

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON
COMPOST, EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS
Y QUIMICAS DEL SUELO, Y SU INFLUENCIA EN
EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.),
BAJO RIEGO EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

NICOLAS MENDOZA TRISTAN

MARIN, N. L.

ENERO DE 1986

T

SB327

M451

c.1



1080062600

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.



EFEECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON
COMPOST, EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS
Y QUIMICAS DEL SUELO, Y SU INFLUENCIA EN
EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.),
BAJO RIEGO EN MARIN, N. L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

NICOLAS MENDOZA TRISTAN

MARIN, N. L.

ENERO DE 1986

05291

T
SB327
M451

040.631
FA3
1986
C =



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



BU Raúl Rón el Filas
UAMV
FONDO
TESIS LICENCIATURA

Tesis

EFFECTO RESIDUAL DEL ABONADO CON COMPOST, EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO, Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.), BAJO RIEGO EN MARIN, N.L.

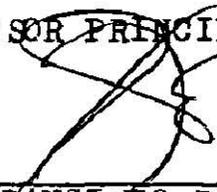
TESIS QUE PRESENTA NICOLAS MENDOZA TRISTAN, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

COMISION REVISORA



DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO

ASESOR PRINCIPAL



ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL

ASESOR AUXILIAR



ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO

ASESOR ESTADISTICO

DEDICATORIA

A mis padres: SR. BERNABE MENDOZA CASTILLO

SRA. CELIA TRISTAN DE MENDOZA

Con cariño por brindarme el apoyo moral y económico para mi formación como Profesionista y como ser humano, alentándome siempre para concluir mi carrera.

A mis hermanos: FRANCISCA, CARLOS, JUAN SANTOS, BERNABE, HUBERTO, JOSE GUADALUPE, JACQUELINE, VIOLETA - GRISELDA Y JULISA.

con afecto por su apoyo total y quienes me supieron dar consejos en los momentos difíciles de mi vida.

A mi esposa: MARICELA GUERRERO ZAPATA

con profundo agradecimiento por su ayuda desinteresada en la culminación de la tesis.

A mis familiares: Con aprecio, por el apoyo y aliciente para la culminación de mi carrera.

A mis compañeros y amigos de escuela:

por las alegrías y tristezas que compartieron conmigo y por el cariño y ayuda que me brindaron.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS NUESTRO SEÑOR: Por permitirme escalar un peldano
no tan importante en mi vida.

Al Dr. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO , asesor principal, por guiarme por el camino correcto en la realización de mi tesis, así como en el escrito de la misma.

Al Ing. M. C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL y al Ing. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO, miembros del comité consejero, por la ayuda aportada para la realización del presente trabajo.

A los empleados de la F.A.U.A.N.L., que de alguna u otra forma colaboraron en la culminación de mi trabajo profesional.

INDICE

	página
Lista de tablas	VIII
Lista de figuras	IX
Abreviaturas del texto	X
1. Resumen	1
2. Introducción	4
3. Revisión de literatura	7
3.1. Generalidades sobre el cultivo del frijol	7
3.1.1. Distribución e importancia	7
3.1.2. Taxonomía	8
3.1.3. Características botánicas	8
3.1.4. Aspectos morfoagronómicos	10
3.1.4.1. Polinización y fecundación	10
3.1.4.2. Clasificación de los hábitos de crecimiento de <u>phaseolus vulgaris</u> L., según el C.I.A.Ta.....	10
3.1.5. Exigencias ecológicas	12
3.2. Condiciones físicas y químicas del suelo que afectan la emergencia de las plántulas.....	13
3.2.1. Propiedades físicas	13
3.2.1.1. Estructura del suelo	13
3.2.1.1.1. Tipos de estructura	14
3.2.1.2. Textura	15
3.2.1.3. Color	16
3.2.1.4. Infiltración	18
3.2.1.5. Permeabilidad	20
3.2.1.6. Densidad aparente	22
3.2.1.7. Densidad real	23
3.2.1.8. Capacidad de campo y punto de marchitez permanente	24
3.2.2. Propiedades químicas	26

3.2.2.1.	Conductividad eléctrica	26
3.2.2.2.	Capacidad de intercambio de cationes	28
3.2.2.3.	Reacción del suelo (pH)	32
3.2.2.4.	Materia orgánica (M.O.)	34
3.3.	Aspectos generales de la materia orgánica	34
3.3.1.	Funciones de la M.O. en el suelo	34
3.3.2.	Constitución general de la M.O.	37
3.3.3.	Composición de los tejidos de las plantas superiores	39
3.3.4.	El ciclo del carbono	40
3.3.5.	Microbiología	42
3.3.5.1.	Clasificación de los microorganismos que intervienen en la descomposición de la M.O. del suelo	42
3.3.5.2.	Requerimientos nutricionales	46
3.3.5.3.	Crecimiento de las poblaciones microbianas ...	49
3.3.6.	Descomposición de la M.O. del suelo	50
3.3.6.1.	Proceso de descomposición	50
3.3.6.2.	Composición del humus	53
3.3.6.3.	Influencia del medio ambiente sobre la descomposición	54
3.3.6.4.	Cambios durante la descomposición de la M.O. .	56
3.3.7.	Mineralización anaeróbica del carbono	58
3.4.	Actividades de los organismos del suelo sobre los productos de la descomposición de la M.O..	58
3.4.1.	El ciclo del nitrógeno	58
3.4.2.	Mineralización del nitrógeno (amonificación)..	61
3.4.2.1.	Proceso	61
3.4.2.2.	Flora	63
3.4.2.3.	Influencia del medio ambiente	64

