			1 - 15%

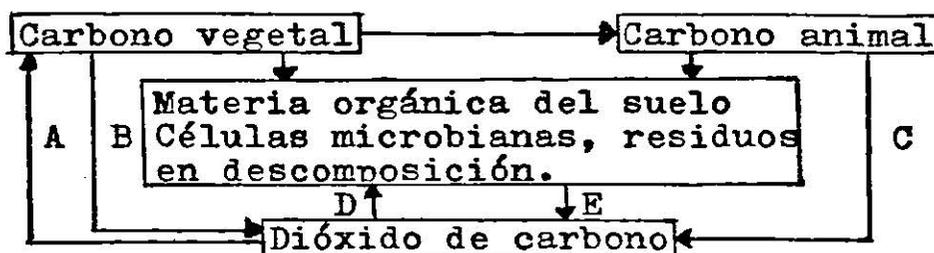
2.3.4. Ciclo del carbono

El elemento más importante en el reino biológico que sirve como piedra angular de la estructura celular es el carbono. Aún cuando la fuente principal de C, el CO_2 existe en cantidades pequeñas (sólo el 0.03% de la atmósfera terrestre), los tejidos vegetales y las células microbianas contienen grandes cantidades de C (aproximadamente del 40 al 50% de su peso seco). El CO_2 es convertido a C orgánico principalmente por acción de organismos fotoautótrofos (plantas verdes superiores y algas acuáticas). Estos fotoautótrofos suministran los nutrientes necesarios para los animales heterótrofos y organismos microscópicos que no tienen clorofila.

Los organismos fotosintéticos fijan constantemente el C formando compuestos orgánicos con ayuda de la luz solar y una vez que el elemento se ha fijado, no puede utilizarse para generar nuevas plantas. Para que los organismos superiores sigan proliferando es necesario que materiales carbonados sean descompuestos y regresados a la atmósfera; lo cual es realizado por los microorganismos.

En sus formas más simples, el ciclo del carbono gira en torno al CO_2 , su fijación y su regeneración. Las plantas verdes utilizan éste gas como única fuente de carbono y la materia orgánica sintetizada de ésta manera sirve para abastecer al mundo animal de carbono orgánico preformado.

El metabolismo microbiano ocupa el papel principal en la secuencia cíclica después de la muerte de la planta ó animales. Los tejidos muertos son descompuestos y transformados en células microbianas y en un amplio conjunto heterógeno de compuestos carbonados, que se conocen como humus ó fracción orgánica del suelo. El ciclo se completa y el C se hace disponible nuevamente, con la descomposición final y la producción de CO_2 a partir del humus y tejidos en descomposición (3).



- A = Fotosíntesis.
- B = Respiración vegetal.
- C = Respiración animal.
- D = Microorganismos autótrofos.
- E = Respiración microbiana.

Figura 2 Ciclo del carbono (Alexander, 1980)

2.3.5. Microbiología

2.3.5.1. Clasificación de los microorganismos que intervienen en la descomposición de la materia orgánica

a) Bacterias. Las bacterias son las formas más simples de la vida vegetal. Son organismos unicelulares y poseen, en general, forma redondeada, de varilla o de espiral. Este grupo es muy importante, ya que incluye los organismos que fijan el nitrógeno y los que transforman el nitrógeno amoniacal en nitrógeno nitrito. Existen dos clases de organismos que pueden fijar nitrógeno. Una es la bacteria simbiótica que fija el nitrógeno sobre los nódulos de las raíces de las leguminosas. El otro grupo posee vida libre y fija nitrógeno. La bacteria de vida aislada no simbiótica absorbe el nitrógeno del aire y la energía de la descomposición de los tejidos de las plantas. Las bacterias simbióticas toman nitrógeno del aire y la energía la absorben de las leguminosas en la que está hospedada.

Las bacterias se dividen en dos grupos llamadas anaerobias y aerobias. Las bacterias aerobias absorben el oxígeno del aire. Las anaerobias no requieren (y a algunas les perjudica) la presencia del oxígeno gaseoso.

Los organismos heterótrofos absorben su energía de la oxidación de los materiales orgánicos, mientras que los autótrofos la absorben de otras fuentes. Los organismos nitrificantes, que oxidan el amoniaco a nitritos y éstos a nitratos son autótrofos.

Las bacterias poseen, generalmente, unas exigencias de calcio elevadas, y desarrollan mejor en suelos neutros ó alcalinos, si es rico en calcio. Las bacterias no se desarrollan en condiciones fuertemente ácidas.

b) Actinomicetales. Los actinomicetos son los intermedios entre las bacterias y los hongos. Son organismos unicelulares, pero con una forma superior de vida. En general poseen forma de filamentos, pudiendo ramificarse.

c) Hongos. Son de tamaño muy variable, van desde la microscópica hasta el tamaño de las setas. Crecen mejor en un suelo ácido, ya que soportan una deficiencia de calcio y toleran la acidez. Esto no significa que se desarrollen con preferencia en un suelo ácido. Igual ocurre con casi todos los demás microorganismos. Aunque su número es mucho menor contribuyen en mayor peso a la materia orgánica del suelo, debido a su mayor tamaño (61).

2.3.5.2. Requerimientos nutricionales

Los organismos del suelo tienen en general, las mismas necesidades de elementos nutricionales que las formas superiores de vida. Para su crecimiento y desarrollo, todos ellos requieren suministro de energía además de algunos elementos esenciales incluyendo carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio y azufre. Con excepción de las algas, todos los microorganismos importantes del suelo están desprovistos de clorofila y deben obtener su energía de la oxidación de sustancias inorgánicas simples, como lo hacen las bacterias autotróficas; o de sustancias inorgánicas complejas como lo verifica la mayor parte de las bacterias (organismos heterotróficos), todos los hongos y todos los actinomicetos. De ésta manera, para la gran mayoría de los organismos, la materia orgánica del suelo es la fuente de energía y nutrientes (48).

2.3.5.3. Crecimiento de las poblaciones microbianas

Durante las etapas iniciales de la descomposición de los materiales orgánicos recientes hay un rápido aumento en el número de organismos heterótrofos, acompañado por la evolución de grandes cantidades de dióxido de carbono. Si la relación C:N del material reciente es amplia, habrá una inmovilización neta del nitrógeno.

Cuando se produce la disminución, la relación C:N se hace más pequeña y el suministro de energía (carbono) disminuye. Una proporción de la población microbiana muere a causa del decrecimiento del alimento disponible, y se alcanza - por último un nuevo equilibrio. El resultado es que el nivel final de ésta forma de nitrógeno en el suelo puede ser mayor que el nivel original (63).

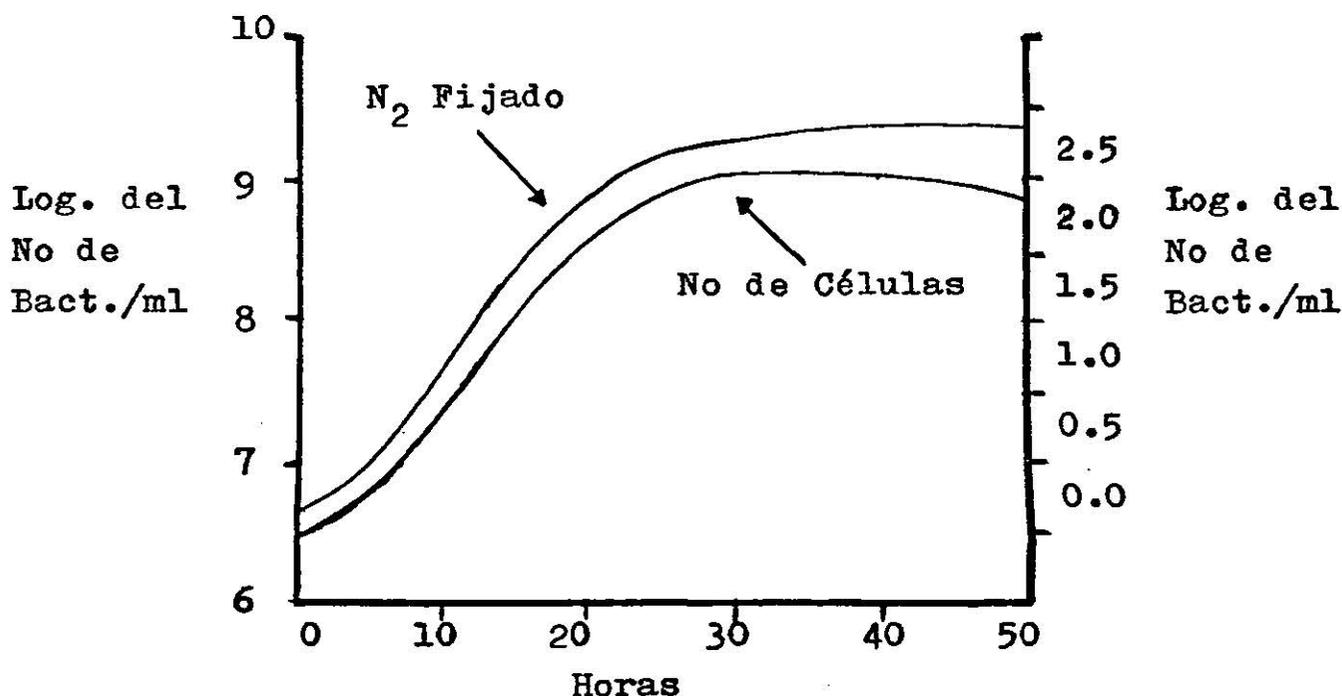


Figura 3 Crecimiento y fijación del N_2 por *Azotobacter* sp. en un medio de cultivo (Alexander, 1980).

2.3.6. Descomposición de la materia orgánica del suelo

2.3.6.1. Proceso de descomposición.

Cuando los restos de plantas y animales caen al suelo - o se incorporan a él, son sujetos de descomposición; formándose de los residuos una variedad de productos. Conforme el material original y los productos iniciales continúan su descomposición, van convirtiéndose en compuestos orgánicos de color café o negro y en ese momento no queda ningún vestigio del material original.

La fracción orgánica nativa se origina de dos fuentes: los restos vegetales originales que entran en el suelo y los microorganismos del suelo. Estos últimos actúan sobre los -- primeros y sintetizan protoplasma microbiano y nuevos compuestos que llegan a formar parte de la fracción orgánica.

El humus existe en un estado dinámico: continuamente es degradado y reconstituído por los habitantes subterráneos a partir de los residuos de la vegetación del terreno. La descomposición provoca la pérdida de algunos compuestos carbonados y, al mismo tiempo, se origina un nuevo tejido microbiano (3).

El nitrógeno es necesario en alguna forma para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos heterótrofos del terreno. Si el material orgánico que se descompone tienen una cantidad de nitrógeno pequeña en relación al carbono presente, los microorganismos utilizan algún NH_4^+ ó NO_3^- presentes en el terreno ulteriores a la descomposición. Este nitrógeno es necesario para permitir el rápido crecimiento de la población microbiana que acompaña a la adición al terreno de una proporción de material carbonado.

Si por otra parte, el material añadido contiene mucho nitrógeno en proporción al carbono presente, no habrá normalmente descenso en el nivel del nitrógeno mineral del suelo.

La proporción del porcentaje de carbono respecto al nitrógeno se denomina relación carbono-nitrógeno, ó simplemente relación C:N, lo que define las cantidades relativas de estos elementos en los materiales orgánicos recientes ó humus. La relación C:N de la materia orgánica estable del suelo es de aproximadamente 10:1.

Como regla general cuando la relación es mayor de 30 -- hay una inmovilización del nitrógeno al inicio de la descomposición. Para relaciones entre 20 y 30, puede que no haya ni inmovilización, ni liberación de nitrógeno mineral.

Cuando la relación es de menos de 20, hay generalmente una liberación de nitrógeno mineral al principio del proceso (63).

2.3.6.2. Composición del humus

De acuerdo con la revisión hecha por Felbeck, se encuentra que la caracterización química da los siguientes porcentajes:

Aminoácidos	10%
Hexosaminas	3%
Compuestos aromáticos	
policíclicos	10%
Grupos funcionales	26%
Compuestos alifáticos	4%
Aromáticos de un solo anillo	<u>2%</u>
Total	55%

O sea que, se conoce aproximadamente, la mitad de la composición de la molécula húmica (50)

2.3.6.3. Influencia del medio ambiente sobre la descomposición de la materia orgánica

En un suelo no trabajado (no cultivado) el contenido de humus tiende a alcanzar un nivel que es determinado por la textura del terreno, la topografía, y las condiciones climáticas. Como norma, el nivel de humus es más alto en climas fríos que en cálidos. Además para un nivel dado de temperatura media anual y tipo de vegetación, el contenido en el terreno de material orgánico estable, aumenta con un ascenso en la precipitación efectiva. En general, el contenido en humus es mayor en los terrenos de textura fina que en los de textura gruesa. El contenido en materia orgánica es mayor en los prados que en los bosques cubiertos. Todo lo anterior se cumple en terrenos con buen drenaje. En condiciones de deficiencia de drenaje ó encharcamiento.

La descomposición aeróbica viene impedida, y los residuos orgánicos alcanzan niveles altos de acuerdo con la temperatura ó la textura del suelo (63).

2.3.6.4. Cambios durante la descomposición de la materia orgánica

Cuando los sustratos carbonados se incorporan al suelo hay una caída inmediata y marcada en el CO_2 y un incremento en el CO_2 del aire y del suelo; al mismo tiempo, el potencial de óxido-reducción es cambiado a otra condición más reducida.

En tejidos suculentos, el grueso de la materia orgánica pérdida durante la descomposición se deriva de los constituyentes celulósicos, hemicelulósicos y de los solubles en agua.

Por el contrario, la mayor parte del peso perdido en materiales leñosos es resultado de la desaparición de celulosa.

El metabolismo de los componentes fácilmente degradables va acompañado de un cambio cualitativo de la fracción restante, ésta experimentará cambios debido a las células microbianas formadas recientemente (56).

2.3.7. Mineralización del carbono

2.3.7.1. Descripción del proceso y flora microbiana

La mineralización es un término usado para designar la conversión de compuestos orgánicos de un elemento al estado inorgánico.

Una porción importante de la materia orgánica es mineralizada cada año, pero la cantidad que se pierde es compensada por el retorno de materia orgánica proveniente de la vegetación. Como regla general, la cantidad de carbono ó del CO_2 pérdida através de la acción heterotrófica es casi igual a la introducida al suelo por raíces.

Capas de hojas y otros restos vegetales, aunque algunos años las pérdidas pueden ser mayor o menor que la cantidad reincorporada.

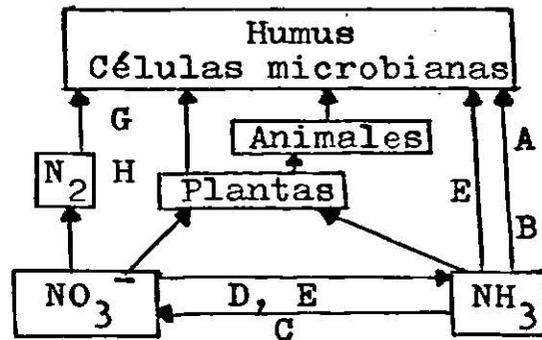
Los principales productos de la mineralización aeróbica del carbono son CO_2 , agua, células y componentes del humus. La cantidad, tipo y disponibilidad de materia orgánica, determinará el tamaño y descomposición de la comunidad heterotrófica que contendrá el suelo. La naturaleza de la flora variará con la composición química de los sustratos agregados (3).

2.4. Actividades de los organismos del suelo relacionadas con los productos finales de la descomposición de la materia orgánica

2.4.1. Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno sufre un número de transformaciones que involucran a compuestos orgánicos, inorgánicos y volátiles. Estas transformaciones ocurren simultáneamente pero a menudo los pasos individuales efectúan objetivos opuestos. Las reacciones pueden verse en términos de un ciclo en el cual el elemento es manejado a discreción por la microflora. Una pequeña parte del gran reservorio de N_2 en la atmósfera es convertido en compuestos orgánicos por algunos microorganismos de vida libre o por asociación planta-microorganismo que toma el elemento directamente aprovechable por la planta. El nitrógeno presente en las proteínas ó ácidos nucleicos de los tejidos vegetales es usado por los animales. En el cuerpo animal el nitrógeno se convierte a otros compuestos simples y complejos. Cuando los animales y las plantas son sujetos a la degradación microbiológica, el nitrógeno orgánico es liberado como amonio que a su vez es utilizado por la vegetación ó es oxidado a nitrato. Este último ión puede perderse por lixiviación, servir como nutriente vegetal ó puede ser reducido alternativamente a amonio a N_2 gaseoso.

Que escapa a la atmósfera, completando así su ciclo(3).



A = Amonificación.

B = Mineralización.

C = Nitrificación.

D = Reducción de nitrato.

E = Inmovilización.

F = Desnitrificación.

G = Fijación de N_2 no simbiótica.

H = Fijación de N_2 simbiótica.

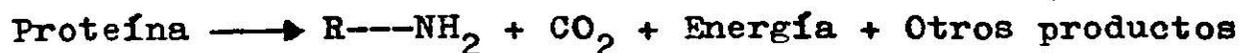
Figura 4 Ciclo del nitrógeno (Alexander, 1980).

2.4.2. Mineralización del N

La mineralización de los compuestos nitrógenados orgánicos se produce etapa por etapa en tres reacciones esenciales que son: aminización, amonificación y nitrificación.

2.4.2.1. Proceso

Los productos finales resultantes de las actividades de un grupo, proporcionan el sustrato para el siguiente, y de éste modo va descendiendo la línea hasta que el material está descompuesto. Una de las etapas finales en la descomposición hidrolítica de las proteínas, y la liberación de aminos y de aminoácidos. Esta etapa es denominada aminización. Se presenta esquemáticamente como sigue:



Durante la amonificación, las aminas y los aminoácidos así liberados son utilizados ulteriormente por otro grupo de organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales, y se representa como sigue:



El amoniaco así liberado sufre destinos diversos en el suelo:

a) Puede ser convertido a nitritos y nitratos por el proceso de nitrificación.

b) Puede ser absorbido directamente por las plantas superiores.

c) Puede ser utilizado por los organismos heterótrofos en ulteriores descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.

d) Puede ser fijado en una forma no utilizable biológicamente en los tramados de ciertos tipos de arcillas minerales en expansión (63).

2.4.2.2. Flora

Tanto la aminización como la amonificación, se efectúan através de microorganismos heterótrofos, los cuales se componen de numerosos grupos de bacterias y hongos, los cuales requieren como fuente de energía compuestos carbonados orgánicos (63).

2.4.2.3. Influencia del medio ambiente

La mineralización e inmovilización del nitrógeno del suelo y la velocidad de recambio de los materiales orgánicos son afectados por organismos heterótrofos del suelo. Sus requerimientos energéticos se satisfacen por la oxidación del material carbonaceo del terreno. Esta descomposición aumenta con la apertura.

Se mejora además por una adecuada, pero no excesiva humedad del suelo, y por un buen suministro de oxígeno. La respiración aeróbica, y en una menor extensión la anaeróbica, libera el nitrógeno contenido en forma de NH_4^+ (63).

2.4.3. Inmovilización del nitrógeno

La desaparición de nitrógeno que sigue a la adición de residuos, deficientes en nitrógeno, proceso conocido como inmovilización del nitrógeno, da como resultado una marcada disminución en la asimilación de nitrógeno por la planta y una disminución en la producción.

La inmovilización es el resultado de la asimilación microbiana de nutrientes inorgánicos. El consumo microbiano de iones aprovechables tiene importancia agronómica sólo para los macronutrientes de la planta, de los cuales el nitrógeno es el más importante. En el caso del nitrógeno, la inmovilización es una consecuencia de la incorporación de amonio y nitrato a proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos orgánicos contenidos dentro de las células microbianas. Así, la inmovilización es el inverso de la mineralización; ésta última regresa los elementos nutritivos de plantas y microorganismos al estado inorgánico mientras que la primera combina los iones inorgánicos a compuestos orgánicos.

Siempre que ocurre la mineralización, la inmovilización va en oposición a ella.

Las sales de amonio son las fuentes de nitrógeno que se asimilan con mayor facilidad por la mayoría de las bacterias, actinomicetos y hongos. Sin embargo, en el suelo, el amonio que está en el suelo químicamente fijo o que no es extraíble, no puede utilizarse y solamente el catión extraíble es usado ampliamente.

2.4.4. Nitrificación

2.4.4.1. Proceso

La terminación de las reacciones relacionadas con la mineralización del nitrógeno orgánico ocurre cuando se forma, el amonio, el estado más reducido del nitrógeno inorgánico, el cual sirve como punto de partida en el proceso conocido - con el nombre de nitrificación, el cual es un proceso en dos etapas en el cual el amoniaco es convertido primero a nitrito (NO_2^-) y luego éste a nitrato (NO_3^-) (3 y 63).

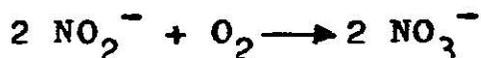
2.4.4.2. Bacterias nitrificantes

Se distinguen dos grupos: uno que deriva su energía para la síntesis celular de la oxidación del amonio y el otro de la oxidación del nitrato.

La conversión a nitrito se realiza especialmente por un grupo de bacterias autótrofas obligadas conocidas como nitrosomonas mediante una reacción que puede representarse por la siguiente ecuación:



La conversión de nitrito a nitrato se efectúa sobre todo por un segundo grupo de bacterias autótrofas obligadas de nominadas nitrobacter. La ecuación que representa ésta reacción puede escribirse como sigue:



(3 y 63).

2.4.4.3. Influencia del medio ambiente

La acidez es la principal influencia ecológica. En ambientes ácidos, la nitrificación se lleva acabo lentamente. Típicamente la tasa desciende marcadamente por debajo de un pH de 6.0. La acidez no sólo afecta la transformación misma sino también el número microbiano; los suelos neutros ó alcalinos tienen las mayores poblaciones.

Frecuentemente, la falta de nitrificación es por consecuencia de la acidez, siendo fácilmente corregida ésta condición por el encalamiento.

El oxígeno es un requerimiento obligatorio para todas las especies relacionadas, siendo esencial una aireación adecuada. Donde el suministro de CO_2 es inadecuado para los microorganismos habrá poca oxidación de amonio, cesando la reacción en ausencia total de O_2 .