3.4.3.	Inmovilización del nitrógeno	65
3.4.4.	Nitrificación	67
3.4.4.1.	Proceso	67
3.4.4.2.	Las bacterias nitrificantes	68
3.4.4.3.	Influencia del medio ambiente	70
3.4.4.4.	Contaminación del nitrato	72
3.4.5.	Desnitrificación	74
3.4.5.1.	Pérdidas de nitrógeno del suelo	74
3.4.5.2.	Microbiología	76
3.4.5.3.	Influencia del medio ambiente	78
3.4.5.4.	Contaminación con productos de la desnitrificación	80
3.4.6.	Oxidación del azufre	83
3.4.7.	Oxidación del fierro y manganeso	83
3.5.	Conservación de la M.O. del suelo	84
3.5.1.	Uso de abonos verdes	84
3.5.2.	Uso de aguas negras	85
3.5.3.	Uso de estiércoles	86
3.5.4.	Uso del compost	86
3.6.	El compost como aportador de M.O.al suelo	88
3.6.1.	Preparación del compost	88
3.6.2.	Composición del compost	92
3.6.3.	Disponibilidad del compost	93
3.6.4.	Efecto residual del compost	94
3.6.5.	Efecto de la aplicación del compost en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo	95
3.6.5.1.	Efecto sobre la estructura del suelo	95
3.6.5.1.1.	Proceso de encostramiento	95

3.6.5.2.	Efecto sobre el contenido de nutrientes	100
3.6.5.3.	Efecto sobre la disponibilidad de nutrientes - del suelo y capacidad de intercambio de catio- nes	103
3.6.5.4.	Efecto sobre la densidad aparente.....	106
3.6.5.5.	Efecto sobre el contenido de M.O.	106
3.6.5.6.	Efecto sobre la captación de humedad del suelo.	107
4.	Materiales y métodos	109
4.1.	Localización del experimento	109
4.2.	Materiales y aparatos	109
4.3.	Descripción del método	114
4.3.1.	Descripción del método usado	114
4.3.2.	Diseño experimental	118
4.4.	Recolección de datos	123
4.4.1.	Variables con respecto a la planta	123
4.4.2.	Variables con respecto al suelo	124
5.	Resultados	128
6.	Discusión	133
7.	Conclusiones	136
	Summary	138
	Bibliografía citada	140

LISTA DE TABLAS

	página
1 Características taxonómicas del frijol (<u>phaseolus vulgaris</u> L.), según clasificaciones del C.I.A.T.	8
2 Composición de la M.O.	38
3 Compuestos orgánicos de los tejidos vegetales	39
4 Nutrientes requeridos por los microorganismos	46
5 Composición del compost	92
6 Algunas características agronómicas de la variedad empleada	110
7 Observaciones climatológicas registradas en 1984, durante el ciclo del cultivo	116
8 Tratamientos seleccionados de la matriz experimental cuadrado doble	121
9 Dosis de compost aplicados el verano de 1983, en cada parcela experimental	121
10 Resumen de los análisis de varianza	128
11 Resumen de las pruebas de tuckey para las variables con diferencia significativa entre tratamientos	130
12 Resumen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento	131

LISTA DE FIGURAS

		página
1	El ciclo del carbono	42
2	El ciclo del nitrógeno	60
3	Diagrama del penetrómetro utilizado para hacer las determinaciones de la dureza de la costra	112
4	Vistas lateral y anterior del aparato ideado para hacer las determinaciones del módulo de ruptura...	113
5	Distribución espacial de los tratamientos empleados, de acuerdo a el arreglo de un cuadrado doble.	120
6	Croquis de la distribución de tratamientos del presente experimento utilizando un cuadrado doble.	122
7	Ilustración de un ladrillo de tamaño natural con las dimensiones consideradas, para determinar el módulo de ruptura	126
8	Curvas de regresión con datos observados y esperados para la dureza de la costra	132

ABREVIATURAS DEL TEXTO

PE	:	Por ciento de emergencia
RPU	:	Rendimiento de Parcela Util
PCT	:	Plantas Cosechadas por Tratamiento
RGP	:	Rendimiento de Grano por Planta
MSP	:	Materia seca por planta
NVL	:	Número de vainas llenas por planta
MVV	:	Número de Vainas Vanas por planta
MO	:	Materia Orgánica
LP	:	Lecturas del Penetrómetro
MR1	:	Módulo de Ruptura a 0-15 cms.de profundidad del suelo
MR2	:	Módulo de ruptura a 15-30 cms.de profundidad del suelo
DA1	:	Densidad aparente a 0-15 cms.de profundidad del suelo
DA2	:	Densidad aparente a 15-30 cms.de profundidad del suelo.

1. RESUMEN.

El presente experimento se realizó en el ciclo tardío en el año de 1983 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., ubicada en el Municipio de Marín, N.L., localizado en las coordenadas geográficas $25^{\circ} 53'$, latitud -- norte y $100^{\circ} 3'$, longitud oeste, con una altitud aproximada de 370 metros sobre el nivel del mar. El clima dominante es -- árido o seco, el tipo de suelo existente es calcáreo-arcilloso con baja cantidad de materia orgánica y con un pH alcalino, una característica particular de los suelos de esta región es la formación de costras, como consecuencias de las características no deseables del suelo se incorporó compost proveniente de la planta industrializadora de Monterrey, N.L.

Los objetivos del presente trabajo son:

- 1.- Observar si aún existe un efecto residual significativo del compost, después de un año de aplicado.
- 2.- Hallar si así ocurre la dosis que presente mayor -- efecto residual.
- 3.- Observar si existen cambios en las propiedades físic--cas del suelo.
- 4.- Hacer recomendaciones en un futuro a los agriculto--res aledaños, sobre las dosis óptimas de compost que presen--ten mayor efecto residual.

El diseño experimental que se utilizó fue el bloques al azar, con trece tratamientos y tres repeticiones, el arreglo de los tratamientos fue el cuadrado doble, donde los niveles

de compost fueron: 0, 25, 50, 75 y 100 ton/ha.

También se aplicó nitrógeno (sulfato de amonio).

Las variables que se estudiaron fueron las siguientes:

- 1) Por ciento de emergencia
- 2) Rendimiento de parcela útil
- 3) Plantas cosechadas por tratamiento
- 4) Rendimiento de grano por planta
- 5) Rendimiento de materia seca por planta
- 6) Número de vainas por planta
- 7) Número de vainas vanas por planta
- 8) Por ciento de materia orgánica
- 9) Dureza de la costra
- 10) Módulo de ruptura 0-15 cm.
- 11) Módulo de ruptura 15-30 cm.
- 12) Densidad aparente 0-15 cm.
- 13) Densidad aparente 15-30 cm.

Las variables que resultaron significativas fueron dureza de la costra ($p = .053$) y densidad aparente a una profundidad de 0-15 cm. ($p = .052$), en base a los resultados obtenidos se concluye que sí existe efecto residual de la aplicación de compost después de un año de haberse aplicado al suelo. Los mejores tratamientos fueron en general los que tenían más altas dosis de compost (del tratamiento 9 al 13).

El análisis de regresión sólo resultó significativo para la dureza de la costra no así para la densidad aparente, sin embargo la R^2 resultó demasiado baja explicando pobremente la variación, se recomienda que se prueben con ecuaciones que in

cluyan el efecto cúbico del compost o bien ecuaciones exponenciales, ya que los efectos lineal y cuadrático de nitrógeno ya no son adecuados para explicar la distribución de los datos encontrados.

Se recomienda en base a los resultados obtenidos y a la revisión de literatura, dosis arriba de 75 ton/ha., de compost para tener un mayor efecto residual.

2. INTRODUCCION

En la época actual de constantes cambios, todas las actividades humanas han tenido la necesidad de reorganizarse, así se han puesto en práctica una serie de estudios tendientes a encontrar las formas y caminos que conduzcan a resolver los problemas de la alimentación que se han venido presentando -- por el incremento de la población. (46)

Las alternativas para incrementar la producción de alimentos básicos son, en México, de dos tipos: ampliar las áreas de cultivo e incrementar el rendimiento por unidad de superficie cultivada. Aparentemente es más fácil lo segundo que lo primero, y los esfuerzos de las autoridades y técnicos están enfocando su trabajo a este camino. (5)

La baja fertilidad del suelo es uno de los principales factores limitantes en la producción de cultivos de todo el mundo, el suelo agrícola es un material que tiene vida y que debe conservarse para mantener la fertilidad del suelo y en consecuencia la producción agrícola. (46)

La continua siembra de cultivos en un mismo suelo sin -- restituir la materia orgánica que se ha ido degradando, conduce al empobrecimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y, en consecuencia, a la reducción de su productividad. (19)

El uso de materiales orgánicos como estiércoles, residuos de cosecha, compost, etc., se han recomendado para aquellas tierras sometidas a un cultivo intenso, donde se requiere mejorar la estructura del suelo. (19)

El compost puede considerarse como un humus producido artificialmente, pudiendo definirse como el producto resultante del tratamiento y manejo especializado de material orgánico - propenso a descomposición, como son los estiércoles, desechos urbanos, residuos de cosecha, etc.

La compostificación cumple dos funciones, aprovechar la fracción orgánica de los desperdicios sólidos al distribuirse en las tierras de cultivo y además, reducir el volumen de los desechos y transformarlos en productos que no afectarán al medio ambiente. (19)

Basándose en lo anterior, se formularon los objetivos e hipótesis del presente trabajo:

OBJETIVOS.

- 1.- Observar si aún existe un efecto residual significativo del compost, después de un año de aplicado.
- 2.- Hallar si aún ocurre la dosis óptima que presente mayor efecto residual.
- 3.- Observar si existen cambios en las propiedades físicas del suelo.
- 4.- Hacer recomendaciones en un futuro a los agricultores aledaños, sobre las dosis óptimas de compost que presenten mayor efecto residual.

HIPOTESIS.

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

En caso de que se rechace H_0 , se tratará de establecer - mediante el uso de un cuadrado doble, la dosis óptima que presente mayor efecto residual.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Generalidades sobre el cultivo del frijol

(phaseolus vulgaris L.)

3.1.1. Distribución e Importancia.

El frijol tuvo su origen en la frontera México-Guatemala desde el sur de México incluyendo las Antillas hasta Perú, -- Ecuador y Bolivia. (24)

Robles S. Raúl citado por Pérez M. Fabian señala que el frijol es nativo del área México-Guatemala y se ha venido cultivando en México por más de 4,000 años, según datos arqueológicos encontrados en las cuevas de la región de Ocampo, Tamps., y en la cueva de Coxcatlán, Puebla.