Ya que la humedad afecta el régimen de aireación del suelo, el status de agua del hábitat microbiano tiene una marcada influencia en la producción de nitrato. El nivel óptimo de humedad varía considerablemente en suelos diferentes, pero el nitrato aparece generalmente rápido de 1/2 a 2/3 de la capacidad de retención de humedad.

La interacción de la humedad, temperatura, cultivos y nutrientes inorgánicos contribuye ampliamente al efecto estacional. En zonas templadas la formación del nitrato es generalmente más rápida en primavera y en otoño y más lenta en los meses de verano e invierno.

La nitrificación se ve marcadamente afectada por la temperatura y muchas investigaciones ha confirmado el hecho de que por debajo de los 5°C y por encima de los 40°C la tasa es muy lenta.

La fijación o fuerte retención del amonio por la fracción arcillosa tiene gran influencia en su disponibilidad microbiológica, y la tenacidad de la adsorción y la velocidad de liberación afectan directamente el metabolismo del amonio (3).

2.4.5. Desnitrificación

La secuencia de etapas que dan como resultado la pérdida gaseosa de nitrógeno se conoce como desnitrificación: La reducción microbiana de nitrato y nitrito con la liberación de nitrógeno molecular y óxido nitroso (3).

2.4.5.1. Pérdidas de nitrógeno en el suelo

Cuando se agregan al suelo nitrato y un carbohidrato fácilmente aprovechable se liberan N_2 , óxido nitroso (N_2O) y con frecuencia NO (óxido nítrico) de la reducción del nitrato aplicado. Estos productos son volátiles y se pierden hacia la atmósfera, pero si el suelo y la fase gaseosa superficial se encierran de tal manera que los metabolitos volátiles aún estén disponibles para la comunidad, los óxidos se reducen hasta N_2 .

Con frecuencia sólo de la mitad a tres cuartas partes del nitrógeno inorgánico aplicado en fertilizantes o formado a partir del humus se recupera en la cosecha. Gran parte del elemento es eliminado por lixiviación, pero una porción apreciable por completo del sistema. Presumiblemente la fracción no encontrada se pierde por volatilización.

El mecanismo específico por medio del cual ocurre la volatilización no siempre se establece con facilidad, pero son posibles tres reacciones: a) pérdida no biológica de amoníaco; b) descomposición química de nitrato, y c) desnitrificación microbiana que permite la liberación de N_2 , N_2O y algunas veces NO .

El mecanismo principal de volatilización de nitrógeno y probablemente el mecanismo más común por el cual se libera N_2 y óxido de nitrógeno es la desnitrificación microbiana (3).

2.4.5.2. Microbiología

La capacidad de realizar una verdadera desnitrificación está limitada a algunas bacterias, las especies activas se encuentran restringidas a los géneros Pseudomonas, Bacillus, Paracoccus aunque Thiobacillus denitrificans y, ocasionalmente especies de Chromobacterium, Corynebacterium, Hyphomicrobium ó Serratia, catalizan la reacción.

Las bacterias desnitrificantes son aerobias, pero el nitrato se usa como aceptor de electrones en ausencia de O_2 . De éste modo, las especies activas crecen aerobicamente sin nitrato o anaerobicamente en presencia de éste; hay muy poco desarrollo en ambientes desprovistos tanto de O_2 como de nitrato.

Varios quimioautótrofos son capaces de reducir el nitrato a nitrógeno molecular. Paracoccus denitrificans, un autótrofo facultativo, se desarrolla aerobica ó anaerobicamente ya sea con H_2 ó con compuestos orgánicos como fuente de energía u con O_2 ó nitrato como aceptor de electrones.

Existen tres reacciones microbiológicas del nitrato: - a) una completa reducción a amonio con una aparición transitoria de nitrito; b) una reducción incompleta y una acumulación de nitrito en el medio, y c) una reducción a nitrito seguida por la liberación de compuestos gaseosos, es decir una desnitrificación. Prescindiendo de sus otras características fisiológicas, los microorganismos que utilizan el nitrato como fuente de nitrógeno realizan la reacción a) (3).

2.4.5.3. Influencia del medio ambiente

La tasa de desnitrificación es bastante más lenta en - suelos con bajo contenido de carbono que en terrenos ricos - en materia orgánica. En los suelo del primer tipo y en menor grado, en los del segundo tipo, la volátilización de nitrógeno es aumentada, agregando materiales carbonados. La efectividad de los nutrientes orgánicos para favorecer la desnitrificación en suelos inundados es proporcional a su disponibilidad.

En contraste con las tendencias de hábitats inundados, la adición de sustancias orgánicas en suelos bien drenados - disminuye la pérdida de nitrógeno; esta conservación resulta de la inmovilización del nitrógeno inorgánico.

La disponibilidad de oxígeno es otro de los determinantes ambientales críticos. La aereación afecta la transformación de dos maneras aparentemente contrastantes: por un lado, la desnitrificación se realiza solamente cuando el suministro de O_2 es insuficiente para satisfacer la demanda microbiana; al mismo tiempo, el O_2 es necesario para la formación de nitrito y nitrato, los cuales son esenciales para la desnitrificación.

En suelos bien drenados, la volatilización del nitrógeno está relacionada con el contenido de humedad. La desnitrificación del nitrato agregado es considerable cuando los niveles de agua son elevados y en localidades que tienen un drenaje inadecuado. Por lo general no hay pérdidas a niveles de humedad inferiores al 60% de la capacidad de retención de agua, sin considerar el abastecimiento de carbohidratos, la concentración de nitrato o el pH. Por encima de éste, la tasa y la magnitud de la desnitrificación se encuentran directamente correlacionados con el régimen de humedad.

También es importante para la microflora activa el pH del medio ambiente. Muchas de las bacterias que realizan la desnitrificación son sensibles a concentraciones elevadas del ión hidrógeno, por lo que varios suelos ácidos contienen una población desnitrificante escasa.

La acidez determina no sólo la tasa de desnitrificación sino también la abundancia relativa de los diferentes gases. La liberación de N_2O es bastante acentuada en ambientes cuyo pH es menor de 6.0 - 6.5 y con frecuencia el N_2O constituye más de la mitad de los gases nitrogenados que se liberan en hábitats ácidos. Similarmente, el NO sólo aparece en cantidades importantes cuando el pH es bajo. Cuando la reacción es neutra ó ligeramente ácida, puede ser el primer gas detectable el N_2O , pero es reducido microbiológicamente de modo que el N_2 tiende a ser el producto predominante a pH superiores a 6.0.

Las diferencias en la composición de gases en relación con el pH pueden ser resultado de la sensibilidad hacia la acidez del sistema enzimático involucrado en la reducción de N_2O .

La desnitrificación es afectada notablemente por la temperatura; la transformación se realiza lentamente a $2^{\circ}C$, pero incrementando la temperatura, aumenta la tasa de la pérdida biológica. El óptimo para la reacción es a $25^{\circ}C$ y aún más la transformación es rápida a temperaturas elevadas y se realizará entre 60 y $65^{\circ}C$, pero no a $70^{\circ}C$.

2.4.6. Oxidación del azufre

Ciertas bacterias del suelo autotróficas (como T. denitrificans) tienen la habilidad de oxidar los compuestos de azufre orgánico, sulfuros y S a H_2SO_3 y H_2SO_4 . Los contenidos básicos altos de azufre favorecen la sulfoficación y pueden de ésta forma acelerar el descenso del pH, lo cual es muy importante sobre todo en suelos alcalinos, ya que puede solubilizar los micronutrientes, los cuales pueden ser aprovechados por las plantas superiores (28,50 y 59).

2.4.7. Oxidación del fierro y manganeso

Otro grupo de bacterias quimioautótrofas obtienen energía de la oxidación de compuestos de Fe y Mn. Los compuestos oxidados que se forman son insolubles, es decir, no pueden ser aprovechados por las plantas superiores, por lo que ésta reacción no es beneficiosa para la agricultura (50).

2.5. Conservación de la materia orgánica del suelo

2.5.1. Uso de abonos verdes

En la utilización de plantas como abono verde se prefieren las leguminosas y dentro de estas a los trevoles y la veza, ya que al incorporarla al suelo.

No solo se devuelven los nutrientes al suelo, sino que también se agrega al suelo, el nitrógeno fijado de la atmósfera por las bacterias simbióticas de los nodulos de las raíces.

Con el uso de abonos verdes es necesario una rotación de cultivos, de los cuales uno es las leguminosas a incorporar, lo cual hace que se "desperdicie" un ciclo en el cultivo. Esta desventaja hace que los agricultores prefieran en muchas ocasiones, incorporar materia orgánica al suelo utilizando otras fuentes (50 y 59).

2.5.2. Uso de aguas negras

Las aguas negras, las cuales son un subproducto de las grandes ciudades, se pueden utilizar en las áreas agrícolas cercanas a dichas ciudades, debido a que contienen grandes cantidades de elementos nutritivos para las plantas. En ocasiones, las aguas negras son tratadas obteniéndose dos componentes: a) una porción sólida llamada cienas y b) la porción líquida.

El uso de aguas negras implica peligros serios en la contaminación de los cultivos, del suelo, así como la propagación de enfermedades dañinas al hombre y al ganado (59).

2.5.3. Uso de estiércoles

El estiércol es un subproducto de la ganadería que ha venido cobrando importancia en México en las últimas décadas, dado el incremento del ganado lechero y de engorda en estabulación, así como por el incremento de las explotaciones avícolas productoras de huevo.

Sin embargo, a pesar del potencial del estiércol para mejorar sustancialmente la calidad del suelo, los estudios que se han realizado acerca del mismo, en nuestro país han sido limitados, tanto en tecnología como en la aplicación (5).

El estiércol tiene gran importancia económica para los agricultores y ganaderos. Su costo final, incluida su aplicación, es muy inferior al de los fertilizantes comerciales. - Incluso si su costo fuera igual, el estiércol reviste más importancia pues contiene algo que les falta a los fertilizantes químicos; la materia orgánica (14).

2.6. El estiércol como aportador de materia orgánica al suelo

Un componente importante del humus es el estiércol, producto de la digestión de los animales. Una pequeña parte de los alimentos que estos consumen es asimilada y aprovechada por su organismo; el resto, lleno de elementos nutritivos se elimina en el estiércol (14).

El valor del humus depende del estado de fermentación a que ha llegado el estiércol. En el caso de un estiércol bien descompuesto, 1.000 Kg de estiércol corresponden a 100 Kg de humus y, según su contenido de paja, puede tener sólo de 40 a 80 Kg (30).

Tisdale y Nelson citados por Matheu, afirman que una aplicación de 10 Tn/acre de estiércol aportaría de 2 a 5 Tn de materia orgánica debido a que contiene de 50 a 80% de agua (37).

2.6.1. Cuidado y conservación del abono

De ordinario los excrementos y la cama se recogen cada mañana y se colocan en montones, en espacios abiertos. El montón de abono permanece expuesto a la lluvia y al sol y tiene lugar una pérdida considerable de nutrientes (59).

El método más práctico y posible de almacenar el estiércol consiste en tratarlo de la misma manera que se conserva el ensilado. El estiércol debe conservarse en condiciones anaerobias evitando que se seque, para reducir las pérdidas de nitrógeno.

Si el estiércol se conserva bajo un cobertizo y se protege de las pérdidas por lixiviación, la única pérdida que se produce proviene de la descomposición de la materia orgánica y de la volatilización del nitrógeno. En cambio, si el estiércol está expuesto a pérdidas por lixiviación, la mayor parte del potasio puede perderse, así como el fósforo y parte del nitrógeno. Este elemento puede perderse por lixiviación y por volatilización. Mientras que el potasio y el fósforo sólo se pierden por lixiviación.

Un cobertizo, bien protegido se considera como la mejor solución para almacenar el estiércol que se ha acumulado. La cubierta superior le protege de la lluvia, y si se coloca una cama para el ganado, se consigue evitar, las pérdidas de excremento líquido, consiguiéndose al mismo tiempo que el estiércol esté siempre húmedo (61).

Para reforzar el abono se utiliza superfosfato por tres razones: a) para reducir las pérdidas de nitrógeno como amoníaco, b) para aumentar el porcentaje de fósforo en el abono, a fin de convertirlo en un fertilizante mejor equilibrado, y c) para aumentar la eficiencia de la utilización del fósforo en suelos que tienden a absorber el fósforo (59).

La maduración o formación del estiércol es un proceso de formación de humus. Un estiércol viejo está constituido en su mayor parte por lignina y tejido microbiano.

El estiércol ya formado da lugar a los siguientes cambios:

a) Una disminución en la materia orgánica y en el N, pero un aumento en el porcentaje de nitrógeno.

b) Una disminución en la relación C:N, la cual supone la inmediata mineralización del nitrógeno al incorporar el estiércol al suelo.

c) Un aumento en los porcentajes de los constituyentes minerales.

d) Un aumento en el porcentaje del fósforo inorgánico, dentro del total del P.

e) Un aumento en el porcentaje de lignina y una disminución en el de la celulosa y el de la hemicelulosa. Es decir, el estiércol ya formado tiene baja actividad microbiana al incorporarse al suelo.

f) Una mejora en las condiciones mecánicas del estiércol (61).

2.6.2. Composición del abono

El abono de corral incluye la excreta sólida y la líquida del ganado, mezcladas en general, con una cantidad pequeña de cama como paja que se ha utilizado para el lecho de los animales. Los nutrientes de la planta; el nitrógeno, el fósforo y el potasio de las excretas de diversos animales provienen del pienso ingerido por ellos.

La composición del abono depende de varios factores; los más importantes son: a) clase de animal, b) alimentación del animal, c) edad del animal, d) forma de almacenaje y e) naturaleza de la cama utilizada. Mas o menos, el 60% del nitrógeno es aportado por la porción sólida (excremento y paja) y el otro 40% proviene de la porción líquida. En contraste, casi todo el fósforo (99%) es aportado por la porción sólida. El 60% del potasio es aportado por la porción líquida y el 40% proviene de la porción sólida (59).

Es interesante hacer notar que el agua es uno de los constituyentes más variables del estiércol. El estiércol de aves de corral y de ovejas, tomando como base una tonelada, contiene cantidades mucho mayores de nutrientes para las plantas que cualquier otro de los estiércoles, aunque estos dos tipos de estiércol contienen mucho menos agua (48).

Cuadro 1 Análisis químico de estiércol de diferentes especies de muestras procedentes de diferentes parte de la Republica Mexicana

Especie	N			P			K		
	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
Bovino	0.91	2.20	1.66	0.51	2.08	1.20	0.52	3.29	2.45
Caprino	1.45	3.90	2.25	0.33	1.11	0.70	1.66	2.58	2.11
Ovino	1.30	2.37	1.88	0.69	1.82	1.06	1.02	4.02	2.88
Equino	1.08	2.12	1.54	0.51	1.68	0.94	1.02	3.23	2.23
Porcino	0.79	4.25	2.34	0.97	4.25	2.37	0.72	2.98	2.02
Aves	1.38	3.98	2.91	0.73	6.05	2.63	0.79	3.65	2.69

2.6.3. Disponibilidad del abono

De acuerdo con el inventario ganadero del país, realizado en 1970 por Guanos y Fertilizantes de México, se estima que el ganado estabulado y semiestabulado, es posible controlar la producción de 49 millones de toneladas de estiércol anuales (62).

Cuadro 2 Inventario de abonos orgánicos en México

Estiércoles	Millones de	Estiércol fresco en
Especie	cabezas	millones de Tn/año
Bovino	26	36.5
Equino	11	4.8
Porcino	10	3.3
Caprino	9	1.8
Aves	122	1.7
Ovino	5	1.0
Total		49.1

En la zona norte de México sobre todo en los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas, etc.

Se encuentra gran cantidad de ganado caprino, lo cual - hace que no se le dificulte al agricultor obtener estiércol de cabra en dicha zona.

2.6.4. Efecto residual del estiércol

De acuerdo con Baeyens (1970) citado por Villarroel, el estiércol es un abono de acción bastante lenta, aunque prolongada.

Es necesario, pues distinguir dos efectos: un efecto relativamente inmediato y un efecto remanente. La "vieja fuerza" del suelo se debe en parte, a la acumulación del estiércol a lo largo de los años. En tierras arenosas el estiércol actúa durante el primer año especialmente, mientras que en suelos francos ó pesados el efecto del estiércol subsiste durante el segundo, tercero e incluso cuarto año (67).

Clases de estiércol.

Se distinguen dos clases de estiércol (Baeyens 1970) citado por Villarroel.

A) Estiércol frío: vacuno y cerdo.

B) Estiércol caliente: caballo, oveja y aves de corral.

Los estiércoles calientes evolucionan más de prisa porque son más concentrados, se calientan y maduran más fácilmente y tienen una acción más rápida, más o menos prolongada.

Los estiércoles fríos tienen una acción más lenta pero más duradera, están más indicados para suelos ligeros, arenosos, mientras que los estiércoles calientes se aplican a suelos pesados (67).

En ensayos realizados en Ames, Iowa, en la granja agronómica. Los valores obtenidos indicaron que el maíz del segundo año se benefició, con el estiércol aplicado antes del maíz del primer año en la rotación de cultivos. Estos valores indican que la acción residual del estiércol, se mantuvo hasta el cuarto año (61).

En experimentos realizados por Lund, Basil y Doss, encontraron que el efecto residual del estiércol se prolongo hasta el cuarto año después de la incorporación (34).

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

Fuente principal de CO_2 , es también un abono coloidal. Las propiedades coloidales del humus son superiores a las de la arcilla, pero varían según la clase del suelo y el tipo de arcilla. El estiércol absorbe los cationes, mejora la estructura física de los suelos ligeros y muelle los suelos pesados. Mejora el régimen de humedad del suelo y su poder calorífico. En suelos arenosos aumenta la capacidad de retención de humedad en un 40%; los suelos pesados se hacen más permeables y drenan mejor el exceso de agua.

En relación con el pH, el exceso empieza por basificar el suelo como consecuencia del aporte de NH_3 , pero después lo acidifica debido a sus ácidos húmicos (67).

2.6.5.1. Efecto sobre la estructura del suelo

Elizondo y Alonso (1974) afirman que la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica en cualquiera de sus formas (estiércol) produce un notable incremento en la agregación del suelo inmediatamente después de ser incorporada (44).

Gonzalez (1984) menciona que el estiércol aumenta la estabilidad de la estructura, ejerciendo por un lado el efecto de una cementación sobre los constituyentes de los agregados y disminuyendo por otro la humectabilidad de estos últimos (28).

Mazurak, Chesnin y Tiarks (1975) los resultados de su estudio muestran que la adición de abono al suelo incrementa la cantidad de suelo separado por la lluvia simulada.

En condiciones de laboratorio, decreciendo la dureza de la costra formada por las gotas de lluvia (39).

Mazurak, Chesnin y Amir Thijeel (1977) trabajaron en un suelo limo-arcilloso de Shapsburg Nebraska. Encontraron que después de aplicar tratamientos de 390 Tn métricas/ha de estiércol vacuno, la estabilidad de los agregados del suelo en agua aumentó después de 4 años (38).

Jiarks, Mazurak y Chesnin (1974) aplicaron dosis de estiércol de 0,90,180 y 360 Tn métricas/ha/año (durante 3 años) en un suelo limo-arcilloso en Sharpburg a profundidades de 10,20 y 30 cm. Encontraron un aumento en el diametro de los agregados estables en agua se incrementó de 0.60 a 800 μ . El módulo de ruptura disminuyó de 0.60 a 0.08 bares.

El módulo de ruptura se redujo a las tres profundidades de aplicación de abono, esto debido al incremento de materia orgánica la cual disminuye la cohesión entre las partículas del suelo (33).

Greenland (1962) citados por Meredith y Kohnke afirma - en base a estudios en cultivos puros que indican, que en la presencia de suficiente fuente de energía un amplio rango de mohos, estreptomicetes, levaduras y bacterias, son capaces - de unir las partículas del suelo en agregados estables. Los polisacaridos microbianos y los micelios fungosos han mostrado jugar el más importante papel como agentes cementantes - del suelo (30).

Chaudhri, Brown y Holder (1976) los resultados que obtuvieron indican que la aplicación de pequeñas cantidades de estiércol en bandas directamente arriba de los surcos induce a la formación de grietas las cuales disminuyen la fuerza requerida por la plántula para emerger (20).

2.6.5.2. Efecto sobre el contenido y disponibilidad de nutrientes en el suelo

Se puede decir que la materia orgánica debe.

Considerarse como un almacén de los nutrientes minerales de las plantas y como regulador de su abastecimiento para las plantas en desarrollo (8).

En trabajos experimentales llevados a cabo en Texas han demostrado que el estiércol es una magnífica fuente de hierro y zinc en suelos calcáreos (5).

Morales, Leal y Garza (1973) mencionan que adiciones de materia orgánica, constituyen una aportación de nutrientes y pueden favorecer según varios experimentos la transformación de minerales bastante estables, a formas más solubles y activas que proporcionan elementos esenciales a la planta. Se ha observado además que la retrogradación de fertilizantes fosfóricos en suelos calcáreos disminuye con la aplicación de materia orgánica (43).

Kenonova citado por Bastidas y Lavín reporta el contenido de nitrógeno en los ácidos húmicos, y las proporciones vienen a ser aproximadamente de un 3.5 a un 5% (45).

Gutierrez (1984) realizó un trabajo experimental en un suelo derivado de cenizas volcánicas en el Estado de Michoacán. Aplicó sulfato de amonio (0 - 150 Kg de N/ha/año), superfosfato de calcio simple (0 - 400 Kg de P_2O_5 , inicial y anualmente) y gallinaza (0, 5 y 20 Tn/ha inicial y anualmente).

Los resultados obtenidos fueron:

A) La fertilización con 20 Tn de gallinaza anuales aumentó el calcio, magnesio, potasio y fierro intercambiables y el % de saturación de bases.

B) Los tratamientos afectaron de manera importante las diferentes fracciones de fósforo inorgánico, aumentando la aplicación de 20 Tn de gallinaza anuales de fosfatos de fierro y calcio.

C) La constante aplicación de 20 Tn de gallinaza anuales redujo la constante de energía de retención de fósforo (31).