Ornoz R.M., Nieto R.D. y Larios R.I. (1970), citados -- por Cerda I. Eduardo señalan que el frijol también llamado ju dea, alubia, habichuela, poroto, chucha, etc., es una planta herbácea y anual, cuyas numerosas variedades prosperan en casi todos los climas, de preferencia en los templados, se da a muy distintas alturas desde el nivel del mar, hasta 3,000 metros.

El frijol es uno de los principales cultivos básicos en la agricultura de México, dada la cantidad de hectáreas dedicadas a su siembra y al volumen de su consumo, siendo una de las principales fuentes de proteínas en la dieta de los mexicanos, principalmente en la población de bajos recursos. (36)

El frijol a pesar de ser el segundo cultivo más importan

te en superficie cultivada, no produce los rendimientos que - pudieran satisfacer la demanda nacional ya que el rendimiento promedio no sobrepasa los 1,000 kgs./ha. Se explican estos bajos rendimientos debido a la baja fertilidad del suelo, a que la mayoría de las zonas cultivadas son de temporal, inadecuada preparación del terreno, control inadecuado e inoportuno de plagas y enfermedades, no llevar a cabo un control de malezas y a no utilizar las variedades apropiadas que se adapten a las condiciones ecológicas de cada región.

3.1.2. TABLA 1.- Características taxonómicas del frijol (phaseolus vulgaris L.), según clasificación del Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
Sub-familia	Papilionoideas
Tribu	Faseolas
Sub-tribu	Faseolíneas
Género	Phaseolus
Especie	Vulgaris.

3.1.3. Características botánicas de phaseolus vulgaris L.

Miranda C., 1966, Ruiz-Oronoz, 1977, citados por Ramírez Hdz. J. Luis, señalan que:

Raíz: Es típica o pivotante ramificada en su origen, en la que después se notan nudosidades bacterianas que fijan el nitrógeno atmosférico.

Tallo: Es herbáceo de crecimiento determinado o indeterminado, el cual puede ser corto y robusto o más frecuentemente - rastrero y voluble, con pelos cortos y rígidos.

Hojas: Las hojas, exceptuando las que crecen en los dos primeros nudos, son compuestas, alternadas, pecioladas de color verde claro, trifoliadas y provistas de estípulas y/o estípulillas persistentes. Los pecíolos son glabros o ligeramente pubescentes, de 4-10 cm. de longitud; los folíolos de las hojas compuestas son cordados, deltoides o lanceolados, glabros o pubescentes, de tamaño variable según la variedad.

Inflorescencia: Es un racimo generalmente menos largo -- que las hojas, de 7-30 cm. de longitud, con 1-10 entrenudos, -- de cada nudo nacen dos yemas florales; pedúnculos de 5-15 cm. de longitud, a veces más largos; pedicelos glabros, de .4-1.5 cm. de longitud, bracteolas colicinales cordadas ovadas, glabros o pubescentes, estriadas, persistentes, iguales o más -- largas que el cáliz.

Flores: Tienen forma amariposada, presentan un color variable en las distintas especies, rojo, morado, purpúreo, etc. y están agrupadas en racimos que salen en las axilas foliares

El cáliz es pequeño con cinco sépalos unidos, por lo -- cual se le denomina gamocépalo, el cual puede ser glabro o pu bescente; la corola es dialipétala, con el estandarte más cor to o del mismo largo que las alas y la quilla con el extremo agudo y torcido en espiral. Los estambres son diez, de los -- cuales nueve están unidos por sus filamentos y uno permanece -- libre; el ovario es unicarpelar, unilocular y con muchos óvulos

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

Semillas: Son de forma variable, generalmente reniforme, más o menos comprimidas y otras veces redondeadas o esféricas; también dichas semillas son de colores muy variables.

3.1.4. Aspectos morfoagronómicos.

3.1.4.1. Polinización y fecundación

La estructura floral impide la polinización cruzada en frijol, lo cual hace que se le considere como planta autógena.

Las anteras generalmente dejan caer polen sobre las 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 cuales penetran a través del estigma, estilo y ovario hasta alcanzar los óvulos. Sólo un tubo polínico pasa a través del micrópilo y entra en el saco embrionario 8 o 9 horas después de la polinización.

3.1.4.2. Clasificación de los hábitos de crecimiento de Phaseolus vulgaris L., de acuerdo a la metodología utilizada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

a) Hábito de crecimiento determinado. Tipo I.

Tiene crecimiento arbustivo, el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia desarrollada --

cuando esta inflorescencia está formada, el crecimiento del tallo y de las ramas generalmente se detiene.

En general, el tallo es fuerte, con un número bajo de entrenudos cortos. La floración dura poco tiempo y la madurez, antes de la senectud completa, ocurre casi al mismo tiempo para todas las vainas.

b.- Hábito de crecimiento indeterminado. Tipo II.

Tiene crecimiento indeterminado arbustivo, tallo erecto, pero sin aptitud para trepar, ramas laterales escasas y generalmente cortas, además, como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, estas plantas continúan creciendo aún durante la floración, aunque a un ritmo diferente.

c.- Hábito de crecimiento indeterminado. Tipo III.

Plantas postradas o semipostradas, con un sistema de ramificación axilar bien desarrollado, el tallo principal y las numerosas ramas laterales pueden tener aptitud trepadora en su parte terminal. Generalmente el tallo y algunas ramas laterales, se aíslan de la cobertura del cultivo después del inicio de la floración y se llaman guías.

d.- Hábito de crecimiento indeterminado. Tipo IV.