Gutierrez (1979) en un trabajo experimental que llevó a cabo, los abonos orgánicos utilizados fueron: estiércol de gallina, bovino y ovino.

Los niveles de los abonos orgánicos utilizados fueron: a) para gallinaza: 2 y 4 Tn/ha; y b) para los demás: 3 y 5 Tn/ha. Se usó un nivel medio de fertilizante inorgánico que se combinó con el abono orgánico, y fué de 55 Kg/ha de N y 40 Kg de P_2O_5 /ha. El nivel alto corresponde al doble del anterior.

Llegó a la conclusión de que las adiciones de materiales orgánicos premezclados con fertilizantes comerciales aumentan la eficiencia de los fertilizantes agrícolas, elevando los rendimientos de los cultivos, así como optimizar los recursos del campesino (31).

Peréz (1984) en su estudio llevado a cabo en suelos provenientes del Edo. de Morelos.

El experimento incluyó inundación del suelo, con 0 y 45 días, aplicación de materia orgánica, 0 y 4 Tn/ha y densidad de plantas, 0 y 4 plantas/maceta.

Concluyó que la aplicación de materia orgánica en el suelo inundado causó incrementos notables en la liberación de F^{++} (52).

Goss y Stewart (1979) en base a los datos de un estudio concluyó que el abono de ganado estabulado tiene mayor eficiencia de utilización que el superfosfato. El P del superfosfato fué más rápidamente aprovechable y una parte sustancial fué usada en consumo de "lujo". El P del abono fué menos aprovechable inicialmente. A adecuados niveles, sin embargo se volvió aprovechable lo suficientemente rápido como para surtir los requerimientos de las plantas reduciendo el consumo de "lujo" y extendiéndose el período de adecuada aprovechabilidad más allá que el superfosfato (29).

Abbot y Tecker (1973) los resultados de su estudio indican que el abono es una fuente efectiva de P.

Porque aumentó su contenido en los tejidos de alfalfa, algodón y cebada; en un suelo calcáreo (1).

Unger y Stewart (1974) realizaron un trabajo experimental en Bushland Texas en un tipo de suelo Pullman Clay Loam los efectos fueron significativos cuando la cantidad aplicada fué de 67, 134 y 268 Tn/ha, para surtir los nutrientes requeridos por las plantas (64).

Herron y Erhart (1965) realizaron un estudio en un suelo Coldy Silt Loam, las dosis de estiércol fueron 0, 5, 10 y 20 Tn/acre.

Durante el año de cultivo cuando el abono fué aplicado cada Tn de abono producía un incremento en rendimiento equivalente a el incremento que producirían 11 Lb de N/acre. El valor residual o acumulativo de los cuatro años por cada Tn de abono fué equivalente a 22 Lb de N de nitrato de amonio. Esto es el 70% del N total que contiene al abono. Cada Tn de abono fué equivalente a menos de 2 Lb de N durante el cuarto año después de la aplicación (32).

Elliot y Bezdicek (1982) encontraron que la biomasa tendió a ser mayor para los suelos manejados orgánicamente. Los niveles de NH_4 y NO_3 fueron los mismos, mientras que el C orgánico y el N Kjeldahl total tendió a ser mayor para los suelos manejados orgánicamente pero estuvieron relacionados con el tipo de muestreo (24).

McIntosh y Varney (1968) en su experimento llevado a cabo en un suelo arcilloso Panton. Las aplicaciones de abono, arriba de 67,200 Kg/ha incrementaron significativamente las tasas de crecimiento y los rendimientos del maíz que se cultivo por tres años consecutivos (40).

Chesnin y Mazurak (1977) aplicaron abono de bovino en un suelo Típico Arguidoll a razón de 0, 90, 180 y 360 Tn métricas/ha/año (4 años). Los niveles de P se incrementaron -- con el incremento de la aplicación de abono.

El P mineralizado se movió de una profundidad de 10 cm a una de 60 cm durante los cuatro años del cultivo. Las aplicaciones de abono tuvieron un efecto relativamente mayor en los niveles de Zn, Fe y Mn que en el nivel de Cu en el suelo (21).

Thomas Mc Calla dice que 10 a 20 Tn de abono, incorporado al suelo provee de 150 Lb de N aprovechable/acre. Aproximadamente la mitad del N del abono es aprovechable para las plantas durante el primer año (7).

Urvina, San Martín y Schaefer desarrollaron un estudio en un suelo Ñandis de Chile, la conclusión a la cual llegaron fué: la mineralización del C y N orgánicos del suelo Ñandis in situ tiene una variación estacional que coincide con las curvas de los promedios térmicos mensuales presentando un máximo avanzada la primavera, y un mínimo en invierno época de mayor pluviometría a menor temperatura.

La mineralización del C se hizo paulatinamente, eso implicaría una acumulación continua de formas de reserva (65).

Wallingford "et al" (1975) encontraron que en dos años de aplicación de abono de bovino, se incrementó la disponibilidad de Fe, Zn, Mn y en menor grado el Cu. Los datos de Mn en la planta fueron consistentes y altamente correlacionados con el abono acumulado que se aplico. El incremento de la disponibilidad de Mn resulta probablemente de las condiciones de reducción química en el suelo (68).

Thomas y Mathers (1979) de acuerdo a sus resultados indican que el abono puede usarse para corregir las deficiencias de Fe en el cultivo de sorgo en suelos calcáreos (60).

Lond, Zane y Basil (1980) en el estudio que llevaron a cabo aplicaron dosis de abono orgánico de 0, 22.5, 45, 90, 180 y 270 Tn métricas/ha en dos tipos de suelos: Dathan loamy sand y Lucedale sandy loam, usando como cultivo el mijo perla y centeno.

Concluyeron que las altas dosis de abono incrementaron el contenido de K, Mg y P en el suelo (34).

Mathers "et al" (1980) utilizaron dosis de estiércol de 11 y 33 Tn métricas/ha y N, P y Fe de fertilización inorgánica (68-56-22 Kg/ha). Los cultivos utilizados fueron el sorgo y el girasol, en suelos calcáreos deficientes en Fe. Las conclusiones a las cuales llegaron fueron:

1. El estiércol de ganado estabulado fué efectivo en -- proveer de Fe para el crecimiento del sorgo en suelos calcáreos deficientes en Fe.

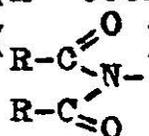
2. El girasol adquirió suficiente Fe de suelos donde -- el sorgo fué muy deficiente en Fe.

3. Repetidas aplicaciones de sulfato tuvieron un efecto acumulativo en el crecimiento del sorgo en suelos calcáreos deficientes en Fe (35).

2.6.5.3. Efecto sobre la capacidad de intercambio catiónico

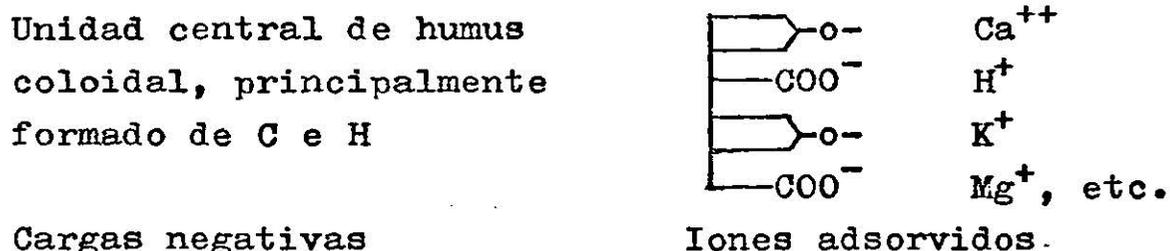
El humus del suelo, es un complejo altamente coloidal. Tiene una CIC de 150-300 meq, mientras que las arcillas de silicato la CIC es de 8-150 meq/100 gr de suelo. Ambos rangos a 25°G (18).

El humus del suelo, como un complejo coloidal está organizado de la misma forma que la arcilla. La lignina, poliuróidos y otros constituyentes modificados funcionan como un complejo de micelas. En condiciones ordinarias, éstas se encuentran cargadas negativamente, pero en lugar de estar constituídas principalmente de sílice, oxígeno, aluminio y fierro como los cristales de silicato, las micelas húmicas están compuestas en su mayoría de C, H, O, con menores cantidades de N, S, P y otros elementos. Las cargas negativas provienen de los grupos carboxilo (R-COOH), hidroxilo (-OH), fenólicos ( -o-) é imídicos ($\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{N}- \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}=\text{O} \end{matrix}$) expuestos a partir.



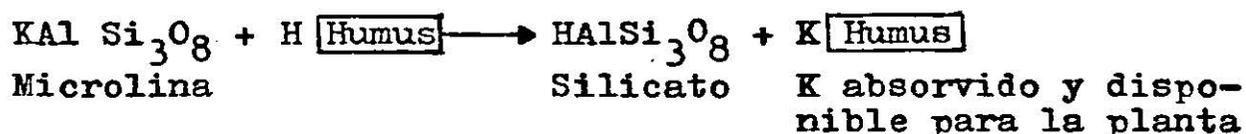
De los cuales, al menos una parte de H puede ser reemplazado por el intercambio de un catión (18, 50).

Las micelas húmicas, como las partículas de arcilla, cargan una gran cantidad de cationes adsorvidos (Ca^{++} , H^+ , Mg^+ , K^+ , Na^+ , etc.) como se muestra a continuación (18):



Cuando el coloide húmico está saturado con H^+ , incrementa la disponibilidad de ciertos nutrientes base como el Ca, K y Mg. Tal parece que el H-humus como en el caso del H de la arcilla), actúa como un ácido ordinario y puede reaccionar como los minerales del suelo, de tal forma que extrae sus bases. El humus ácido tiene una capacidad inusual del intervenir como transferente, puesto que el ácido orgánico es comparativamente fuerte.

Una vez que el intercambio se lleva a acabo, las bases así afectadas son sostenidas en una condición adsorvida débilmente y son aprovechables por las plantas superiores. La siguiente reacción ilustra el fenómeno (18):



Palencia (1968) llegó a las siguientes conclusiones:

1.- El complejo orgánico-mineral del suelo constituye una asociación entre compuestos orgánicos e inorgánicos, muy importantes por la influencia que ejercen sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

2.- Los principales constituyentes del complejo organo-mineral son, por un lado, ácidos húmicos, ácidos fulvicos y huminas, y por otro, minerales arcillosos y óxidos e hidróxidos del silicio, aluminio y hierro. Todos los componentes.

Como el complejo mismo, son de naturaleza coloidal ---- (51).

Blasco (1981) afirma que en suelos del trópico, especialmente húmedos, se estima que la CIC dependiente de la materia orgánica puede llegar a significar el 80% de la CIC total del suelo (16).

Baver (1930) encontró que la capacidad adsorptiva de cationes del suelo se incrementó de 30 - 60% más, en los suelos donde se aplicó materia orgánica que en los suelos que no fueron abonados (14).

McIntosh y Varney (1973) su estudio incluía el desarrollo continuo del cultivo de maíz (durante 5 años) en un suelo arcilloso tipo Pantan. Se aplicaron tasas abono (0, 22, 44, 66 Tn/ha) y 5 cantidades de N (0, 5, 6, 112, 168 y 224 Kg/ha) de fuente química. También se aplicaron 120 y 90 Kg/ha, a todas las parcelas durante los 5 años. En los resultados obtenidos encontraron un aumento en la CIC (41).

Lund, Zane y Basil (1980) aplicaron abono orgánico en las siguientes dosis 0, 22.5, 45, 90, 180 y 270 Tn métricas en dos tipos de suelos: Doyhan loany sand y Lucedale sandy loam, con cultivos como el mijo perla y el centeno. Encontraron que las altas dosis de abono orgánico incrementaron la CIC de los suelos (34).

2.6.5.4. Efecto sobre el contenido de materia orgánica

El estiércol es una de las principales fuentes de materia orgánica para el suelo.

Mathers y Stewart (1974) citados por Meek, Grahán y Dorovan, reportaron que la aplicación de 224 Tn/ha de abono cada 3 años incrementó la materia orgánica en los primeros 15 cm del suelo de 1.5 a 3.5% (42).

Meek, Grahán y Dorovan (1982) el estudio fué conducido en un suelo calcáreo en Brawley California en 1971 a 1979, las dosis de abono fueron de 0 a 540 Tn/ha.

Durante 4 años. Las cantidades de N aplicadas en Kg/ha, al igual que los cultivos fueron en 1971 (160), 1972 (180 -- sorgo y 189 lechuga), 1973 (231), 1974 (170), 1975 (196), -- 1976 (150 avena y 179 lechuga). 1977 (0), 1978 (168). En --- 1977, no se sembró para controlar malezas. En sus resultados encontraron un aumentó en la materia orgánica (0 a 30 cm) en los tratamientos que recibieron grandes cantidades de estiércol. No hubo efectos a 30 a 60 cm en ningún año. Los niveles de materia orgánica crecieron hasta en un 3% (doble de los - testigos) (42).

MacIntosh y Varney (1973) cultivaron maíz durante 5 a-- ños seguidos en un suelo arcilloso tipo Panton. Se aplicaron 4 tasa de abono (0, 22, 44 y 66 Tn/ha) y 5 cantidades de N - (0, 56, 112, 168 y 224 Kg/ha) de fuente química. También a-- plicaron 120 Kg/ha de P y 90 Kga/ha de K a todas las parce-- las durante los 4 años.

El por ciento de materia orgánica en las parcelas testi-- go disminuyó de 5.20 a 4.28 en los 5 años, es decir, una pérdida de 0.18 por año. Una aplicación de 44 Tn/ha de abono -- fresco por año fué necesario para mantener el nivel de mate-- ria orgánica (41).

Jiarks, Mazurak y Chesnin (1974) aplicaron dosis de es-- tiércol de 0, 90, 180 y 360 Tn métricas/ha/año (durante 3 a-- ños) en un suelo Sharpsburg silty clay loan a profundidades de 10, 20 y 30 cm. En sus resultados encontraron un aumento en el % de carbon orgánico del 2 al 5%, después de 2 años -- (33).

2.6.5.5. Efecto sobre la captación, retención, infiltración y evaporación del agua en el suelo.

Al actuar el estiércol como un mejorador en la estructura del suelo, permite una mejor captación, retención e infiltración del agua en el suelo, lo cual hace más eficaz el a-- gua de riego o lluvia.

El estiércol funciona como un retardador de la evaporación del suelo, especialmente cuando se incorpora superficialmente, y su uso puede permitir el empleo más eficiente del agua (5).

Campos, Anaya y Martínez (1983) informan que en el experimento que llevaron a cabo, la adición de estiércol incrementó la humedad aprovechable y la adición de 5 Tn/ha de rastrojo conservó la humedad aprovechable. El incremento fue de 15.4% a 20% el incremento de humedad a capacidad de campo -- (19).

Unger y Stewart (1970) realizaron un experimento en el cual utilizaron dosis de estiércol de 67, 134 y 268 Tn/ha en un tipo de suelo Pullman clay loam, en Bushland Texas. Encontraron que la retención de humedad a altos potenciales matriciales (en base a volumen) también bajó en la capa arable, pero éste estudio sugiere que el agua de riego o de lluvia se mueve más rápidamente a mayores profundidades en el suelo donde el agua es menos susceptible a pérdidas por evaporación y se conserva mejor para el consumo de las plantas. La evaporación (en condiciones de laboratorio) disminuye, esto apoya lo anterior. El tamaño de los agregados estables en agua aumentó (64).

Baver (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 utilizó en su estudio los cuales -- fueron fine sandy loam, silty clay loam, silty clay y silty loam (13).

Meyer (1978) éste estudio se realizó en maíz usando humus estable. Se obtuvo que la retención y absorción de humedad fue mayor en los campos donde se aplicó humus estable, -- la retención de humedad fue del 17 al 96% (47).

Meek, Grahán y Dorovan (1982) condujeron un experimento en un suelo calcáreo en Brawley California de 1971 a ---- 1979, las aplicaciones de abono fueron sólo los primeros.

Cuarto años, las dosis variaron de 0 a 50 Tn/ha, las cantidades de N aplicadas en Kg/ha y los cultivos utilizados fueron: 1971 (160), 1972 (180 sorgo y 189 lechuga), 1973 (231), 1974 (170), 1975 (196), 1976 (150 avena y 179 lechuga), 1977 (0), 1978 (168) y 1979 (168). En 1977 no se sembró nada con el fin de controlar malezas. Encontraron que la aplicación de abonos tuvo poco efecto en la infiltración entre cultivos, pero grandes efectos cuando se midió en la estación de crecimiento (42).

Mathers, Stewart y Thomas (1977) llevaron a cabo un trabajo experimental en el cual utilizaron suelos Pullman clay loam y aplicaron tratamientos de 0, 22 y 67 Tn métricas/ha/año (durante 3 años), un tratamiento con 67 Tn/ha solo el primer año, y tratamientos donde se aplicaron 224 Kg/ha/año como amoníaco anhidro. El presente estudio se hizo para ver el efecto de la aplicación de estiércol en la calidad del agua de riego por los surcos. El avance en los surcos de irrigación fué más bajo y la toma de agua más alta en la parcela donde se aplicó abono. Se observó mayor rendimiento de grano en sorgo en los lotes donde se aplicó abono a pesar de que en los lotes donde no se aplicó, se suministró N en forma de amoníaco anhidro.

Esto es debido a la mayor retención de agua que hay en los tratamientos abonados y que está disponible para las plantas. La calidad del agua no cambió en los surcos abonados (36).

2.6.5.6. Efecto del estiércol en el calentamiento del suelo

El estiércol sobre todo los calientes, gracias a una mineralización más rápida, calientan el suelo y activan de esta forma la vegetación (67).

Araujo "et al" (1982) el experimento se llevó a cabo en Rio de Janeiro Brasil, durante la estación húmeda y la seca, usando estiércol como abono y el frijol como cultivo.

En ambas estaciones, la aplicación de estiércol disminuyó las variaciones en la temperatura del suelo, especialmente a 5 cm de profundidad (10).

2.6.5.7. Efecto del estiércol en el contenido de sales en el suelo

Campbell "et al" (1950) citados por Richards " et al" - encontraron que los suelos orgánicos-humíferos y turbosos -- con cantidades apreciables de sodio intercambiable, tenían - buenas condiciones físicas, por lo que varios investigadores han demostrado el efecto benéfico de la materia orgánica cuando ésta se aplica a suelos sódicos. Por ejemplo Baver "et al" encontraron que la aplicación de estiércol a razón de -- 123.5 Tn/ha a un suelo sódico con manchones aceitosos, aumentaba el grado de agregación del suelo superficial y que la - velocidad de infiltración aumentaba a casi el triple (22).

Gutierrez (1984) realizó un trabajo experimental en un suelo derivado de cenizas volcánicas en el Estado de Michoacan. Aplicó dosis de sulfato de amonio (0 - 150 Kg/ha de N - anualmente), super fosfato de calcio simple (0 - 400 Kg/ha - de P_2O_5 , inicial y anualmente) y gallinaza (0, 5 y 20 Tn/ha inicialmente y 20 Tn/ha anualmente). Una de las conclusiones a la cual llegaron fué que en todos los casos, excepto en el tratamiento con 20 Tn/ha de gallinaza anuales, existió una - lixiviación de sales hacia las capas inferiores (31).

Las sales de abonos minerales usados en la agricultura son de importancia por sus efectos en los rendimientos.

El presente estudio encontró en suelos del Sur de California, que no existió problema de salinidad en el cultivo - de la cebada ya que las sales de Na fueron lixiviadas de la zona radicular, sin embargo, encontraron que existe un aumento considerable de K que no afectó al cultivo debido a que - el suelo aún tenía capacidad de almacenar K en forma no intercambiable.

Se concluye que el riesgo de la aplicación de estiércoles a largo plazo en tierras de buen drenaje es mayor para la acumulación de K que para la de Na (53).

Unger y Stewart (1974) encontraron efecto estadísticamente significativo cuando la dosis de estiércol fué de 67, 134 y 268 Tn/ha. No se encontró efecto detrimental en las altas aplicaciones de abono aunque grandes cantidades de sales son agregadas junto con éste; éstas sales fueron lixiviadas por el agua de riego y no afectaron la producción de sorgo para grano (64).

Jiarks, Mazurak y Chesnin (1974) aplicaron dosis de estiércol a razón de 0, 90, 180 y 360 Tn métricas/ha/año (durante 3 años) en un suelo Sharpsburg silty clay loam a profundidades de 10, 20 y 30 cm. Encontraron que el contenido de sales se redujo el segundo año de aplicación de estiércol después de un aumento inicial de sales en el primer año de aplicación (33).

2.6.5.8. Efecto sobre el pH del suelo.

Lavín (1972) citada por Bastidas y Lavín menciona que la materia orgánica actúa como amortiguador del pH (45).

Olsen, Hensler y Attoe (1970) encontraron que aplicaciones de estiércol aumentaron el pH al principio, posteriormente el pH bajó en condiciones aeróbicas a consecuencia aparentemente de los procesos acidificantes de nitrificación, pero el pH se mantuvo igual en condiciones anaeróbicas. El experimento se realizó en un suelo Planfield sand Ella loany sand (49).

La disminución del pH causada por la incorporación de estiércol, aumenta la asimilabilidad sobre todo de los micronutrientes, en suelos calcáreos.

Además ésta baja en el pH crea condiciones desfavorables para el desarrollo del hongo que causa la enfermedad de la pudrición texana.

2.6.5.9. Efecto del estiércol sobre la erosión del suelo

Mediante la incorporación de estiércol, se mejoran las características tanto físicas como químicas, a la vez que se incorporan nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Esto permite un mejor desarrollo de la cubierta vegetal en el suelo, la cual sirve como protección contra la erosión tanto hídrica como eólica.

En 1974 en base a un estudio, se encontró que al menos 30 Tn (base seca) de desechos animales por acre, incorporados en el suelo con el arado, o 15 Tn esparciadas sobre la superficie del suelo, reducen las pérdidas del suelo causadas por el viento, en un 88% (de 4 Tn/acre a menos de 0.5 Tn/acre) en comparación con los testigos (en un 74% de arena, 20% de limo y 6% de arcilla).

Después de 8 meses de la aplicación de los desechos se observó que 15 Tn de desechos (ó 1/2 Tn de paja) redujeron la erosión causada por el viento en un 90%. La cantidad de abono requerida depende de la textura del suelo (7).