Son de crecimiento típicamente trepadoras. Este es el hábito típico de crecimiento que se encuentra en los cultivos asociados. Posee un bajo número de ramas laterales en cada nudo, las cuales son muy desarrolladas como consecuencia de la dominancia apical. El tallo principal posee de 20 a 30 nudos y con un soporte, puede alcanzar más de dos metros de altura. La floración persiste durante varias semanas.

3.1.5. Exigencias ecológicas.

Mateo B.J.M. citado por Cerda I. Eduardo, señala que:

Temperatura.- El frijol es una planta muy susceptible al frío, necesitando por lo general temperaturas cálidas o altas, al principio del crecimiento; la temperatura óptima que necesita el frijol para germinar es de más de 8 grados, y al llegar a la madurez los climas templados son más adecuados para un mayor rendimiento, no tolera temperaturas menores de 2 grados centígrados, porque las plantas mueren.

Humedad.- El frijol es una planta muy susceptible a los excesos de humedad, por tal motivo hay que tener cuidado al efectuar los riegos, no le debe faltar humedad al momento de la siembra, en la floración y en el llenado de grano.

La falta de humedad en la floración produce la caída de las flores; cuando la humedad ambiental es alta propicia el desarrollo de enfermedades foliares.

Suelos apropiados.- El frijol es una planta que no tolera los excesos de humedad, por tal motivo no se recomienda sembrarlo en suelos en donde se haya detectado exceso de sales, porque ésto afectaría a las plantas produciendo clorosis, poco desarrollo y marchitez.

Por tales motivos el frijol prospera mejor en suelos fértiles, ligeros y bien drenados como son los francos y los migajones arenosos, en suelos arcillosos el frijol no prospera debido a que las raíces se pudren y por consiguiente las plantas se secan; respecto al pH adecuado para el cultivo del frijol es de 5 a 6.5 aproximadamente.

3.2. condiciones físicas y químicas del suelo que afectan la emergencia de las plántulas

3.2.1. Propiedades físicas

3.2.1.1. Estructura del suelo

La estructura es la manera en que los elementos constituyentes del suelo tienden a unirse entre ellos. Al considerar la estructura, debe entenderse por partículas no sólo las que forman los separados mecánicos, como arena, limo y arcilla, - sino también lo agregado o elementos que se han formado por - agregación de fracciones mecánicas más pequeñas, la "partícula" designa toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (fracción arena, limo o arcilla) o secundaria (agregado o tactoide). La estructura del suelo implica un arreglo u ordenación de estas partículas primarias y secundarias en ciertos - modelos o patrones (Baver, 1973, citado por González Narváez, Javier, 1984).

La capacidad estructural del suelo, se define como su capacidad para formar terrones espontáneamente y de que estos - terrones se dividan en pedazos pequeños, granos o agregados, - sin la intervención del hombre. La estructura más importante en la producción de los cultivos es la granular y es la que - se considera como la más importante. Otra propiedad importante es la estructura del suelo, y la capacidad que tienen los granos de retener su forma cuando se humedecen y de permitir el paso del agua a través del suelo. A esta propiedad se le - llama estabilidad estructural. Los granos del suelo deben te-

ner suficiente estabilidad para que permitan el libre paso de agua y la entrada de aire conforme el agua entra o sale. (Gavande, 1979, citado por González Narváez Javier, 1984).

3.2.1.1.1. Tipos de estructura

Los agregados o pedazos se clasifican tomando como base su forma, ya sea en bloque, esférica, laminar o prismática.

En seguida se describe cada una de ellas:

a).- Laminar: Aparece en forma de láminas delgadas que a veces se curvan con el calor. (Millar, C.E. 1979 citado por G.N. Javier, 1984).

b).- Prismática: Tiene su origen en la desecación y contracción subsiguiente de ciertos suelos fuertes. Se denomina así porque adopta la forma de prismas verticales cuyas caras son más o menos planas o redondas (Hegarty, T.W. 1976, citado por G.N. Javier, 1984).

c).- Cuboide: Los agregados son más o menos redondeados pero presentan aristas, asemejándose a la de un poliedro. (Baver).

d).- Esferoidal: Se halla integrada por conglomerados -- sin aristas que tienden a la forma esférica, con un diámetro menor de 1 cm., resulta muy favorable para el cultivo pues facilita el movimiento del aire y del agua que tanto incrementa las funciones microbianas (Helmut, M.E. 1978, citado por G.N. Javier, 1984). Los suelos encostrados poseen estructura laminar debido al arreglo de las partículas de arcilla (22).

3.2.1.2. Textura

La textura del suelo se refiere al porcentaje relativo de arena, limo y arcilla en un suelo.

Estas fracciones definen de acuerdo al tamaño de las partículas, conforme al Sistema Internacional y del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Las fracciones según sea el tamaño (arena, limo y arcilla) se denominan separados del suelo (7).

Para comodidad en la determinación del nombre textural de un suelo, a partir del análisis mecánico, se ha adoptado un triángulo equilátero. El ángulo izquierdo representa 100 por ciento de arena, el derecho 100% de limo y el ángulo superior 100% de arcilla. Comúnmente se usan dos tipos de esos triángulos; uno para la escala del Departamento de Agricultura de Estados Unidos y otro para la escala Internacional (Tamhane, -- 1978).

En el campo la textura se determina, por lo común, mediante el sentido del tacto. El suelo se frota entre el dedo pulgar y los demás, de preferencia en estado húmedo. La arena se siente rasposa y sus partículas pueden verse con facilidad a simple vista. El limo cuando está seco, se siente como si fuera harina o polvo de talco y es ligeramente plástico cuando está húmedo. Los materiales arcillosos se sienten muy plásticos y son pegajosos cuando están húmedos y duros en estado seco. (Tamhane, 1978).