2.6.5.10. Efecto sobre la densidad aparente (DA)

Jiarks, Mazurak y Chesnin (1974) aplicaron abono orgánico a dosis de 0, 90, 180 y 360 Tn métricas/ha/año (durante 3 años) en un suelo Sharpsburg silty clay loam a profundidades de 10, 20 y 30 cm. La DA en los tratamientos aplicados a 10 cm de profundidad disminuyó de 1.05 a 0.90 gr/cm³ (33).

Stewart y Unger (1974) aplicaron dosis de 67, 134 y 268 Tn/ha de abono orgánico en un tipo de suelo Pullman clay loam, en Bushland Texas. Encontraron que la DA se redujo de 1.37 gr/cm³ en el testigo, a 1.12 gr/cm³ en el tratamiento de 268 Tn/ha (64).

Los cambios en la DA son más notables a dosis altas, superiores a 60 Tn/ha/año, especialmente durante los primeros años (5).

3. MATERIALES Y APARATOS

3.1. Localización del estudio

El trabajo de campo del presente estudio, se llevo a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el área irrigada por la presa chica, junto al Rio Marín, situado en el municipio de Marín Nuevo León, cuya elevación es de 367.3 m.s.n.m. y coordenadas geográficas de 25° 53' latitud norte y 100° 03' longitud oeste del meridiano de Greenwich (11).

Los suelos presentes en el área experimental son del tipo calcáreo, sedimentario; muestreos de suelo a una profundidad de 0-30 cm, dan como resultado una textura de migajon arcilloso (21.48% de arena, 46.52% de limo y 32.00% de arcilla), pH de 7.2 (neutro), M.O. de 1.93% (medio). Los muestreos a una profundidad de 30-60 cm dan como resultado una textura de migajon arcilloso limoso (17.48% de arena, 48.52% de limo y 34.00% de arcilla), pH de 7.4 (ligeramente alcalino), M.O. de 2.82% (medianamente rico).

El clima dominante de la región según la clasificación de Köppen modificada por García es del tipo (26):

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

Donde los términos significan:

- BS_1 Climas secos o áridos con regimen de lluvias de verano, siendo el menos seco de los BS.
- (h') Temperatura anual sobre 22° C y bajo los 18° C en el mes más frío.
- x' El régimen de lluvias se presenta como intermedio entre verano e invierno con un porcentaje de lluvias invernal mayor del 18%.
- (e') Muy extremoso, oscilación anual de temperaturas medias mensuales mayor a 14° C.

Las condiciones climáticas que se presentaron en el período que comprendió la realización del estudio se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3 Datos climatológicos del período que comprendió el experimento, Agosto-Noviembre de 1984.

Mes Día	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Temp. \bar{X} °C.	Pp. mm.						
1	28.0		28.5		18.0		23.0	
2	29.0		28.5		18.0	7.0	26.0	
3	30.5		28.0	34.2	20.0	1.3	25.0	
4	29.5		24.0	4.6	23.5		25.5	
5	31.0		25.0	14.0	24.0		26.0	
6	29.0		21.0	0.8	25.0		26.0	
7	30.5		25.5	6.8	27.0		24.0	
8	29.0		26.5		26.5		23.0	
9	29.0		29.5		25.5		26.5	
10	30.0		22.0		24.5		18.0	
11	28.5		25.0		25.5		16.5	
12	31.0		27.5		25.5		24.5	
13	30.5		25.0		25.0		28.0	
14	29.0	1.2	29.0		25.0		28.0	
15	24.5		26.0	0.7	23.5		18.5	
16	29.0		24.0	3.8	26.5		15.0	
17	27.5		23.0		21.5		18.5	
18	28.5		24.5		29.0		21.0	
19	29.5		26.0		27.0		23.0	
20	31.0		24.0		31.0		15.5	
21	30.5		25.5		30.5		16.0	
22	30.0		25.5		22.0	1.2	16.0	
23	27.5	1.4	28.5		17.0	5.0	17.0	
24	28.5		29.5		17.0	3.4	17.5	
25	29.5		31.0		20.0	3.0	18.0	
26	24.5		26.5	0.1	17.5	0.6	18.5	
27	29.5		24.5		26.5		17.5	
28	29.5		26.5	1.6	25.5		16.5	
29	30.0		16.0		26.0		18.0	
30	30.5		16.5	3.5	25.0		21.0	
31	29.0				25.5			
\bar{X} Mensual:	29.3°C.		24.9°C.		24.1°C.		20.8°C.	
Pp. Total:	2.6 mm.		70.1 mm.		21.5 mm.		0.0 mm.	

Temp. \bar{X} °C. = Temperatura promedio en grados centígrados.

Pp. mm. = Precipitación en milímetros.

3.2. Materiales y aparatos utilizados

3.2.1. Material genético

La semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.) utilizada fue la var. Delicias 71 sel. 4, la cual presenta las siguientes características agronómicas:

Caracteres	Descripción
Días a primera flor	43 - 50
Días a última flor	71 - 83
Días a madurez fisiológica	90 - 108
Días a madurez comercial	100 - 120
Hábito de crecimiento	III
Tamaño de grano	Intermedio
Color de grano	Pinto crema con café
Forma de grano	Cilíndrica
Color de tallo	Verde
Color de flor	Blanco
Rendimiento de grano	675 - 1500 Kg/ha.

(58).

3.2.2. Materiales varios

Cinta métrica, hilos de hixtle, estacas, palas, azadones, bioldos, machetes, bolsas de papel, mochila aspersora, malathión al 22.5% de concentración, tractor, rastra, sembradora de grano grande, bolsas de polietileno, frascos de vidrio, libreta de apuntes y lápiz.

3.2.3. Aparatos para medir el módulo de ruptura

Este aparato consiste en una plataforma de madera que tiene acoplado un marco del mismo material, así como una balanza granataria.

El marco tiene en el travesaño, una navaja de posición ajustable en forma horizontal. Dicha navaja va soldada de una de sus partes filosas, a un tornillo.

El cual va a su vez roscando libremente a una tuerca in crustada en el marco de madera, así, la posición de la navaja puede regularse hacia arriba ó abajo haciendo girar el tornillo y la navaja a la derecha ó izquierda respectivamente. La función de la navaja es cortar los pequeños bloques que simulan la costra de los diferentes tratamientos.

La balanza granataria esta colocada de tal forma que el centro del plato esté justo debajo de la navaja cortante. En el centro del plato de la balanza está acoplada la base que sostiene a los pequeños bloques. Dicha base es de madera y en ella van incrustadas en forma paralela dos navajas cuyos filos hacen contacto con los pequeños bloques y los sostienen.

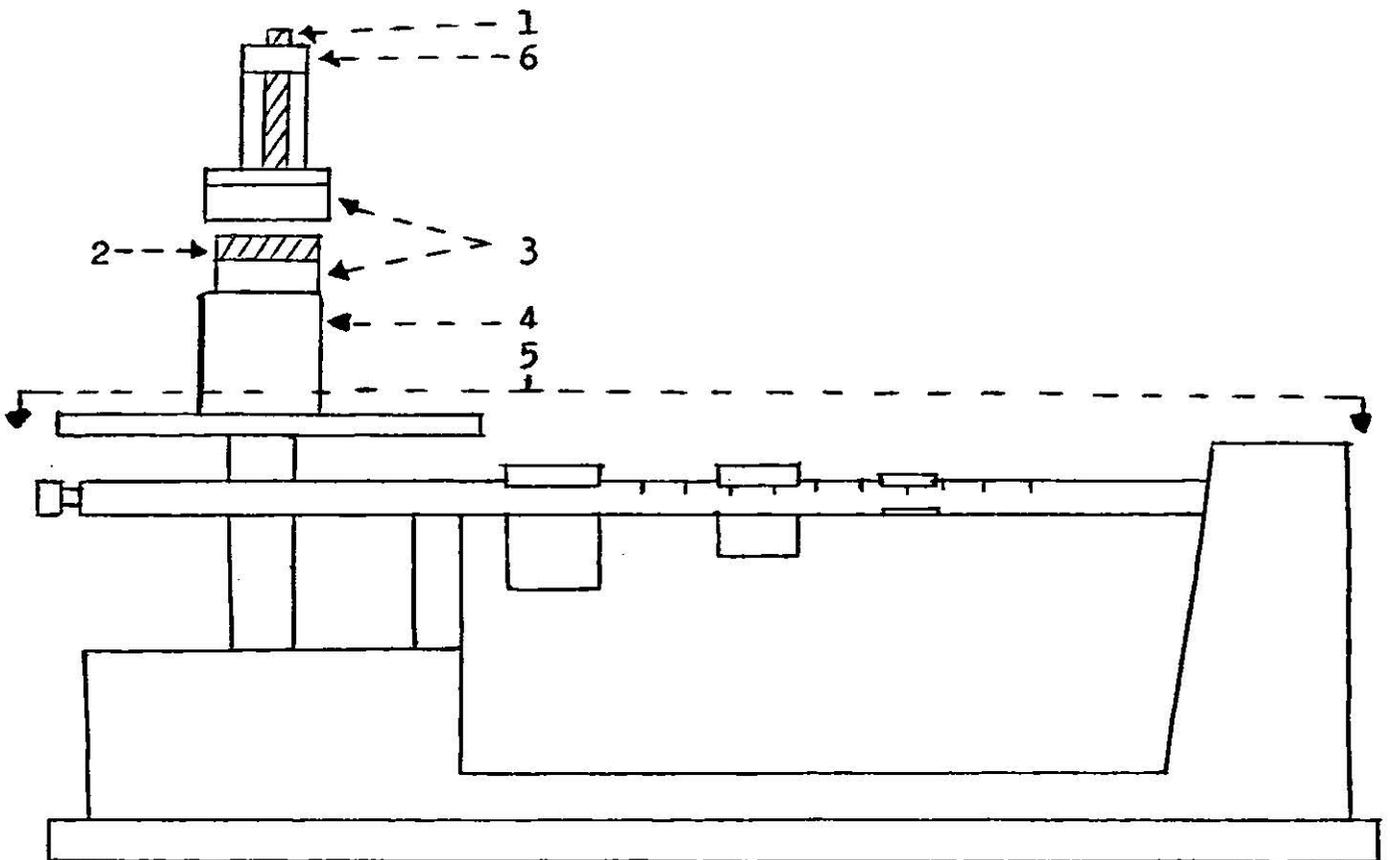
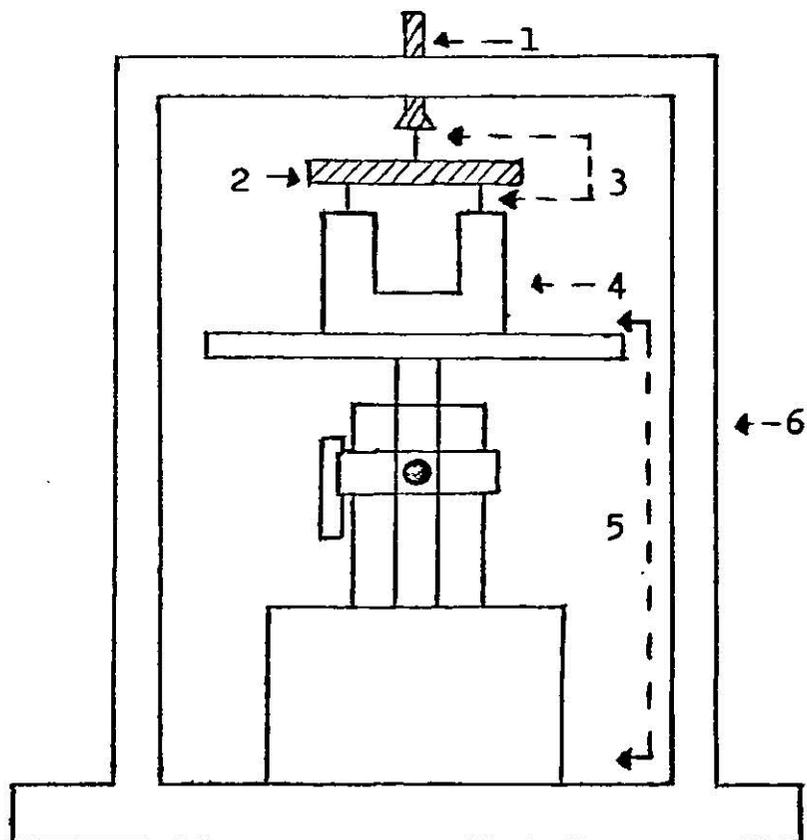


Figura 5 Vista de lado del aparato para medir el módulo de ruptura.

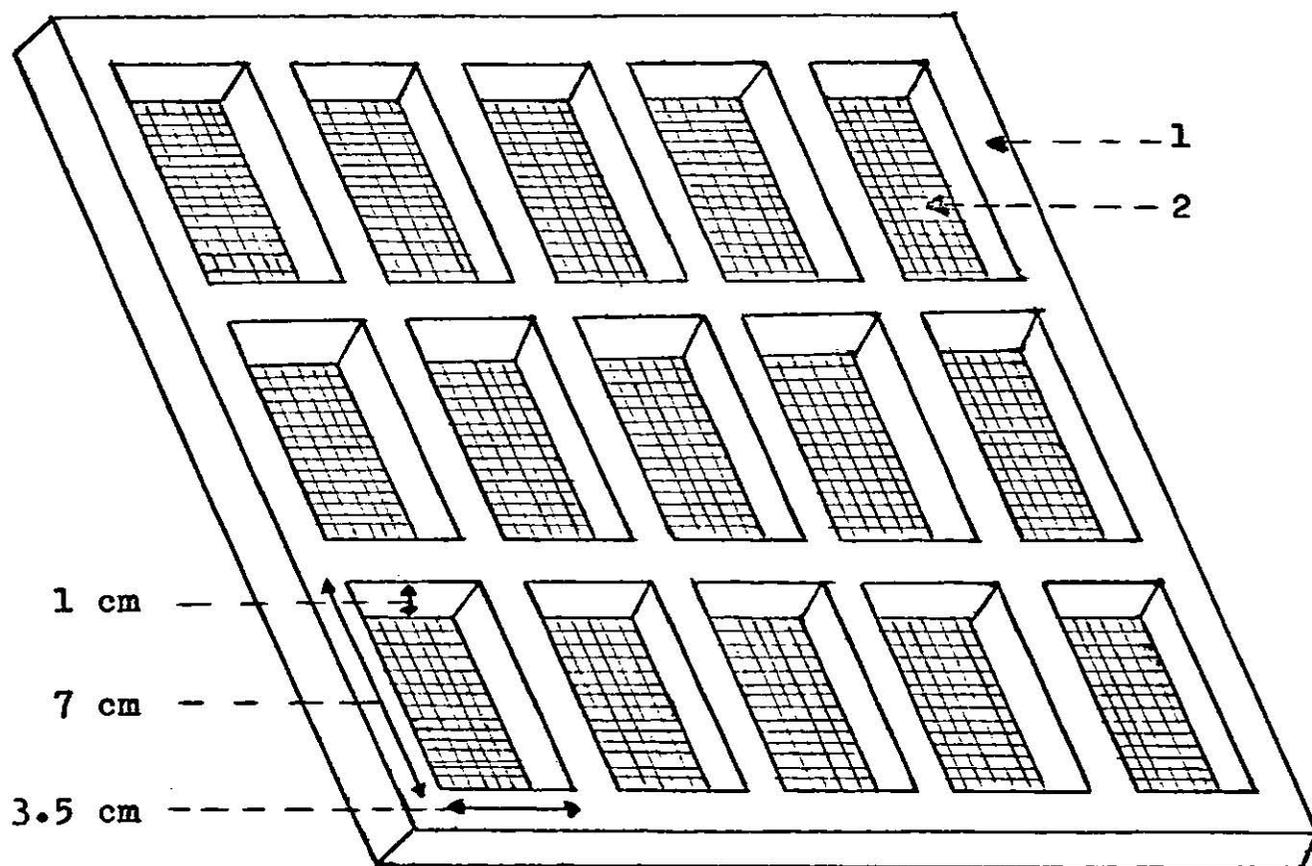


3:1 cm.

- 1 Tornillo movable, para ajustar la navaja.
- 2 Pequeño bloque, hecho con la muestra de suelo tomada del campo, del tratamiento bajo estudio.
- 3 Navajas cortantes.
- 4 Soporte de las navajas.
- 5 Báscula granataria.
- 6 Marco de madera que sostiene el tornillo.

Figura 6 Vista de perfil del aparato, para medir el módulo de ruptura.

Enrejado. Las subdivisiones del enrejado hecho de madera, nos forman los moldes cuyas dimensiones son de $1 \times 3.5 \times 7$ cm. que nos sirven para la fabricación de los pequeños bloques, la parte inferior del enrejado tiene una malla cuyos orificios son milimétricos, por los cuales escurrirá toda el agua sobrante durante la fabricación de los pequeños bloques.



- 1 Marco de madera.
- 2 Malla metálica de orificios milimétricos.

Figura 7 Enrejado de madera.

3.2.4. Penetrómetro tipo militar

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

El instrumento consiste de una perilla tipo T, una varilla 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 extensión de 3.8 cm, además un anillo probador de 350 unidades de capacidad en la carátula indicadora (22).

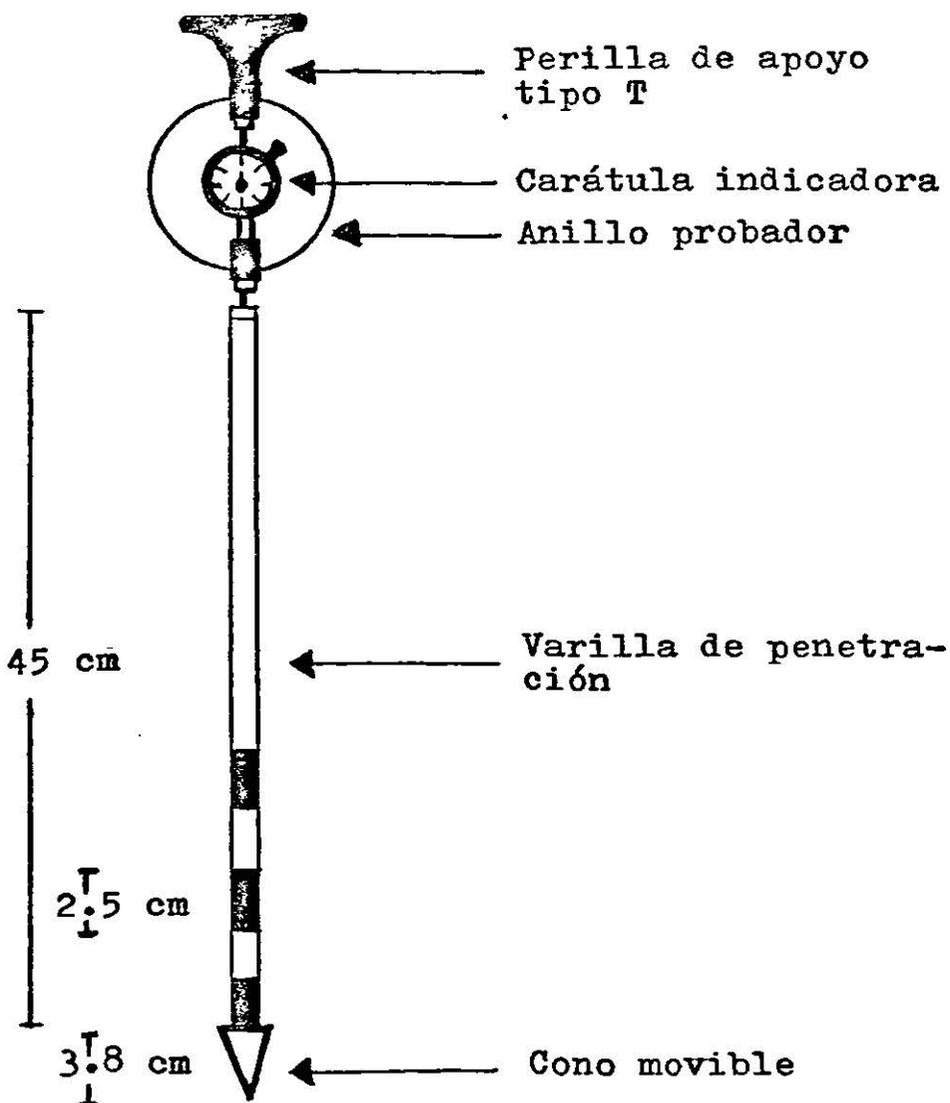


Figura 8 Penetrómetro tipo militar.

3.2.5. Aparatos varios

Cuarto de secado, balanza granataria, material de laboratorio, así como una báscula de reloj.

3.3. Descripción del método usado

3.3.1. Prácticas realizadas durante el primer y segundo ciclo del experimento

Para el estudio de el efecto residual del estiércol de cabra, se empezó en el ciclo agrícola del verano de 1983 para lo cual se delimitó un área de 2097 m². En la cual se formaron tres bloques, los cuales nos representan las repeticiones. Cada una de estas repeticiones está formada por 13 unidades experimentales de ocho metros de largo por 4 de ancho, a los cuales se les asignaron los 13 tratamientos respectivamente.

La preparación del terreno consistio en un barbecho y después dos pasos de rastra, la cual se realizó el 25 de julio de 1983. La incorporación del estiércol se realizó el 12 de agosto del mismo año; así mismo se incorporó nitrógeno y fósforo solamente el primer ciclo del cultivo, se usaron como fuentes de nitrógeno el nitrato de amonio y de fósforo el super fosfato triple, siendo la dosis de éste último, de 50 Kg/ha igual para todos los tratamientos. La siembra de la semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Delicias 71, se realizó el 19 de agosto de 1983.

El segundo ciclo de cultivo, se sembró la variedad de trigo CIANO T-79, no se incorporó nada y la preparación del suelo consistió solamente de dos pasos de rastra.

3.3.2. Establecimiento del tercer ciclo de cultivo (experimento al cual se refiere el presente estudio). ..

Se fijaron puntos de referencia en las cuatro esquinas del área experimental, para que el momento de llevar acabo.

La preparación del suelo, no se pierda la ubicación exacta, auxiliandonos de estacas, cinta métrica, mazos e hilo de ixtle.

Posteriormente se procedió a desmalezar en forma mecánica; auxiliandonos de chapoleadora, para después sacar la maleza del área experimental con el fin de que ésta no se incorpore al suelo, para lo cual se usaron bioldos. Esto se realizó el 20 de junio de 1984.

Después se dieron dos pasos de rastra, el segundo en sentido contrario a la forma en que se dio el primero; el 21 de junio de 1984, se dio el primer paso de rastra, dándose el segundo el 30 de julio del mismo año, esto se hizo sin destruir los bordos que separan los tratamientos; para esto se requirió un tractor y una rastra. Posteriormente se levantaron y reforzaron los bordos que separan cada unidad experimental, para lo cual se uso el tractor con la bordeadora, así como azadones y palas; todo lo anterior se hizo considerando los puntos de referencia que se trazaron al principio. Esto se realizó el siete y ocho de agosto de 1984.

La siembra fue el nueve de agosto de 1984, poniendose una semilla cada ocho cm por surco y la distancia de las semillas entre surco fué de 80 cm, la densidad de siembra fué de 35 Kg/ha de semilla, con un porcentaje de germinación del 98%. Dado que la siembra fué mecánica solo se utilizó el tractor y la sembradora de grano grande.

La siembra se realizó en seco con el propósito de favorecer el encostramiento ya que es una de las variables a evaluar.

Se dieron tres riegos durante el transcurso del ciclo del cultivo, el primero fué 5 días después de la siembra. El segundo riego (primer riego de auxilio) se dio 23 días después de la siembra. El tercer riego (segundo riego de auxilio) se dio 63 días después de la siembra.

El agua usada para el riego provenia de la presa chica junto al rio Marín, cuya clasificación de salinidad, según su conductividad eléctrica es C_3 la cual es altamente salina (11). Dado que el riego se dio por gravedad, solo se usaron azadones y palas para la realización de éste.

Se presentaron algunas precipitaciones en el transcurso del cultivo, cuyas gráficas se presentan en el cuadro 3.

Labores culturales como el aporque y el deshierbe se realizaron oportunamente cada vez que fue necesario, estas se hicieron en forma manual, usandose azadones, machetes y bioldos para juntar y sacar la hierba de las unidades experimentales.

Se hicieron 3 aplicaciones de Malathión al 22.5% de concentración, debido a que se encontraba presente la mosquita blanca (Bemisia tabaci), la primera aplicación fue 50 días después de la siembra, con una dosis de 150 ml de insecticida por mochila de 15 Lt de agua, se uso una mochila por repetición, o sea en total 3 mochilas en todo el experimento. La segunda aplicación fue 57 días después de la siembra, usando se la misma dosis de la primera aplicación. La tercera y última aplicación se hizo 67 días después de la siembra, aumentando la dosis a 200 ml de insecticida por mochila de 15 Lt de agua, usandose en la misma forma, igual a la anterior, 3 mochilas en todo el experimento. Los materiales usados fueron solo una mochila aspersora, Malathión al 22.5% de concentración y agua como medio de dilución.

Las muestras para la determinación de la materia orgánica, fueron tomadas a los 97 días después de la siembra, fueron tomadas en el fondo del surco a una profundidad de 0-30 cm. Los materiales usados fueron una posera y bolsas de plástico, así como etiquetas y crayones.

A los 98 días después de la siembra se tomaron las muestras para determinar la densidad aparente, se tomaron del fondo del surco a profundidades de 0-15 y 15-30 cm.

Para la toma de las muestras se utilizó una barrena, - frascos de vidrio, etiquetas y crayones.

Las lecturas del penetrómetro fueron tomadas a los 99 - días después de la siembra, utilizandose solamente el pene-- trómetro.

Se tomaron las muestras para la medición del módulo de ruptura los 101 días después de la siembra, la toma se hizo en el fondo del surco a una profundidad de 0-15 y 15-30 cm.

Usandose solamente posera, bolsas de plástico, etique-- tas y crayones.

Las muestras, así como las lecturas del penetrómetro an-- teriormente citados, solo se tomaron al final del ciclo del cultivo, ya que las que se tomaron al final del ciclo ante-- rior, son semejantes a las que se hubieran tomado al inicio del presente ciclo bajo estudio.

A los 89 días después de la siembra se cosecho para ma-- teria seca, cosechandose solamente 10 plantas al azar con - competencia completa de los dos surcos centrales, restandole un metro en cada extremo, para evitar el efecto de orilla; - estas plantas también nos servirán para estimar el número de vainas buenas y vainas vanas por planta, así como el rendimi-- ento por planta individual. Después se metieron en el cuarto de secado para que perdieran la humedad. Para esto solo se - uso costales de papel, donde se introdujeron las plantas, y el cuarto de secado donde se introdujeron los costales con - las plantas dentro.

La parcela útil fue cosechada 95 días después de la si-- embra, cosechandose todas las plantas de los dos surcos cen-- trales, restandole un metro en cada extremo, para evitar el efecto de orilla. Estas plantas nos servirán para determinar el rendimiento total de grano en Tn/ha. Para esto solo se - uso costales de papel.

3.4. Variables estimadas y recolección de datos de las mismas

3.4.1. Lecturas del penetrómetro

Mediante el uso de éste aparato podemos determinar la dureza de la costra directamente en el campo.

Para la recolección de los datos, primero se arma el aparato, montando todas las piezas que le componen, después se calibra poniendo en cero el disco indicador. Una vez calibrado, se detiene el aparato verticalmente en el sitio de prueba, se sostiene finalmente la perilla en forma de T, se empuja la punta de cono movable en el suelo a paso constante hasta que la penetración del cono alcance el valor más elevado, posteriormente se registra el máximo valor alcanzado en el disco indicador. Se hacen 5 repeticiones para después sacar un promedio, que es el que se tomara en cuenta finalmente de cada unidad experimental.

3.4.2. Determinación del porciento de la materia orgánica

Esta determinación se hace con el propósito de observar si aumenta o disminuye el contenido de materia orgánica en el suelo.

Para dicha determinación lo que se hace es, una vez tomadas las muestras del campo, se procede a tamisarlas, después utilizando el método de Walkley y Black de combustión húmeda, se conocera el contenido de materia orgánica del suelo de cada unidad experimental.

3.4.3. Determinación de la densidad aparente (D.A.)

La D.A. es el peso por unidad de volumen del suelo mismo, secado en estufa, comunmente se expresa en gr/cm^3 .

Las muestras inalteradas, obtenidas en el campo, fueron llevadas al laboratorio para secarlas en la estufa hasta que lleguen a peso constante.

Después se pesaron, para enseguida calcular su D.A. Considerando las dimensiones del cilindro de la barrena que fueron de 6.1 cm de largo X 5.7 cm de diámetro. Por lo que el -
 $Area = 0.785 (d)^2 = 0.785 (5.7)^2 = 25.50 \text{ cm}^2$, donde 0.785 es una constante, así el volumen del cilindro de la barrena es
 $V = 25.50 \times 6.1 = 155.57 \text{ cm}^3$. La fórmula para la determinación de la D.A. = Peso de la muestra del suelo seco/V del cilindro de la barrena = gr/cm^3 .

3.4.4. Determinación del porcentaje de emergencia

Esta nos denotará la dificultad de las plantas para vencer la costra del suelo.

Esta se determino considerando que se puso una semilla cada 8 cm por surco y entre surco la distancia fué de 80 cm. Considerando los dos surcos centrales, y restandole 1 m en cada extremo, quedarían de 6 m de largo, por lo que el área útil de la parcela quedaria de 9.6 m^2 ($0.8 \text{ m} \times 2 \times 6 \text{ m}$) y considerando que la semilla tenia un 98% de germinación, así en 2 m habia 25 semillas y en 12 m habia 150 semillas, las cuales se multiplican por 0.98 que es el porcentaje de germinación, lo cual nos daba el 100% de semillas que debia haber en 9.6 m^2 que era el área de la parcela útil.

3.4.5. Peso de la materia seca, grano y número de vainas buenas y vainas vanas por planta

El peso de la materia seca nos indicará la capacidad de la planta para producir materia verde que después será materia seca, así como esta medición nos indicará todo el desarrollo, tanto aéreo como subterráneo que alcanzó la planta.

El rendimiento de grano, así como el número de vainas buenas y vainas vanas por planta nos denotará, la capacidad de la planta para la producción de grano que es el que finalmente nos interesa.

Una vez que las plantas perdieron la humedad que traían del campo, se sacaron del cuarto de secado, después se pesaron en una báscula de reloj y se registraron los pesos obtenidos en gramos. Una vez hecho lo anterior se conto el número de vainas buenas y vainas vanas por planta y se registro el número obtenido. Para finalmente extraer el grano de las vainas y registrar el peso en gramos. Todas las mediciones anteriores se hicieron en base a 10 plantas y después se pasaron a planta individual.

3.4.6. Peso de grano de la parcela útil

Esta medición nos indicará que tan eficiente es la planta para la producción de grano, o sea la proporción de la materia seca que es dedicada a la producción de grano.

Después de que se cosecho toda la parcela útil en el campo, se procedio a limpiar el grano de frijol en forma manual, ayudandonos de un tamis. Posteriormente se registro el peso transformandolo a Tn/ha.

3.4.7. Número de plantas cosechadas

Para esto unicamente se conto el número de plantas por parcela útil al momento de la cosecha, registrandose el número obtenido.

3.4.8. Lecturas del módulo de ruptura

Por medio de estas lecturas determinaremos la dureza de la costra, lo cual es en condiciones de laboratorio.

Una vez que se tomaron las muestras del campo, se muelle en forma leve las muestras de suelo. Después se coloca el enrejado sobre una plataforma de madera, enseguida se llenan al raz 5 subdivisiones del enrejado de cada muestra de suelo. Posteriormente se inclina levemente la plataforma con el enrejado sobre ella.

Para agregarle agua en la parte superior de la plataforma, así el agua ascendera en cada molde para la formación del pequeño bloque, y el exceso de agua escurrira debido a la inclinación de la plataforma.

Después de esto, se mete el enrejado junto con la plataforma de madera al cuarto de secado donde estara a 50° C durante 24 horas que es el tiempo que tarda en alcanzar peso constante. Una vez que se secaron los pequeños bloques, se sacan del cuarto de secado; posteriormente se monta el aparato para la medición del módulo de ruptura, después con cuidado se sacan los pequeños bloques del enrejado.

Enseguida se coloca el pequeño bloque sobre el filo de las dos navajas. Se destara el peso del pequeño bloque de tal forma que la báscula este balanceada en cero, luego la navaja cortante se ajusta de tal forma que su filo apenas roce la parte media de la superficie del pequeño bloque. Después se va agregando peso poco a poco a la balanza, ésto hará que el plato y finalmente el pequeño bloque se eleven y este último sufra presión en su parte media por la navaja cortante. Finalmente, se registrará el peso que fue necesario para romper el pequeño bloque. Se usan cinco bloques para posteriormente sacar un promedio, que es el que finalmente se tomara en cuenta.

El módulo de ruptura se cálcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

F = Fuerza al quiebre (gramo-peso)

L = Distancia de los soportes (cm).

b = Anchura de la base del ladrillo (cm).

d = Grueso del ladrillo (pequeño ladrillo) (cm).

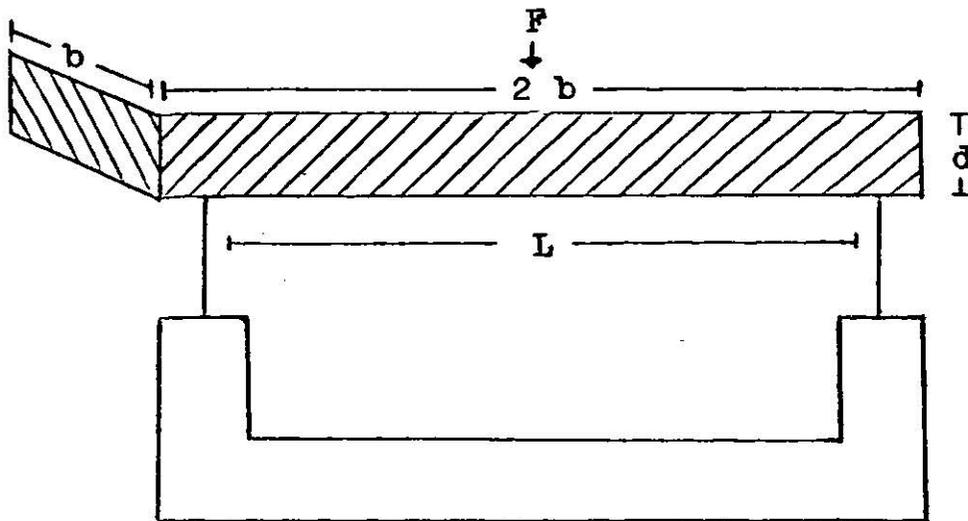


Figura 9. Vista de frente, del ladrillo para medir el módulo de ruptura, donde: $b = 3.5$ cm, $d = 1$ cm y $L = 5.08$ cm, donde $F =$ Fuerza aplicada (gramo-peso).

Para la realización de los análisis de varianza, se transformaron los datos originales, usando la siguiente fórmula $\sqrt[2]{\#}$, donde $\#$ es el número de la cantidad de la variable bajo estudio. Esta transformación se uso para las siguientes variables:

de plantas cosechadas.

de vainas buenas.

de vainas vanas.

La transformación, $\text{Sen}^{-1}\sqrt{P}$, donde Sen^{-1} es la función seno inverso y P es el contenido expresado como proporción, fué usada para la realización de los análisis de varianza, para las siguientes variables:

Porciento de emergencia.

Porciento de materia orgánica.

3.5. Diseño experimental utilizado

El diseño utilizado en el presente experimento fué un - bloques al azar, el cual se componía de tres repeticiones, y cada repetición estaba compuesta de 13 unidades experimentales, en donde fueron aleatorizados los tratamientos. El arreglo de éstos fué de acuerdo a un cuadrado doble (fig. 10 y 11). Lo cual se hizo con el propósito de probar algunas interacciones de interés, estiércol-fertilizante. El diseño, fué basado en un arreglo factorial 5X5 del cual se eliminaron 12 de las 25 combinaciones en forma sistemática, las restantes 13 combinaciones, tienen un cubrimiento uniforme del espacio de factores (cuadro 5 y fig. 9).

Las hipótesis estadísticas planteadas son las siguientes:

- H_0 : No existe diferencia significativa en la aplicación de los diferentes tratamientos de estiércol de cabra aplicados al suelo.
- H_1 : Si existe diferencia significativa en la aplicación de los diferentes tratamientos de estiércol de cabra aplicados al suelo.

El modelo propuesto es el siguiente:

$$\bar{Y}_k = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_1^2 + B_4X_2^2 + B_5X_1X_2 + E_k$$

con $k = 1, 2, \dots, 13$.

Donde:

- \bar{Y}_k = Es la media del k-ésimo tratamiento.
- X_1 y X_2 = Son las unidades del primero y segundo factor respectivamente (cuadro 5).
- B_0 = Intersección de la ecuación de regresión con la ordenada al origen.
- B_1 y B_2 = Parametros de los efectos lineales.
- B_3 y B_4 = Parametros de los efectos cuadráticos.
- B_5 = Parametro de la interacción.
- E_k = Error aleatorio del k-ésimo tratamiento.

Cuadro 4 Variables estudiadas, con su codificación correspondiente.

Codificación	Variable
X ₀₅	Porcentaje de emergencia.
X ₀₆ y X ₀₇	Densidad aparente de 0-15 y 15-30 cm de profundidad.
X ₀₈	Porcentaje de materia orgánica a la profundidad de 0-30 cm.
X ₀₉ y X ₁₀	Lecturas del módulo de ruptura de 0-15 y 15-30 cm de profundidad.
X ₁₁	Número de plantas cosechadas.
X ₁₂	Peso de grano de la parcela útil en Tn/ha.
X ₁₃	Peso de grano por planta en gr.
X ₁₄	Peso de la materia seca por planta en gr.
X ₁₅ y X ₁₆	Número de vainas vanas y vainas buenas.
X ₁₇	Lecturas del penetrómetro.

Cuadro 5 Dosis de estiércol (X₁) y nitrógeno (X₂), de los tratamientos seleccionados de la matriz experimental cuadrado doble, en unidades de peso por hectárea.

Tratamientos	X ₁ (estiércol, Tn/ha)	X ₂ (N, Kg/ha)
1	0	0.0
2	0	25.0
3	0	50.0
4	25	12.5
5	25	37.5
6	50	0.0
7	50	25.0
8	50	50.0
9	75	12.5
10	75	37.5
11	100	0.0
12	100	25.0
13	100	50.0

Cuadro 6 Dosis de estiércol (13% de humedad), correspondientes a los niveles de estiércol de cada tratamiento en toneladas por hectárea, aplicadas el verano de 1983, en cada unidad ó parcela experimental de 32 metros cuadrados de superficie.

Nivel de estiércol (Tn/ha).	Kilogramos de estiércol/parcela de 32 m ² .
0	0
25	80
50	160
75	240
100	320

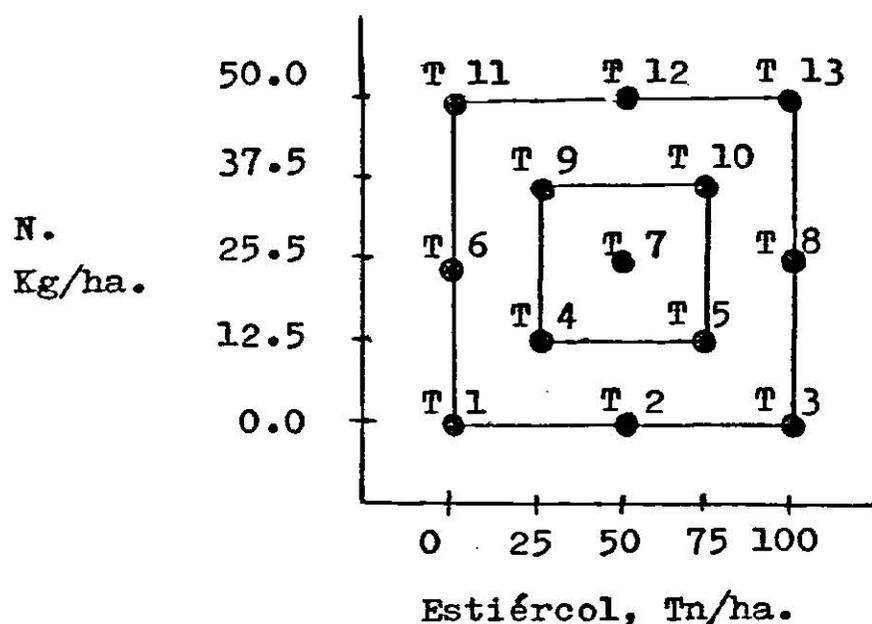


Figura 10 Distribución espacial de los tratamientos empleados, de acuerdo a el arreglo de un cuadrado doble.

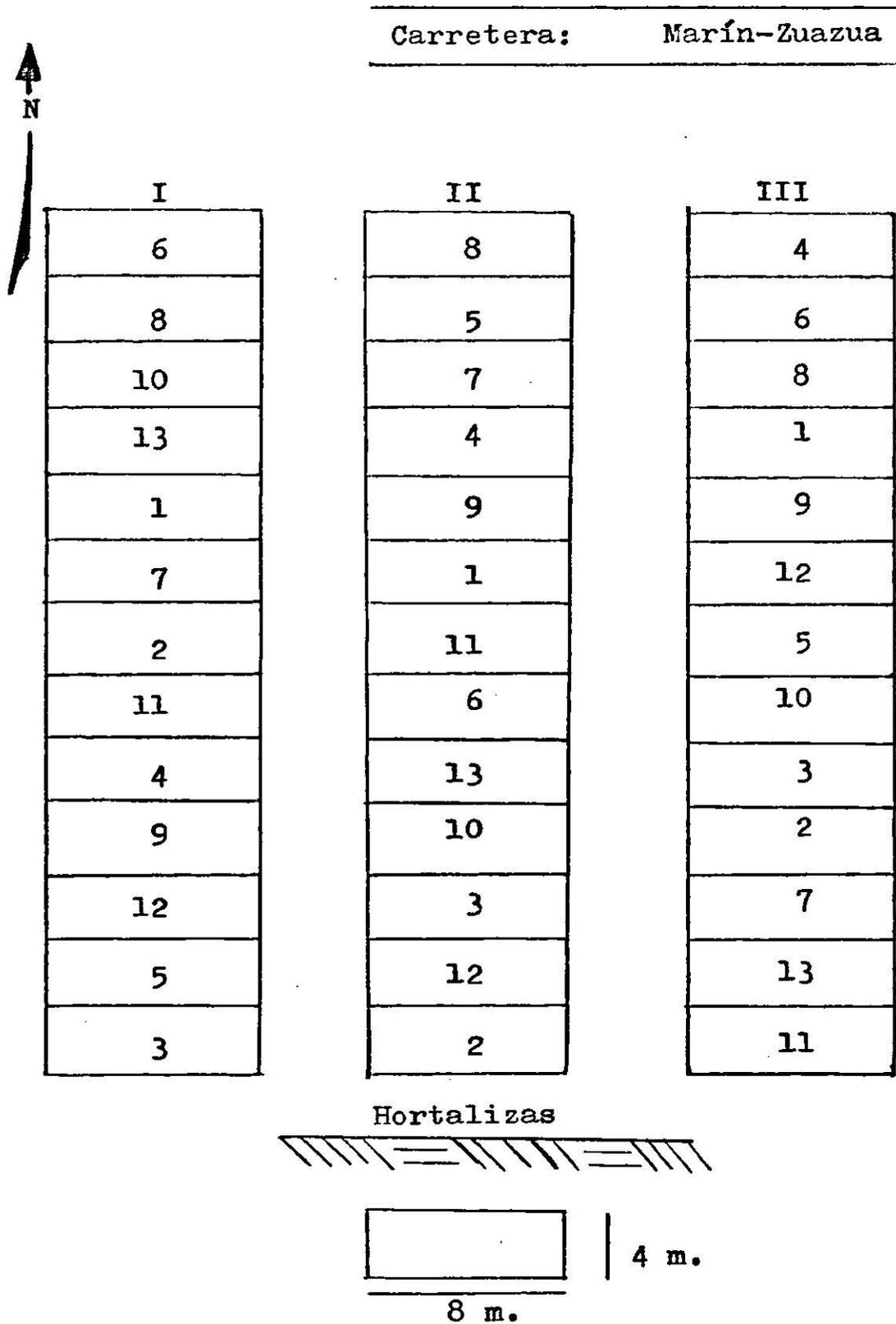


Figura 11 Croquis del experimento en el campo, distribución de los tratamientos y dimensión de las unidades experimentales.