La textura tiene mucha importancia en las propiedades físicas, químicas y biológicas que caracterizan al suelo (7).

La textura de un horizonte de suelo es un carácter casi permanente, ya que la textura no cambia durante un período - muy largo de tiempo (Tamhane, 1978).

La textura se considera para indicar la clasificación de suelos, así como para determinar el manejo que se debe tener y la productividad que se espera de él. (7)

El análisis textural indica también, hasta cierto grado, la fase de intemperización. (Tamhane, 1978).

La preparación del suelo, la siembra, el riego y la fertilización son algunas labores que se deben realizar dependiendo de su textura (7).

Los suelos arenosos son de índole abierta, poseen buen drenaje y aereación, por lo general son sueltos, desmenuzables y fáciles de manejar en las operaciones de labranza; los suelos arcillosos y limosos, debido a su gran área superficial poseen facultades elevadas de absorción y de retención de la humedad, gases y nutrimentos. Usualmente, tienen poros finos, son de medianos a pobres en drenaje y aereación y son bastante difíciles de manejar con fines de cultivo.

Los suelos que presentan problemas de encostramiento presentan textura arcillosa. Las fuerzas de cohesión entre las partículas de arcilla son fuertes, provocándose la formación de costras bajo ciertas condiciones como el bajo porcentaje de materia orgánica, así como por el clima seco existente(7).

3.2.1.3. Color

El color del suelo varía mucho entre las diversas clases de suelos, así como dentro de los distintos horizontes de un -

corte de suelo. Es una característica observable con facilidad y constituye un criterio en la descripción y clasificación de los suelos.

Muchos grupos de suelos han recibido su nombre según los colores sobresalientes: Suelos negros, latosuelos rojos y amarillos, suelos grises hidromórficos, etc.

El color de un suelo puede ser herencia de su material originario. A menudo, el color del suelo es un resultado de procesos formativos del suelo y se denomina color adquirido o genético.

Las variaciones en el color del suelo se deben, principalmente, al contenido de materia orgánica que, en general, proporciona tintes negros a gris oscuro; a los compuestos de hierro que causan los matices rojo, pardo y amarillo; y al sílice, a la cal y a otras sales que producen colores claro, blanco y gris. El horizonte superficial del suelo es, por lo común, el más oscuro, principalmente a causa de la presencia de materia orgánica. El color rojo está asociado con óxidos férricos anhidros, mientras que el color amarillo indica cierto grado de hidratación. El color rojo es, en general, propio de suelos bastante viejos e intemperizados intensamente, bien desaguados, como los suelos lateríticos en los trópicos. El color pardo es el más común y se debe a una mezcla de la materia orgánica y óxidos de hierro. (Tamhane, 1978).

Por consiguiente, puede observarse que el color del suelo es índice indirecto de muchas otras propiedades de éste. Directamente, el color del suelo influye en la temperatura del

mismo hasta cierto grado. Los suelos de color oscuro absorben más calor que los de color claro. (Tamhane, 1978).

Los colores del suelo se determinan mejor mediante la comparación con los cuadros descriptivos de color estándar. El cuadro de colores del suelo de Munsell se utiliza comúnmente para este fin. El color del suelo es un resultado de la luz reflejada desde el suelo y depende de la combinación de tres simples variables del color; a saber: el tono, el valor y el croma.

Tono es el color espectral dominante. Valor es la brillantez o cantidad total de luz. Croma es la pureza o saturación relativas del color espectral dominante. Las notaciones de color de Munsell son designaciones numéricas y literales sistemáticas de cada una de estas tres variables.

El color del suelo cuando está mojado es, normalmente, más oscuro que cuando está seco. Los colores son más vivos y difieren con mayor intensidad en condiciones mojadas (Tamhane 1978).

Los suelos encostrados poseen colores claros debido a la poca materia orgánica existente, aunque son ricos en arcilla que produce un color oscuro, no lo son debido a la naturaleza calcárea del material madre y a la acumulación de sales de CaCO_3 (carbonato de calcio) debido al clima seco y mal drenaje originando colores claros (7).

3.2.1.4. infiltración

La infiltración se refiere a la entrada descendente o movimiento del agua a través del suelo.

La infiltración es influida principalmente por las condiciones de la superficie. una superficie compacta permite menos infiltración. El impacto de lluvia reduce la infiltración al sellar los poros, en especial en suelos dispersables con facilidad. Las superficies del suelo con capa vegetativa tienen más velocidad de infiltración que los suelos desnudos. -- Los suelos cálidos absorben más agua que los fríos.

En los suelos arcillosos, el agrietamiento producido por el secado aumenta la infiltración, hasta que el suelo se hincha de nuevo y la infiltración disminuye. Las texturas superficiales gruesas, un gran número de agregados estables frente al agua, una mayor cantidad de materia orgánica en el suelo superficial y un número mayor de macroporos, ayudan a aumentar la infiltración. En general, la velocidad de infiltración es más baja en suelos húmedos que en suelos mojados o secos.

La profundidad del suelo hasta tierra endurecida, roca firme u otra capa impermeable constituye también un factor -- que modifica la infiltración. Las prácticas de cultivo que aflojan el suelo superficial lo hacen más receptivo a la infiltración.

Los índices de infiltración pueden clasificarse de la siguiente manera:

1.- muy lenta.- Las velocidades de infiltración, menores de 0.1 pulgadas por hora y se clasifican como muy bajas.