4. RESULTADOS

Los resultados se presentaran de acuerdo con los cuadros 7 y 8, donde se presenta un resumen de los análisis de varianza de las variables estudiadas, así como un resumen de las pruebas de Tuckey y Duncan de la comparación multiple de medias de las variables que mostraron significancia.

Cuadro 7 Resumen de los análisis de varianza para las variables bajo estudio, mostrando la S.C. de Trats., S.C. Error, F cal., \bar{X} Gral. y % C.V.

Variable	S.C. Trats.	S.C. Error	F cal.	Sig.	\bar{X} Gral.	% C.V.
G.L.	12	24				
X ₀₅	179.022	304.81	1.175	N.S.	43.05	8.2782
X ₀₆	0.062	0.218	0.569	N.S.	1.21	7.8765
X ₀₇	0.059	0.225	0.524	N.S.	1.23	7.8719
X ₀₈	9.763	18.19	1.073	N.S.	8.05	10.8150
X ₀₉	17.602	3.676	9.576	+ +	3.11	12.5840
X ₁₀	6.240	7.116	1.754	N.S.	2.61	20.8627
X ₁₁	5.807	9.871	1.76	N.S.	8.81	7.2794
X ₁₂	1.300	0.763	3.408	+ +	1.34	13.3061
X ₁₃	357.201	22.184	3.238	+ +	20.0	15.2015
X ₁₄	2028.79	923.09	4.396	+ +	34.67	17.8880
X ₁₅	1.806	2.243	1.611	N.S.	1.32	23.1598
X ₁₆	4.311	3.974	2.170	N.S.	4.43	9.1855
X ₁₇	1.180	0.919	2.567	+	3.17	6.1439

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

S.C. Error = Suma de cuadrados del error.

F cal. = F calculada.

Sig. = Significancia.

\bar{X} Gral. = Media general.

% C.V. = Porcentaje del coeficiente de variación.

G.L. = Grados de libertad.

N.S. = Diferencia no significativa ($P \leq .05$).

+ = Diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq .05$).

+ + = Diferencia altamente significativa entre tratamientos ($P \leq .01$).

Lecturas del Módulo de Ruptura a una Profundidad de 0 - 15 cm, (X_{09}).

Se encontró una diferencia altamente significativa ---- ($P \leq .01$), entre los tratamientos probados. Mediante el método de Tuckey, de comparación múltiple de medias (cuadro 8), se encontró que los tratamientos que produjeron los valores más bajos fueron el 9,6,11,10,7,8,12 y 13; ($\bar{X} = 2.93, 2.85, 2.79, 2.77, 2.71, 2.59, 2.51$ y 1.88), que difieren estadísticamente de los más altos que fueron el 3,4,5,2 y 1; ($\bar{X} = 4.20, 3.97, 3.93, 3.75$ y 3.61). Mediante el análisis de regresión lineal múltiple, se encontró que el modelo cuadrático propuesto inicialmente, solo explica el 70% de la variación ($R^2 = 0.7010-4$). Mediante la determinación de la falta de ajuste, encontrándose ésta, lo cual nos indica que el modelo propuesto ---- inicialmente, no se ajusta a la distribución de los datos encontrados. Utilizando el procedimiento de todas las regresiones posibles (67), se encontró que solamente el efecto lineal del estiércol (X_1) y el de la interacción estiércol-nitrógeno (X_1X_2) tuvieron la mayor influencia significativa en la presente variable, ya que ambas tienen una $R^2 = 0.65265$ y un CME = 0.20917, así el mejor modelo ajustado queda de la siguiente forma (X_1 en Tn/ha y X_2 en Kg/ha):

$$\hat{Y} = 3.897094 - 0.01171275 X_1 - 0.0001571852 X_1X_2$$

Peso del Grano de la Parcela Util en Tn/ha (X_{12}).

Se encontró una diferencia altamente significativa ---- ($P \leq .01$), entre los tratamientos probados. Mediante el método Duncan, de comparaciones múltiples de medias (cuadro 8), se encontró que los tratamientos que produjeron los valores más altos fueron el 13,11,8,9,6 y 10; ($\bar{X} = 1.59, 1.56, 1.51, 1.50, 1.50$ y 1.49), que difieren estadísticamente de los tratamientos más bajos 7,12,1,3 y 2 ($\bar{X} = 1.22, 1.19, 1.17, 1.07$ y 1.06). Mediante el análisis de regresión lineal múltiple, solo el 50% de la variación ($R^2 = 0.50226$), es explicado.

Por el modelo propuesto al inicio. Mediante la determinación de la falta de ajuste, encontramos ésta, lo cual nos indica que el modelo propuesto inicialmente, no se ajusta a la distribución de los datos encontrados. Utilizando el procedimiento de todas las regresiones posibles (67), se encontró que solamente el efecto lineal (X_1) y cuadrático (X_1^2) -- del estiércol, tuvieron la mayor influencia significativa en la presente variable, debido a que ambas nos dan una ----- $R^2 = 0.36979$ y un CME = 0.03873, así el mejor modelo ajustado quedo de la siguiente forma (X_1 en Tn/ha).

$$\hat{Y} = 1.09796 + 0.009416497 X_1 - 0.00005877925 X_1^2$$

Peso del Grano por Planta en Gramos (X_{13})

Se encontró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos probados ($P \leq .01$). Mediante el método -- Tuckey, de comparación múltiple de medias (cuadro 8), se encontró que los tratamientos que produjeron los más altos rendimientos fueron el 8 y 7, ($\bar{X} = 24.69$ y 23.77) que difieren estadísticamente de los tratamientos que produjeron los más bajos rendimientos los cuales fueron el 1 y 3, ($\bar{X} = 14.73$ y 14.30). Por medio de un análisis de regresión lineal multi-- ple, solo el 44.57% ($R^2 = 0.4457$) de la variación es explicado, por medio del modelo propuesto al inicio. Mediante la determinación de la falta de ajuste, si se encontró ésta, lo -- cual nos dice que el modelo propuesto no se ajusta a la distribución de los datos encontrados. Utilizando el procedimiento de todas las regresiones posibles (67), se encontró que solamente el efecto lineal y cuadrático (X_1 y X_1^2) del estiércol, tuvieron el mayor efecto significativo, debido a que ambas tienen una $R^2 = 0.43086$ y un CME = 9.62958, así el mejor modelo ajustado queda de la siguiente forma (X_1 en Tn/ha).

$$\hat{Y} = 15.64107 + 0.2282887 X_1 - 0.0183362 X_1^2$$

Peso de la Materia Seca por Planta en Gramos (X_{14})

Se encontró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos probados ($P \leq .01$). Mediante el método de Tuckey, de comparaciones múltiples de medias (cuadro 8), se encontró que los tratamientos con más baja producción de materia seca fueron el 2, 3 y 1, ($\bar{X} = 26.67, 23.33$ y 21.67) difieren estadísticamente de los tratamientos que tuvieron mayor producción de materia seca, los cuales fueron el 7 y 8 ($\bar{X} = 45.83$ y 45.00). Mediante el análisis de regresión lineal múltiple se encontró que el modelo propuesto inicialmente solo explica el 49.99% ($R^2 = 0.49996$) de la variación total. Así mediante la determinación de la falta de ajuste, se encontró ésta, lo cual nos indica que el modelo propuesto al inicio, no se ajusta a la distribución de los datos encontrados. Utilizando el procedimiento de todas las regresiones posibles (67), se encontró que solamente el efecto lineal y cuadrático del estiércol (X_1 y X_1^2) tuvieron la mayor influencia significativa en la presente variable, debido a que ambas tienen una $R^2 = 0.46464$ y un CME = 46.878, así el mejor modelo ajustado queda de la siguiente forma (X_1 en Tn/ha).

$$\hat{Y} = 24.32232 + 0.5278118 X_1 - 0.004170022 X_1^2$$

Lecturas Tomadas al Penetrómetro (X_{17})

Se encontró una diferencia significativa ($P \leq .05$), entre los tratamientos probados. Mediante el método Tuckey de comparación múltiple de medias (cuadro 8), se encontró que los tratamientos que tuvieron lecturas más bajas fueron el 9 y el 13, ($\bar{X} = 2.854$ y 2.876) que difirieron estadísticamente del que dio la lectura más alta el cual fué el 1, ($\bar{X} = 3.452$). Mediante el análisis de regresión lineal múltiple, se determino que el modelo propuesto inicialmente solo explica el 32.953% ($R^2 = 0.32953$) de la variación total. Se determino la falta de ajuste, no encontrandose ésta, lo cual nos indica que el modelo propuesto si se ajusta.

A la distribución de los datos encontrados. Utilizando el procedimiento de todas las regresiones posibles (67), se encontró que solamente el efecto lineal del estiércol (X_1) - tuvo la mayor influencia significativa en la presente variable, debido a que tiene una $R^2 = 0.28296$ y un CME = 0.4699, así el mejor modelo ajustado queda de la siguiente forma --- (X_1 en Tn/ha):

$$\hat{Y} = 3.346121 - 0.003615238 X_1$$

Las Variables Análizadas Tales Como:

- Por ciento de emergencia en 9.6 m² (parcela útil), (X_{05}).
- Densidad aparente 0 - 15 cm de profundidad (gr/cm³), --- (X_{06}).
- Densidad aparente 15 - 30 cm de profundidad (gr/cm³), -- (X_{07}).
- Por ciento de materia orgánica 0 - 30 cm de profundidad, (X_{08}).
- Lecturas del módulo de ruptura de 15 - 30 cm de profundidad (Bares), (X_{10}).
- Número de plantas cosechadas, (X_{11}).
- Número de vainas vanas por planta individual, (X_{15}).
- Número de vainas buenas por planta individual, (X_{16}).

La diferencia encontrada en las variables anteriores, no fué suficiente como para mostrar significancia entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

En el Apendice, se presenta un cuadro (cuadro 9), donde se presenta un resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento. Así como una lista de los modelos ajustados, de las variables significativas (cuadro 10).

Cuadro 8 Resumen de las pruebas de Tuckey y Duncan (de ésta última solo la variable X_{12}) de las variables con diferencia significativa entre tratamientos.

Variable X_{09}		Variable X_{12}		Variable X_{13}	
Trats.	Medias	Trats.	Medias	Trats.	Medias
3	4.20	13	1.59	8	24.69
4	3.97	11	1.56	7	23.77
5	3.93	8	1.51	5	22.55
2	3.75	9	1.50	6	21.96
1	3.61	6	1.50	12	21.14
9	2.93	10	1.49	13	20.82
6	2.85	4	1.32	9	20.56
11	2.79	5	1.27	11	20.27
10	2.77	7	1.22	10	19.71
7	2.71	12	1.19	4	18.54
8	2.59	1	1.17	2	17.08
12	2.51	3	1.07	1	14.73
13	1.88	2	1.06	3	14.30

Variable X_{14}		Variable X_{17}	
Trats.	Medias	Trats.	Medias
7	43.83	1	3.452
8	45.00	4	3.383
12	40.00	5	3.314
5	39.17	2	3.314
6	37.50	7	3.245
9	37.50	8	3.176
13	35.83	3	3.176
11	34.17	12	3.153
10	33.33	10	3.107
4	30.77	6	3.084
2	26.67	11	3.015
3	23.33	13	2.876
1	21.67	9	2.854

5. DISCUSION

Mediante un análisis de varianza, se rechazó la hipótesis nula H_0 , y se aceptó la alternativa H_1 , la cual dice que si existe diferencia significativa en los diferentes tratamientos de estiércol de cabra aplicados al suelo, en las siguientes variables:

Lecturas del módulo de ruptura a una profundidad de
0 - 15 cm.

Peso de grano de la parcela útil en Tn/ha.

Peso de grano por planta en gr.

Peso de la materia seca por planta en gr.

Lecturas del penetrómetro.

En general para todas las variables significativas, por medio de un análisis de regresión, por el método de la máxima R^2 , se obtuvo un R^2 menor al 80%, debido a que ya no se encontró efecto lineal ni cuadrático del fertilizante químico aplicado. Debido a lo anterior y a literatura citada, para investigaciones posteriores, se propone probar ecuaciones donde se pruebe el efecto cúbico, o bien ecuaciones exponenciales, ya que los efectos lineal y cuadrático del nitrógeno no son adecuados para explicar la distribución de los datos encontrados.

En general los tratamientos con resultados más altos en cuanto a rendimiento, y más bajos en cuanto a las lecturas del módulo de ruptura y del penetrómetro fueron aquellos que excedieron a 50 Tn/ha de estiércol aplicado.

En cuanto a las lecturas del módulo de ruptura, la técnica usada para tomar dichas lecturas, aún no está muy ensayada, ya que los aparatos utilizados no son muy precisos debido a que se construyeron con el material disponible que se contaba en el laboratorio, pero tomando como base y la mayor semejanza posible en cuanto a la construcción del aparato, para obtener resultados lo más preciso posible, a aparatos anteriormente usados.

Cuyos resultados tenían mayor precisión, como el aparato citado por Reeve (55).

En las lecturas tomadas del módulo de ruptura a la profundidad de 0 - 15 cm. El tratamiento que dio la lectura más alta fué el 3 ($\bar{X} = 4.20$ Bars), con 50 Kg/ha de nitrógeno y 0 Tn/ha de estiércol, en contraste con el tratamiento 13 ($\bar{X} = 1.88$ Bars) con 50 Kg/ha de nitrógeno y 100 Tn/ha de estiércol. Esto concuerda con los resultados encontrados por Tiarks, Mazurak y Chesnin (33), los cuales encontraron una disminución de 0.60 a 0.08 Bars del módulo de ruptura. Así una disminución en las lecturas del módulo de ruptura, es debido a que la incorporación de estiércol, disminuye la cohesión entre las partículas del suelo.

En las muestras tomadas a la profundidad de 15 - 30 cm para la toma de las lecturas del módulo de ruptura, no se encontró diferencia significativa, lo cual puede ser debido a las bajas dosis de estiércol utilizadas en los tratamientos, así como, el hecho de que solo se metió la rastra para la preparación del suelo, con lo cual el suelo no se removió más allá de los 15 cm de profundidad.

Lecturas del penetrómetro. El tratamiento que dio la lectura más alta fué el 1 ($\bar{X} = 3.452$ Bares), con 0 Kg/ha de nitrógeno y 0 Tn/ha de estiércol, que difiere del que dio la lectura más baja que fué el 9 ($\bar{X} = 2.854$ Bares), con 50 Kg/ha de nitrógeno y 100 Tn/ha de estiércol. Esto coincide con lo mencionado por Mazurak, Chesnin y Tiarks, quienes indican que la adición de abono al suelo decrece la dureza formada por las gotas de lluvia (39). Así como el estudio realizado por Elizondo y Alonso quienes afirman que la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica incrementa la agregación del suelo inmediatamente después de su aplicación (44). Así la obtención de lecturas más bajas en los tratamientos más altos es debido a la disminución del endurecimiento de la costra.

Debido a que la materia orgánica aumenta la estabilidad de los agregados del suelo, permitiendo una mayor infiltración del agua de riego o de lluvia, y disminuyendo la compactación del suelo.

En las lecturas del módulo de ruptura, se observó un efecto lineal del estiércol, así como la interacción estiércol-nitrógeno, siendo ésta variable la única donde se manifestó efecto del nitrógeno, lo cual nos indica que el nitrógeno aplicado fué utilizado por los microorganismos del suelo como fuente de energía, así como nutriente por las plantas del cultivo establecido durante el primer ciclo del experimento. En las lecturas del penetrómetro solo se encontró efecto lineal del estiércol, no encontrándose efecto del N.

Peso de grano de la parcela útil en Tn/ha. El tratamiento que dio la producción más alta es el 13 ($\bar{X} = 1.59$ Tn/ha) - contrastando con el que dio la producción más baja, el cual fué el 2 ($\bar{X} = 1.06$ Tn/ha), el tratamiento 13 consistió de 50 Kg/ha de nitrógeno con 100 Tn/ha de estiércol y el 2 consistió de 25 Kg/ha de nitrógeno con 0 Tn/ha de estiércol.

Peso de grano por planta en gr. El tratamiento que dio el rendimiento más alto fué el 8 ($\bar{X} = 24.69$ gr) con 50 Kg/ha de nitrógeno y 50 Tn/ha de estiércol; que diferio con el que dio el rendimiento más bajo el cual fué el 3 ($\bar{X} = 14.30$ gr) - el cual consistió de 50 Kg/ha de nitrógeno y con 0 Tn/ha de estiércol.

Peso de la materia seca por planta en gr. El tratamiento que dió más alto fué el 7 ($\bar{X} = 45.83$ gr) con 25 Kg/ha de nitrógeno y 50 Tn/ha de estiércol, el cual contrastó con el más bajo, el cual fué el 1 ($\bar{X} = 21.67$ gr) con 0 Kg/ha de nitrógeno y 0 Tn/ha de estiércol.

El aumento en general de la producción concuerda con lo mencionado por McIntosh y Varney, quienes encontraron que aplicaciones arriba de 67 Tn/ha incrementaron significativamente la tasa de crecimiento, así como el rendimiento del maíz que se cultivo por tres años consecutivos (40).

Así el aumento en la producción es debido a que el estiércol tiene gran cantidad de N, P y K, como puede verse en el cuadro 1, los cuales son necesarios en mayor proporción por las plantas para su desarrollo, lo cual es corroborado por Herron y Erhart quienes en su estudio encontraron que durante el primer año en que fué aplicado el abono, cada Tn de abono aplicado, producía un incremento en rendimiento equivalente a el incremento que produciría 11 Lb de N/acre.

Además debido a que la materia orgánica amortigua el pH según Lavín, citada por Bastidas y Lavín (45). Así mediante la incorporación de estiércol se reduce el pH, con lo cual se aumenta la asimilación de los micronutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas, sobre todo en suelos calcáreos, como los que tenemos en el NE de México. Esto es corroborado por Mathers "et al" quienes encontraron que el estiércol de ganado estabulado fué efectivo en proveer de Fe para el crecimiento del sorgo en suelos calcáreos deficientes en Fe (35). Así como Wallingford "et al" quienes encontraron que en dos años de aplicación de abono bovino, se incrementó la disponibilidad del Fe, Zn, Mn y en menor grado el Cu (68), lo anterior coincide con lo encontrado por Chesnin y Mazurak (21).

Además de el contenido de nutrientes en el estiércol, éste, ayuda a una mayor retención de agua en el suelo, con lo cual va a estar más tiempo disponible para el uso de la planta. Así como reducir el endurecimiento de la costra.

En las tres variables componentes del rendimiento, antes mencionadas. En base a un análisis de Regresión, mediante el método de máxima R^2 , se encontró solamente efecto lineal y cuadrático del estiércol, no encontrándose efecto lineal, ni cuadrático del nitrógeno químico, ni el efecto de la interacción del estiércol con el nitrógeno químico, lo cual es debido a que la ecuación cuadrática probada no explica dichos efectos.

El porcentaje de materia orgánica, densidad aparente a la profundidad de 0 - 15 y 15 - 30 cm, así como el porcentaje de emergencia, no se encontró diferencia significativa mediante un análisis de varianza, lo cual puede ser debido a que los tratamientos de estiércol fueron bajos, ya que el más alto fué de 100 Tn/ha, que se aplicaron al principio del experimento, y el presente estudio se realizó a un año de que se hizo la aplicación. Revisando literatura, se encontró trabajos realizados anteriormente como el de Mathers y Stewart, citados por Meek, Grahám y Dorovan, quienes reportaron que la aplicación de 224 Tn/ha de abono cada tres años incrementó la materia orgánica en los primeros 15 cm de profundidad de 1.5 a 3.5% (42).

Dado que la materia orgánica es un mejorador de la densidad aparente, tomando en cuenta todo lo anteriormente citado, son también necesarias grandes cantidades de estiércol para disminuir la densidad aparente del suelo, ésto es considerando estudios realizados anteriormente como el de Tiarks, Mazurak y Chesnin quienes aplicaron dosis de hasta 360 Tn métricas/ha/año (durante tres años), los resultados mostraron una disminución de 1.05 a 0.90 gr/cm³ a una profundidad de 10 cm (33). Así como el realizado por Stewart y Unger que aplicaron dosis de hasta 268 Tn/ha y encontraron una reducción de 1.37 gr/cm³ en el testigo, a 1.12 gr/cm³ en el tratamiento de 268 Tn/ha (64).

Al aplicar dosis altas de estiércol al suelo, aumentamos el porcentaje de materia orgánica, lo cual se reflejaría en una disminución de la densidad aparente, y al reducirse ésta, tendríamos un suelo menos compacto y así se facilitaría la emergencia de las plantas.

Número de plantas cosechadas, así como número de vainas buenas y vainas vanas. En estas variables, la diferencia encontrada en los diferentes tratamientos, no fué suficiente como para mostrar significancia ($P < .05$), mediante el ANVA.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Si se encontró efecto residual del estiércol de cabra, en el presente estudio, después de dos ciclos de cultivo; para las siguientes variables: lecturas del módulo de ruptura a una profundidad de 0 - 15 cm, peso de grano de la parcela útil en Tn/ha, peso de grano por planta en gr y lecturas del penetrómetro, éstas al igual -- que las del módulo de ruptura fueron en bares.
2. Para las variables significativas en general, el $\% R^2$, no superó el 80%, lo cual es debido a que ya no se encontró efecto lineal, ni cuadrático del nitrógeno químico, solamente se encontró la interacción estiércol-nitrógeno, en la variable de las lecturas del módulo de ruptura de 0 - 15 cm de profundidad, debido a lo anterior para investigaciones posteriores semejantes a la presente, se sugiere probar ecuaciones donde se pruebe el efecto cúbico ó bien ecuaciones exponenciales.
3. En general los tratamientos con los resultados más altos en cuanto a rendimiento, y más bajos en cuanto a -- las lecturas del módulo de ruptura y del penetrómetro -- fueron aquellas que excedieron las 50 Tn/ha de estiércol aplicado. Por lo que para estudios posteriores, se propone aumentar las dosis de estiércol.
4. Altas dosis de estiércol aplicadas al suelo, disminuyen la cohesión entre las partículas del suelo, lo cual --- trae consigo una disminución del endurecimiento de la costra.
5. La incorporación de grandes cantidades de estiércol aumenta el contenido y asimilabilidad de macro y micronutrientes debido a que amortigua el pH del suelo, mejora la retención del agua en el suelo, con lo cual va estar -- más tiempo disponible para el uso de la planta. Así todo lo anterior, se reflejará en un aumento de la producción, del cultivo establecido.

6. La incorporación de nitrógeno químico, aplicado al principio del estudio, se manifestó en el presente estudio, por medio del efecto de la interacción estiércol-nitrógeno, en las lecturas del módulo de ruptura, variable para medir la dureza de la costra. En las componentes del rendimiento, solamente se manifestó efecto del estiércol, debido a que el N químico aplicado al inicio del estudio, fué utilizado en los dos primeros ciclos de cultivo, como nutriente para las plantas del cultivo establecido, así como fuente de energía para los microorganismos del suelo, destructores de la materia orgánica incorporada al suelo.
7. La dosis de 100 Tn/ha de estiércol, que fué el tratamiento más alto utilizado, no fué suficiente como para disminuir la densidad aparente, aumentar el porcentaje de materia orgánica, así como provocar un cambio estadísticamente significativo en el porcentaje de emergencia y en las lecturas del módulo de ruptura a la profundidad de 15 - 30 cm.

SUMMARY

RESIDUAL EFFECT OF GOAT MANURE AS AN IMPROVER OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL, AFTER TWO CONTINUOUS CYCLES OF CULTIVATION AND ITS INFLUENCE ON BEAN (Phaseolus vulgaris L.) -- YEALD.

The experiment was established at the experimental station from the Agronomy Faculty of N.L. A.U. in Marín, N.L.

In this region, calcareous clay soils are very common, this situation together with dry climate, make both seeding emergence and plant nutrition to be very difficult. Due to these problems, the objectives of this study were:

- a) To observe the residual effect of goat manure on some physical and chemical characteristics of soil, after two cycles of cultivation of the soil treated with manure.
- b) To observe the influence of this residual effect, if is present, on bean yield.
- c) To accumulate information with the former cycles of cultivation, in order to make recommendations based on treatments that gave the best results.

The variety of bean "Delicias 71, selection 4" was used. -- N-treatments ranged from 0 to 50 kg/ha and manure treatments vary from 0 to 50 tn/ha.

The variables considered were, dry matter per plant, number of pods with and without grain per plant, grain yield per plant, grain yield per hectare; organic matter in the 0-30 cm level of soil, crust hardness seeding emergence in percent; bulk density - (0-15 cm and 15-30 cm deep in soil).

The analysis of variance showed significance for the following variables: soil modulus of rupture (0-15 cm) ($p \leq 0.01$) grain

yield ($p \leq 0.01$), dry matter per plant ($p \leq 0.01$) and penetrometer measurements ($p \leq 0.05$).

Regression analysis were significant ($p \leq 0.01$), but coefficient of determination (R^2) in non case were higher than 0.80. -- This phenomenon was because N-fertilizer effects did not contribute to explain the variation among the variables. However, the interaction N-manure was significant, with the variable soil modulus of rupture (0-15 cm).

Based on the results obtained here, it can be stated that -- there was residual effect of goat manure incorporated to, soil, and the best treatments were the ones that exceeded 50 tn/ha of -- manure.

Therefore, goat manure is recommended as an improver of physical and chemical properties of calcareous clay soil, located on regions with similar characteristics of soil and climate to the areas registered in this study; this changes will be reflected in an increase of crop yields.

José Escobedo López.

Agronomy Faculty, Nuevo León Autonomy University.

A P E N D I C E

Cuadro 9 Resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento.

Variable	Media general	Mínimo	Máximo	Desviación estandar	Coef. de variación en %.
X_{05}^+	46.68	30.06	66.00	8.475	13.07
X_{06}	1.21	1.03	1.45	0.086	7.87
X_{07}	1.23	0.99	1.40	0.088	7.87
X_{08}^+	1.98	1.17	3.03	0.416	21.00
X_{09}	3.11	1.56	4.78	0.755	12.58
X_{10}	2.61	1.46	4.29	0.598	20.58
X_{11}^+	63.18	32.00	90.00	13.784	17.26
X_{12}	1.34	0.75	1.82	0.241	13.30
X_{13}	20.00	10.44	29.11	4.004	15.20
X_{14}	34.67	20.00	55.00	9.073	17.88
X_{15}^+	1.89	0.50	4.80	0.994	43.79
X_{16}^+	19.86	11.40	29.00	4.175	17.86
X_{17}	3.17	2.55	3.65	0.253	6.15

(+) Datos originales, presentados sin corrección, en unidades numéricas para X_{11} , X_{15} y X_{16} y en porcentaje para X_{05} y X_{08} .

Cuadro 10 Listado de los modelos ajustados, de las variables significativas.

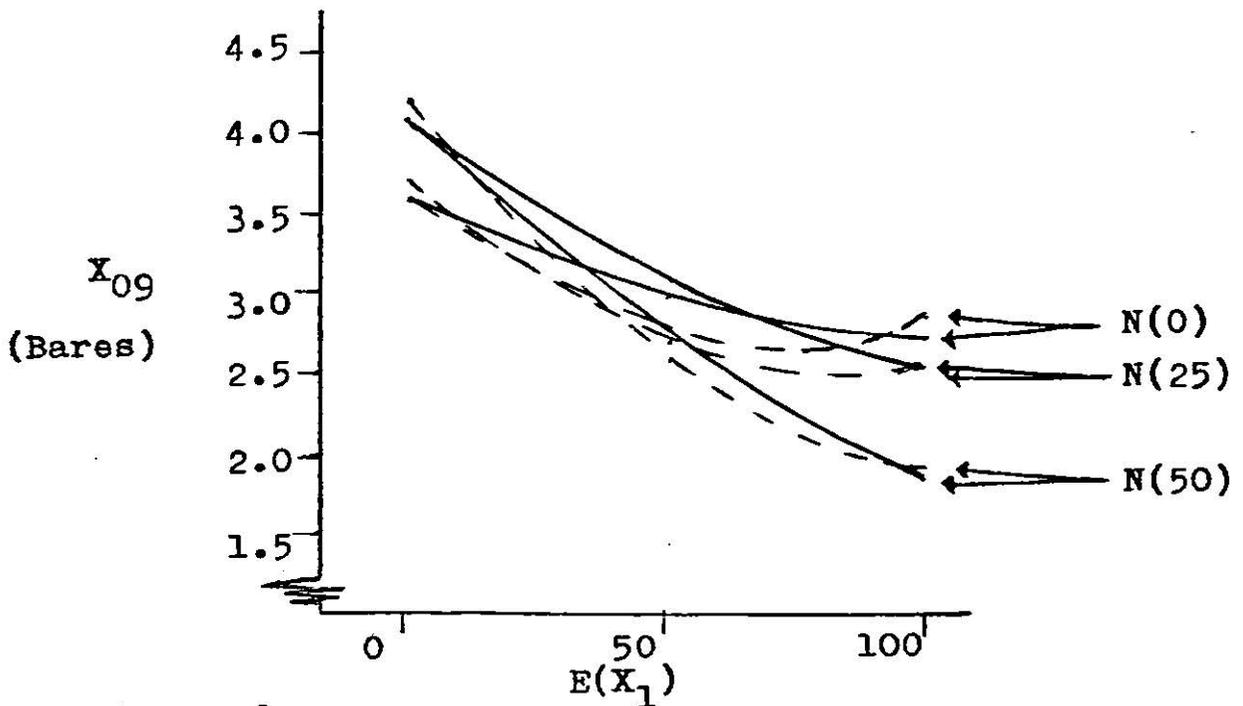
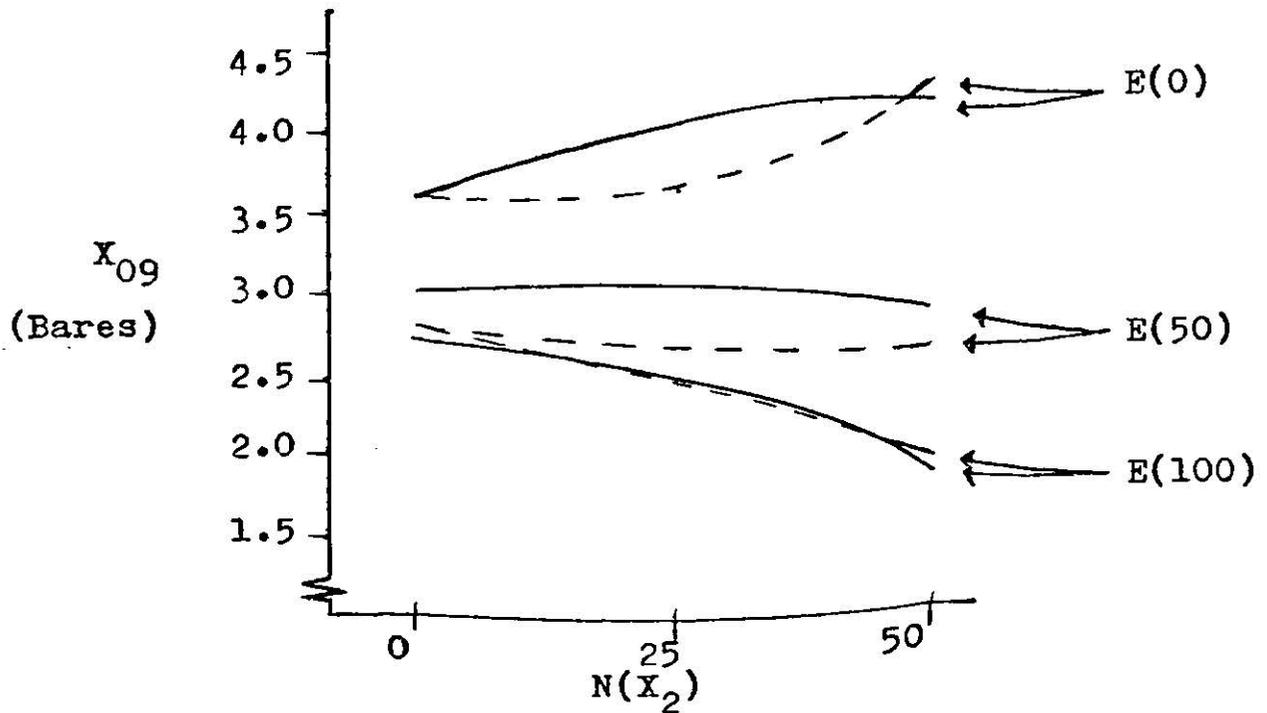
	Variables				
	X_{09}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{17}
B_0	3.897094	1.09796	15.64107	24.32232	3.346121
X_1	-0.01171275	-0.0094164	0.2282887	0.527811	-0.0036152
X_2					
X_1^2		-0.0000587	-0.0183362	-0.0041700	
X_2^2					
$X_1 X_2$	-0.000157185				
Sig.	++	++	++	++	+
R^2	0.65265	0.36979	0.43086	0.46464	0.28296
CME	0.20917	0.03873	9.62958	46.878	0.4699

Sig. = Significancia.

+ = Diferencia significativa entre tratamientos ($P < .05$).

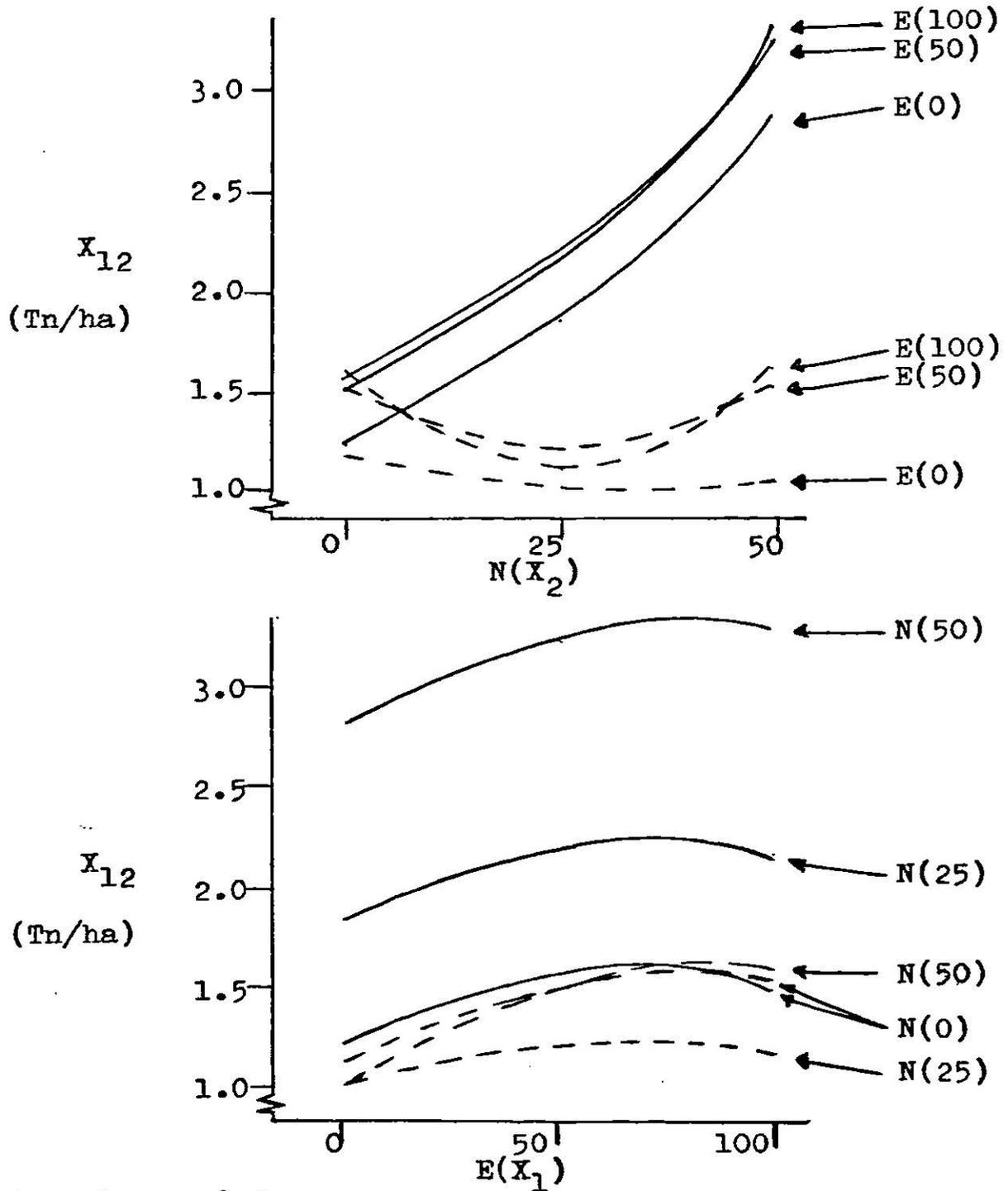
++ = Diferencia altamente significativa entre tratamientos ($P < .01$).

CME = Cuadrado medio del error.



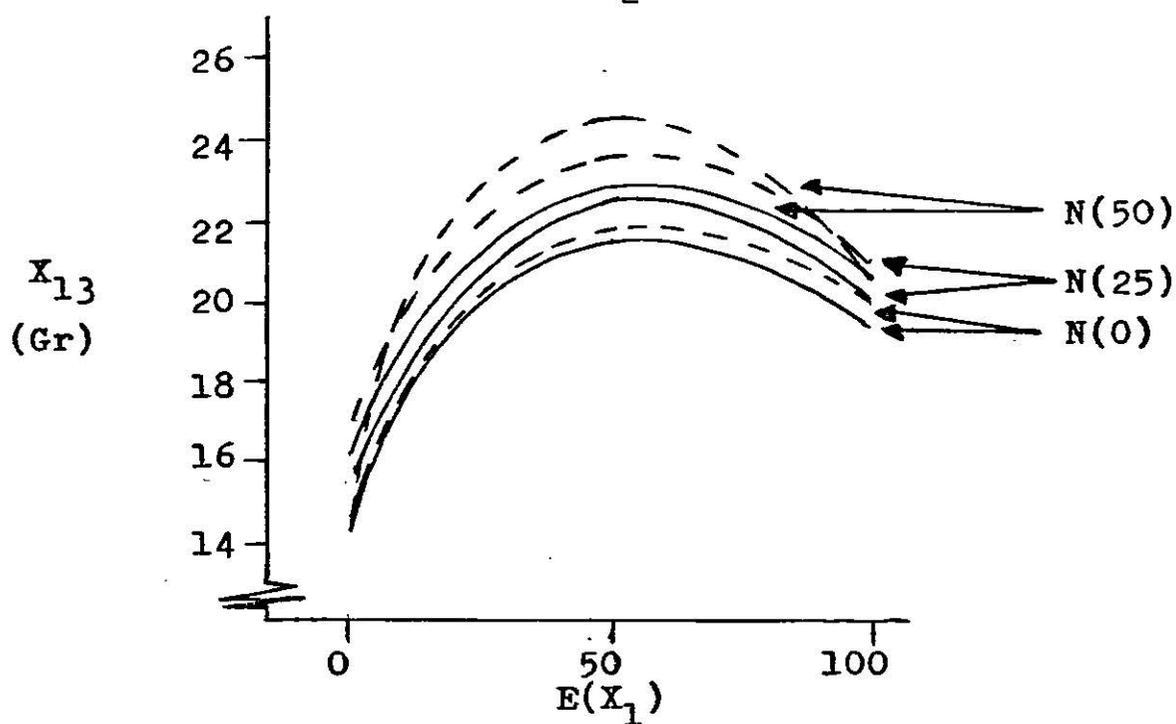
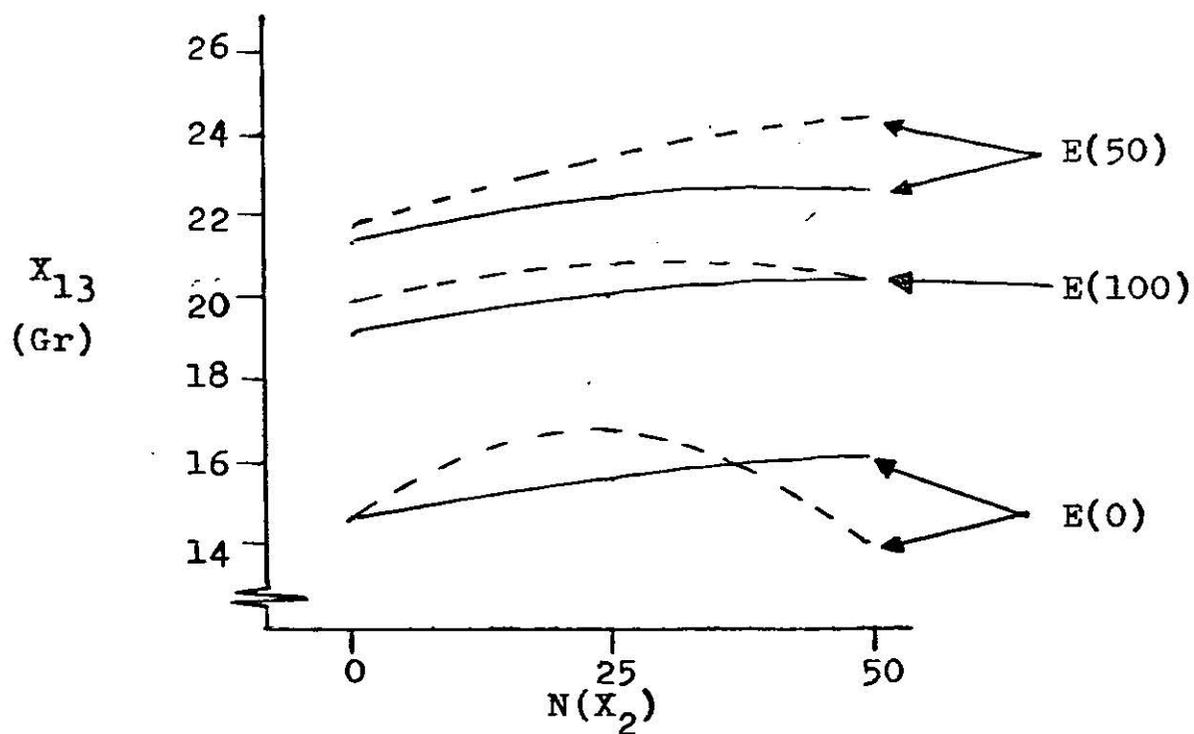
Datos observados -----
 Datos esperados _____

Fig. 12 Curvas de regresión con datos observados y esperados para Lecturas del Módulo de Ruptura a la profundidad de 0 - 15 cm, donde la ecuación de regresión es: $\hat{Y} = 3.613726 - 0.01564832 X_1 + 0.00007191422 X_1^2 + 0.02861570 X_2 - 0.0003630086 X_2^2 - 0.0002874195 X_1 X_2$ y una $R^2 = 0.70104$.