2.- Lenta.- Las velocidades de infiltración son de 0.1 a 0.5 pulgadas por hora y se consideran bajas.

3.- moderada.- Las velocidades de infiltración de 0.5 a

1.0 pulgadas por hora se clasifican como medianas.

4.- Rápida.- Los índices altos pertenecen a suelos con más de 1.0 pulgadas por hora de infiltración.

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

3.2.1.5. Permeabilidad

Las características que determinan la rapidez con la que el aire y el agua se mueven a través del suelo constituyendo lo que se conoce como permeabilidad. El término conductividad hidráulica, que también se emplea algunas veces, se refiere a la prontitud con la que un suelo conduce o transmite fluidos a través de él.

La permeabilidad depende básicamente de la distribución y tamaño de los poros en el suelo. Cuanto mayor es el número de macroporos (poros no capilares), mayor es la permeabilidad.

La distribución de poros y tamaños es determinada en gran parte por el grado de agregación del suelo; cuanto mayores sean los agregados, mayor será la cantidad de poros no capilares. Generalmente, la permeabilidad del suelo disminuye con la profundidad, a medida que las capas del subsuelo son más compactas; la compactación reduce en especial los macroporos.

Hay menos materia orgánica en los estratos del subsuelo; de ahí la falta de buena agregación, mientras que el contenido

de materia orgánica es un factor importante que afecta a la permeabilidad de los horizontes superficiales, las propiedades coloidales de la arcilla se vuelven más dominantes al determinar la permeabilidad en mayores profundidades. (Tamhane, 1978).

Con frecuencia, la textura y la estructura de un suelo se estudian en la práctica para la valoración cualitativa de la permeabilidad.

La permeabilidad de un suelo está limitada por el horizonte menos permeable de un corte del suelo, tal como las capas resistentes al arado, capas de tierra endurecida, capas de arcilla endurecida, etc. La permeabilidad aumenta con el grueso de la textura del suelo. (Tamhane, 1978).

Normalmente, la permeabilidad disminuye con la mayor finura de la textura; sin embargo, el grado de agregación en los suelos de textura fina puede prevalecer sobre los efectos de la textura. (Tamhane, 1978).

La concentración y composición de las sales disueltas en el agua de riego también influyen sobre la permeabilidad del suelo. Si el agua es rica en contenido de sodio, producirá una dispersión rápida del suelo y así reducirá la permeabilidad. En el caso de que la concentración total de sal sea lo bastante elevada para impedir la dispersión, es posible que la permeabilidad permanezca invariable. (Tamhane, 1978).

Al igual que la infiltración, también la permeabilidad puede controlarse muy bien mediante prácticas de administración adecuadas. El cultivo continuo reduce la permeabilidad,

a diferencia del desarrollo de hierbas de raíces profundas, - legumbres y árboles que la aumentan.

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

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

3.2.1.6. Densidad aparente (Densidad de la masa)

La densidad aparente del suelo se define como el peso -- del suelo seco en condiciones normales de estructura y se expresa en g/ml. (7).

Se puede expresar la densidad aparente como la masa (peso por unidad de volumen del suelo seco). El volumen considera las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. (7)

La densidad de la masa (densidad aparente) de un suelo - es siempre más pequeña que la densidad de su partícula (densidad real). (Tamhane, 1978).

Los suelos arenosos son bajos en espacio poroso total y tienen densidades aparentes altas. Los suelos superficiales - arenosos tienen de 1.2 a 1.8 g/ml. Los suelos de textura fina (migajón, limoso y arcilloso) generalmente varían de 1.0 a -- 1.6 g/ml. (7)

El valor de la densidad aparente varía de acuerdo con la profundidad del suelo, siendo más alto su valor debido a que

se cuenta con más bajos niveles de materia orgánica, una menor agregación, una mayor compactación.

De acuerdo a lo anterior, los valores dependen de la textura y de la estructura que se tenga. El manejo del suelo también puede influir para que la densidad aparente cambie. (7)

La densidad de la masa varía indirectamente con el espacio poroso total presente en el suelo y proporciona un buen cálculo aproximado de la porosidad del suelo. La densidad de la masa es de más importancia que la densidad de la partícula para comprender el comportamiento físico de los suelos. En general, los suelos con bajas densidades de masa tienen condiciones físicas favorables, mientras que aquéllos con densidades elevadas de masa poseen malas condiciones físicas. (Tamhane, 1978).

La densidad de la masa (densidad aparente) ayuda a determinar el peso de los suelos (Tamhane).

La densidad aparente también ayuda a convertir el porcentaje de agua a contenido de volúmen.

En los suelos encostrados existen valores altos de densidad aparente, debido al bajo porcentaje de materia orgánica; por consiguiente existirá una menor agregación y una mayor compactación del suelo y un menor espacio poroso (7).

3.2.1.7. Densidad real

Densidad real o densidad de las partículas se define como la masa (peso) de unidad de volúmen de partículas sólidas del suelo, comúnmente se expresa en g/ml. o g/cm.cúbicos (7).