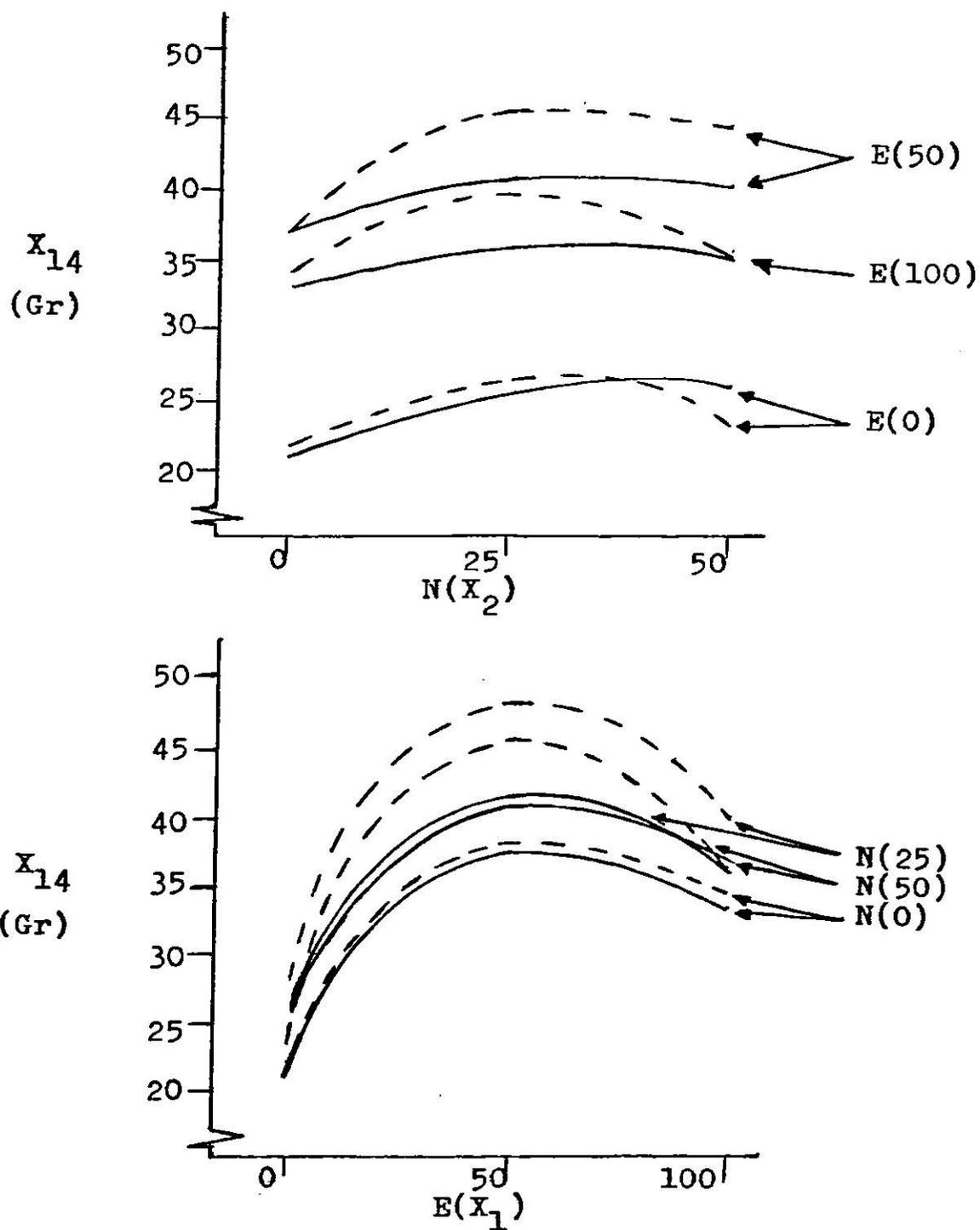
Datos observados -----
 Datos esperados _____

Fig. 13 Curvas de regresión con datos observados y esperados para Peso del Grano por Parcela Util, donde la ecuación de regresión es: $\hat{Y} = 1.218746 + 0.01024061 X_1 - 0.00007393406 X_1^2 + 0.01757969 X_2 + 0.000312796 X_2^2 + 0.00002765489 X_1 X_2$ y una $R^2 = 0.70104$.



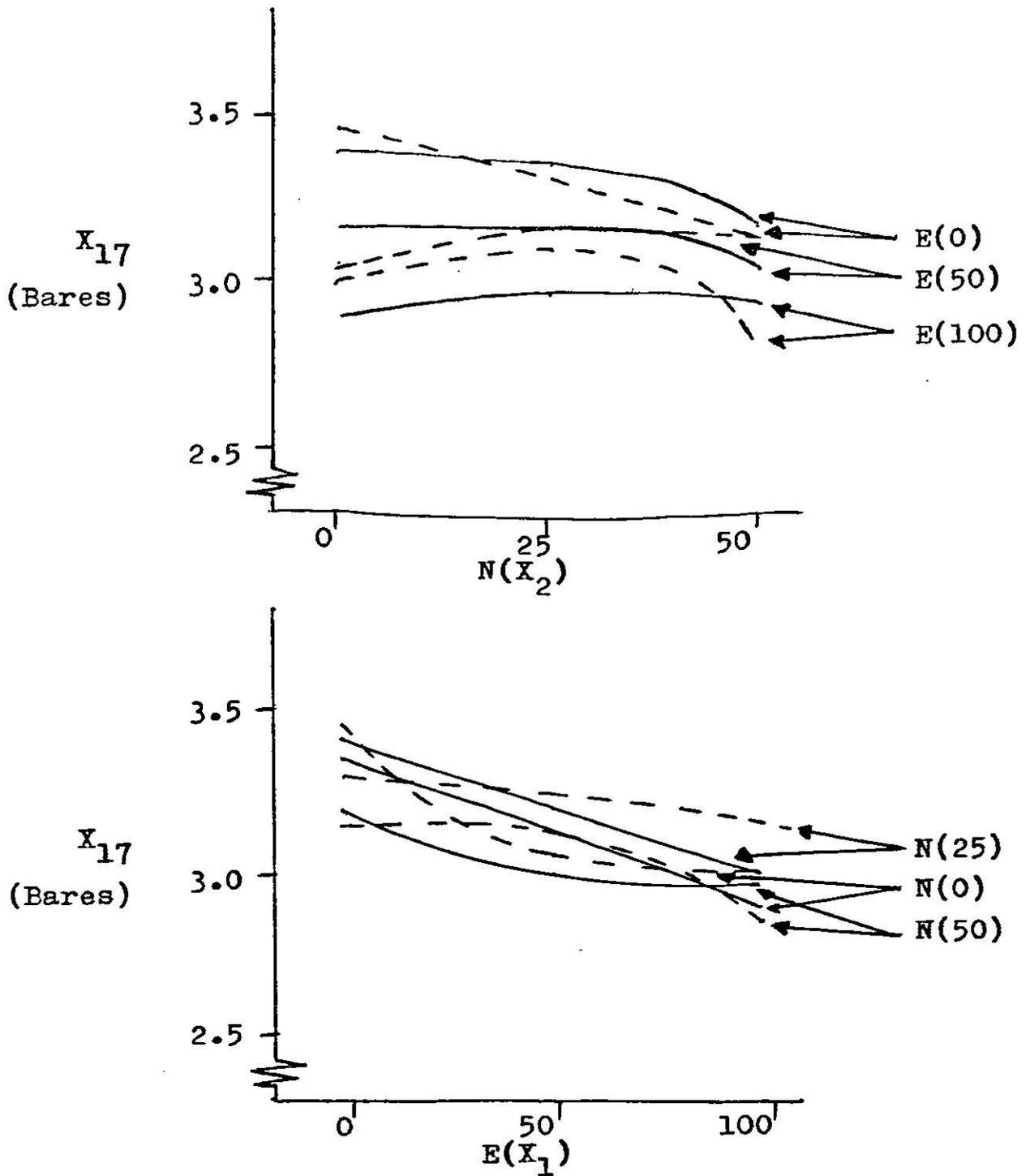
Datos observados - - - - -
 Datos esperados —————

Fig. 14 Curvas de regresión con datos observados y esperados para Peso de Grano por Planta, donde la ecuación de regresión es: $\hat{Y} = 14.84378 + 0.2269051 X_1 - 0.001809331 X_1^2 + 0.05207741 X_2 - 0.0004960021 X_2^2 - 0.00004078387 X_1 X_2$ y una $R^2 = 0.4457$.



Datos observados - - - - -
 Datos esperados _____

Fig. 15 Curvas de regresión con datos observados y esperados para Peso de la Materia Seca por Planta, donde la ecuación de regresión es: $\hat{Y} = 20.95127 + 0.5263078 X_1 - 0.004007139 X_1^2 + 0.2716639 X_2 - 0.003361907 X_2^2 - 0.0005913707 X_1 X_2$ y una $R^2 = 0.49996$.



Datos observados - - - - -
 Datos esperados _____

Fig. 16 Curvas de regresión con datos observados y esperados para Lecturas del Penetrómetro, donde la ecuación de regresión es: $\hat{Y} = 3.396121 - 0.00522863 X_1 + 0.000005863571 X_1^2 + 0.003737739 X_2 - 0.000142145 X_2^2 + 0.00004106668 X_1 X_2$ y una $R^2 = 0.32953$.

Apéndice A Transformación de unidades, de las siguientes variables: Lecturas del módulo de ruptura y lecturas del penetrómetro.

Lecturas del Módulo de Ruptura (X_{09}), (Dinas --- Bares)

Ejemplo: T_3 , fuerza al quiebre $\bar{X} = 1968.88$ gr.

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

F = Fuerza al quiebre

L = 5.08 cm

$$S = \frac{3(1968.88 \text{ gr})(5.08 \text{ cm})}{2(3.5 \text{ cm})(1 \text{ cm})^2}$$

b = 3.5 cm

d = 1 cm²

$$S = (4286.533 \text{ gr/cm}^2)(980 \text{ cm/seg}^2)$$

Fuerza de la gravedad = 980 cm/seg²

$$S = 4200802.3 \text{ Dinas/cm}^2$$

1 Bar = 10⁶ Dinas/cm²

$$\boxed{S = 4.20 \text{ Bares}}$$

Ver figura 9

Lecturas del Penetrómetro (X_{17}), (Lecturas de la carátula -- Bares)

Ejemplo: T_1 , lectura de la carátula $\bar{X} = 170$, metiendo ésta cantidad a la gráfica de la carta del penetrómetro tipo militar, nos da 50 Lb/p².

$$\left(\frac{50 \text{ Lb}}{p^2} \right) \left(\frac{1 p^2}{6.4516 \text{ cm}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ gr}}{0.0022 \text{ Lb}} \right) = 3522.734 \text{ gr/cm}^2$$

$$\left(\frac{3522.734 \text{ gr}}{\text{cm}^2} \right) \left(\frac{980 \text{ cm}}{\text{seg}^2} \right) = 3452279.6 \text{ Dinas/cm}^2$$

$$\left(\frac{3452279.6 \text{ Dinas}}{\text{cm}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ Bar}}{10^6 \text{ Dinas/cm}^2} \right) = \boxed{3.4522 \text{ Bares}}$$

Mediante las lecturas directas de la carátula, y las ya transformadas a bares, se determinó la ecuación de regresión la cual quedo de la siguiente forma:

$$\hat{Y} = B_0 + B_1 X_1$$

$$\hat{Y} = -0.3077412 + 0.0221684 X_1 \quad \text{Con una } R^2 = 0.9869$$

Ejemplo: T_1 , lectura de la carátula $\bar{X} = 170$

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

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

X_1 = Lecturas de la carátula.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Abbott, J.L. y T.C. Tuckey. 1973. Persistence of manure Phosphorus availability in calcareous soil. Soil - Sci. Soc. Amer. Proc. 37:60-62. ...
2. Aguirre, C. J.E. 1979. Prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelos. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
3. Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Traducido por J.J. Peña C. AGT Editor, S.A. México, D.F. 127-128, 142-160 y 240-306 p.
4. Anónimo. 1980. Fertilizar es multiplicar la tierra. Agro-Síntesis. 1(2)80.
5. Anónimo. 1982. Estiércol importante fuente de nutrientes para el suelo. Agro-Síntesis. 13(7)86-92.
6. Anónimo. 1974. Reassessing feedlot waste. Agricultural - Research. U.S. Dept. of Agriculture. 15 p.
7. Anónimo. 1974. Feedlot wastes control erosión. Agricultural Research. U.S. Dept. of Agriculture. 7 p.
8. Anónimo. 1966. Guanos y Fertilizantes de México. S.A. Boletín No 47.
9. Anónimo. 1978. Programas de Frijol y Maíz. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte-Centro. Informe técnico.
10. Araujo, R.S. "et al". 1982. Efeitos da adubacao fosfatada, no esterco de curral e da inoculacao na nodulacao, fixacao do nitrógeno atmosferico e rendimento do feijoeiro. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 6(2)105-112. (En portugués con resumen en español).
11. Arozamena, I. C. 1963. El terreno agrícola. Editorial -- Síntesis. Barcelona, España. 159-162 p.
12. Arredondo, C.E. y A. Garza A. 1984. Estudio de salinidad del suelo y aguas del Campo Experimental de la --- F.A.U.A.N.L. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Tesis no publicada.
13. Baver, C.D. 1930. The effect of organic matter upon several Physical properties of soil. Jour. Amer. Soc. Agr. 22(8)704.
14. Baver, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner. 1973. Física - de suelos. Traducido por J.M. Rodríguez. UTEHA. México, D.F. 91-92, 165-169 p.

15. Baver, R. y G. Voistsberg. 1984. Estiércol, su aprovechamiento rinde ingresos en la granja. Agricultura de las Américas. 14-16 p.
16. Blasco, L.M. 1981. Materia orgánica y nitrógeno de los suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura OEA, (IICA). 2-3, 16-22 y 31-39 p.
17. Beaumont, A.B. 1952. Garden soils their use and conservation. Editorial Orange Judd Publishing Company, -- Inc. New York, E.E.U.U. 79-85 p.
18. Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Traducido por R. Salord, B. Montaner y Simon, S.A. Editores. Barcelona, España. - 135-151 p.
19. Campos de J.S., M. Anaya G. y M. Martínez M. 1983. Efecto de la captación de lluvia, estiércol y rastrojo sobre la humedad del suelo. Agrociencia. No 52. -- 64-65 p.
20. Chaudhri, K.G., K.W. Brown y C.B. Holder. 1976. Reduction of crust impedance to simulated seedling emergence by the addition of manure. Soil Science. --- 122(4)216-221.
21. Chesnin, L. y A.P. Mazurak. 1977. Phosphorus and nutrient heavy metals in heavily manure soil. Agronomy Abstracts Annual Meeting, L.A. California. 175 p.
22. Davidson, D.T. 1976. Penetrometer measurements. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, -- Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, U.S.A. I:472--484.
23. Díaz, A., P.M., F. Gómez, R., J.P. Escalera, A. 1982. -- Análisis de crecimiento de tres genotipos de hábito de crecimiento semideterminado de frijol (Phaseolus vulgaris L.), creciendo en macetas en la zona de Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. F.A.U.A.N.L. Tesis no publicada.
24. Elliot, L.F., D.F. Bezdicek y R.I. Papendick. 1982. Soil enzyme and microbial biomass levels on a converted and an organically managed farm. Agronomy -- Abstracts, Annual Meeting. 184 p.
25. Evans, D.D. y S.W. Boul. 1968. Micromorphological study of soil crust. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. ----- 32(1)19-22.
26. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de -- Geografía. 2a Edición. UNAM. México, D.F. 246 p.

27. García, G. A.D. 1979. Descripción de un perfil del suelo y sus características físico- químicas en el área de irrigación del Campo Experimental de Marín, N. L. Tesis Ing. Agr. F.A.U.A.N.L., México. Tesis no publicada.
28. Gonzalez, N. J. 1984. Efecto del encostramiento de los suelos en la germinación y emergencia de las plántulas. Tesis Ing. Agr. F.A.U.A.N.L., México. Tesis no publicada.
29. Goss, D.W. y B.A. Stewart. 1970. Efficiency of phosphorus utilization by alfalfa from manure and superphosphate. Soil Soc. Amer. Proc. 43(3)523-527.
30. Gros, A. 1976. Abonos, guía practica de la fertilización. Traducido por A. Domingo V. 6a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 145-157 p.
31. Gutierrez, R.E. 1983. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos sobre las propiedades químicas y físicas de un suelo Ando. Resúmenes de tesis de maestría y doctorado, presentados en el centro de edafología, colegio de postgraduados 1961-1983. Centro de edafología, colegio de graduados de Chapingo, México. 285-286 p.
32. Herron, G.M. y A.B. Erhart. 1965. Value of manure on an irrigated calcareous soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 29(3)278-281.
33. Jiarks, A.E., A.P. Mazurak y L. Chesnin. Physical and chemical properties of soil associated with heavy applications of manure from cattle feedlots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38(6)826-830.
34. Lund, Z.F. y B.D. Doss. 1980. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. Agronomy Journal. 72(1)123.
35. Mathers, A.C., "et al". 1980. Manure and fertilizer effects on sorghum and sun flower growth on iron deficient soil. Agronomy Journal. 72(6)1025-1028.
36. Mathers, A.C., B.A. Stewart y J.D. Thomas. 1977. Manure effects on water intake and runoff quality from irrigated grain sorghum plots. Soil. Soc. Amer. Jour. 41(3)710-711.
37. Matheu, C. R.A. 1976. Efecto de la materia orgánica en el aprovechamiento de la fertilización con NPK en el rendimiento del maíz. Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, Guatemala. 4-5 p.

38. Mazurak, A.P., L. Chesnin y A. Amirthijeel. 1977. Effects of beef cattle manure on water-stability of soil aggregates. *Soil Sci. Amer. Jour.* 43(3)613.
39. Mazurak, A.P., L. Chesnin y A.E. Tiarks. 1975. De tachment of soil aggregates by simulated rainfall from heavily manured soil in Eastern Nebraska. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39(4)732-736.
40. McIntosh, J.L. y K.E. Varney. 1968. Interactions of manure and non growth, yield and mineral composition of continuous corn growing on clay soil. *Agronomy Abstracts, Anual Meeting, New Orleans, Louisiana.* - 106-107 p.
41. McIntoshand, J.L. y K.E. Varney. 1973. Acumulative effects of manure and N on continuous corn and clay soil II chemical changes on soil. *Agronomy Journal.* 65(4)629-663.
42. Meek, B., L. Grahám y T. Dorovan. 1982. Long-term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium and sodium organic matter and water infiltration rate. *Soil Sci. Amer. Jour.* 46(5)1014-1018.
43. *Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.* 1973. III. México, D.F. Influencia del estiércol bovino y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento del trigo cultivado en un suelo calcáreo. 1:94-101.
44. *Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.* 1974. VII. Guanajuato, Gto. Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (Compost) obtenidos del basurero de Monterrey, N.L. Desde el punto de vista de su utilización agrícola. 2:210-211.
45. *Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.* 1975. VIII. Saltillo, Coah. Modificación nitrogenada de la fracción húmica de compost de basuras urbanas con fines de fertilidad. 1:41-42.
46. *Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.* 1980. XIII. Toluca, Edo de México. Respuesta en el empleo de cinco materiales orgánicos y azufre en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) 199 p.
47. Meyer, G.J. 1978. The influence of stable humus of fec-ting water retention and absorption on pullman clay loam. *Agronomy Abstracts, Anual Meeting, Chicago Illinois.* 182 p.
48. Millar, C.E., L.M. Turk y H.D. Foth. 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo. 4a Edición. C.E.C.S.A. - México, D.F. 57-60 y 392-403 p.

49. Olsen, R.J., R.F. Hensler y O.J. Attoe. 1970. Effect of manure application aggregation and soil pH on soil. Nitrogen transformations and on certain soil test values. Soil Sci. Soc. 34(2)224.
50. Ortiz, V. B. y C.A. Ortiz S. 1980. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 57-58, 103-111 y 160-161 p.
51. Palencia, O. J.A. 1968. Naturaleza de la unión en los -- complejos organo-minerales del suelo. Agronomía, -- Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Revista Científica e Informativa No 8.
52. Perez, Z.O. 1977. Liberación del fierro asimilable, variaciones en las relaciones nutrimentales y contenido de clorofila en el maíz H-30, por efecto de -- inundación y adición de materia orgánica en dos -- suelos calcáreos. Resúmenes de Tesis de Maestría y Doctorado Presentados en el Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados 1961-1983. Centro de Edafología, Colegio de Graduados de Chapingo, México. 107-108 p.
53. Pratt, P.F. 1984. Salinity, sodium, and potassium in an irrigated soil treated with bovine manure. Soil -- Sci. Amer. Jour. 48(4)823.
54. Ramirez, H. J.L. 1982. Efectos del "Gapol" sobre el rendimiento en una variedad de crecimiento semideterminado de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis -- Ing. Agr. F.A.U.A.N.L. México. Tesis no publicada.
55. Reeve, R.C. 1976. Modulus of Rupture. Methods of Soil -- Analysis. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, U.S.A. I:466-471.
56. Richards y "et al". 1980. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. LIMUSA. México, D.F. 33-35 p.
57. Robles, S.R. 1979. Producción de granos y forrajes. 2a -- Edición. LIMUSA. México, D.F. 541-553 p.
58. Salinas, G. G.E. 1984. Selección No 4, nueva variedad de frijol para la zona baja de Nuevo León. Agricultura. F.A.U.A.N.L. No 10.
59. Tamhane, R.V., "et al". 1978. Suelos: su química y su -- fertilidad en zonas tropicales. Diana. México, --- D.F. 231-235 p.
60. Thomas, J.D. y A.C. Mathers. 1979. Manure iron effects -- on sorghum growth on iron- deficient soil. Agronomy Journal. 71(4)722.

61. Thompson, L.M. 1965. El suelo y su fertilidad. Traducido por R. Clará Camprubi. 3a Edición. Reverté, S.A. - México, D.F. 88-92 p.
62. Tirado, T. J.L. 1979. Uso de mezclas de abonos orgánicos y minerales en bajas dosificaciones en la asociación maíz-frijol de temporal. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 19-22 p.
63. Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA. México, D.F. 145-170 p.
64. Unger, P.W. y B.A. Stewart. 1974. Feeldlot waste effects on soil conditions and water evaporation. Soil Sci. Amer. Proc. 38(6)954-955.
65. Urbina, De A. A., E. San Martín V. y R. Schefer. 1972. - Mineralización del carbono y nitrógeno orgánicos - en condiciones de campo. Agricultura Técnica, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago de Chile. 1-9 p.
66. Vidal, E. M.A. 1984. Boletín metereológico. F.A.U.A.N.L.
67. Villarroel, A. J.M. 1979. Respuesta del maíz y frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en suelos de Ciudad Serdan Puebla bajo condiciones de campo e invernadero. Tesis M.S. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1-11 p.
68. Wallingford, G.W. "et al". 1975. Effects of beef-feed -- lot manure and lagoon water on iron, zinc, manganese and cooper content in corn and in DTPA soil extracts. Soil Sci. Amer. Proc. 39(3)482-486 p.
69. Zarate, De L. G.P. 1980. Apuntes del curso métodos estadísticos en el Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.