Depende de las densidades acumulativas de los constituyentes individuales inorgánicos y orgánicos del suelo. La densidad de la partícula de suelos predominantemente minerales varía de 2.6 a 2.75 g/cm. cúbicos, mientras que la de la materia orgánica oscila entre 1.2 y 1.7. una cifra generalmente aceptada en suelos normales, es de 2.65 gramos por centímetro cúbico. La densidad de la partícula es más elevada si en el suelo se hallan presentes cantidades grandes de minerales pesados como magnetita, limonita, hematites y circón; con el aumento de materia orgánica en el suelo, disminuye la densidad de la partícula, por lo tanto en suelos encostrados que poseen poca materia orgánica la densidad de partícula será mayor. cuando la densidad se divide por la densidad del agua, se obtiene una cantidad relativa de peso llamado peso específico. Las cifras de la densidad de la partícula y del peso específico son casi idénticas. (41)

3.2.1.8. Punto de marchitamiento permanente y capacidad de campo

P.M.P. El porcentaje de marchitez permanente, (P.M.P.) de un suelo, es la cantidad de humedad que se encuentra en el mismo; cuando la planta presenta 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 les riega (7).

Los valores del porcentaje de marchitamiento aumentan notoriamente por el contenido coloidal. (41)

El P.M.P. es el contenido de humedad del suelo por debajo del cual las raíces no pueden obtener agua con la rapidez suficiente para satisfacer sus necesidades de transpiración(7)

Veihmeyer y Hendrickson (1948), citados por Aguirre Cosío Juan E., indicaron que el porcentaje de marchitamiento -- permanente se acepta generalmente como el límite más bajo del agua aprovechable para las plantas cuando éstas se desarrollaron en un suelo no salino.

La capacidad de campo (C.C.) es la máxima cantidad de agua que puede retener un suelo en contra de las fuerzas de -- gravedad.

Conocer en el suelo el valor de la capacidad de campo es de gran utilidad para estimar la cantidad de agua que está -- presente, y que puede disponer la planta. La mayor parte del agua de gravedad esrenada del suelo antes de que sea consumida por los vegetales.

La C.C. es una de las dos constantes de humedad del suelo más importantes desde el punto de vista del riego. El va-- lor de esta constante corresponde a la máxima cantidad de a-- gua capilar que el suelo pueda retener cuando el agua dreña -- libremente; el equilibrio se alcanza en el momento en que el agua deja de moverse por gravedad después de haber regado, -- quedando saturado el suelo superficial.

En suelos ligeros (arenosos) el equilibrio se alcanza de 2 a 3 días después del riego, en suelos más pesados (arcillo-- sos), puede tardar 5 o más días para llegar al equilibrio.

Se considera que los suelos mejores agrícolamente serán

los que tengan la más alta capacidad de campo en suelos con buen drenaje natural.

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

Los valores de C.C. varían en los suelos bajo riego, siendo el 7% en arenosos hasta 40% en arcillosos (7).

Entre el porcentaje de marchitamiento (15 atmósferas) y la capacidad de campo (1/3 de atmósfera), el agua es obtenible por las plantas.

Los suelos encostrados por su alta compactación, poseen poco espacio poroso, por ende su capacidad de retención de humedad aprovechable se ve disminuida notoriamente (41).

3.2.2. Propiedades químicas

3.2.2.1. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (C.E.) es el recíproco de la resistencia específica. La resistencia específica es la resistencia medida en ohmios al paso de una corriente eléctrica de un conductor, metálico o electrólito de 1 cm. de largo y con un área seccional de 1 cm. cuadrado.

La CE, se expresa, ohmios recíprocos por centímetro o en mmho/cm. siendo una unidad más apropiada para medir la salinidad, pues aumenta el valor de acuerdo al contenido de las sales.

La determinación de la conductividad eléctrica en el ex-

tracto de saturación, se utiliza para establecer el límite en tre los suelos normales y salinos, para éstos últimos se tiene el valor mayor de 4.0 mmho/cm. (7)

Los suelos salinos y alcalinos se han clasificado como -
sigue:

Suelos salinos: se clasifican así si la solución extraída de una masa de suelo saturada tiene un valor de conductividad eléctrica igual o superior a 4 mmhos/cm. a 25 grados centígrados. Esta información se obtiene por medio del puente de -
Wheatstone. La cantidad de sodio intercambiable es baja, menos del 15%; en consecuencia el PH es inferior a 8.5.

Los suelos salinos tienen una costra superficial de sales blancas, en especial en la temporada seca, cuando el movimiento neto de la humedad del suelo es ascendente. Estas sales blancas son en su mayor parte cloruros, sulfatos y carbonatos de calcio, magnesio y sodio. Los suelos salinos se hallan en estado floculado y, en consecuencia, las sales excesivas pueden ser lixiviadas con facilidad hasta más bajo de la zona de raíces por el agua de riego.

Suelos alcalinos: son llamados suelos alcalinos negros porque son de este color, debido al efecto del contenido elevado de sodio que origina la dispersión de la materia orgánica.

El porcentaje de saturación de sodio intercambiable en los suelos alcalinos es mayor de 15; como resultado, el pH se encuentra entre 8.5 y 10.0 la conductividad está por debajo de 4 mmhos/cm. a 25 grados centígrados.

A causa del gran contenido de sodio, tanto la arcilla como la materia orgánica se dispersan, el resultado es un relle no apretado de las partículas que reduce el tamaño y la cantidad de espacios porosos, trayendo por consecuencia que el a--gua y el aire no se muevan con facilidad a través del suelo.

Suelos salino-alcalinos: Poseen una conductividad del extracto saturado mayor de 4 mmhos/cm. a 25 grados centígrados; sodio intercambiable en exceso del 15%, un pH variable, comúnmente mayor a 8.5. Cuando las sales solubles son lixiviadas - hacia abajo, el pH se elevará por encima de 8.5, pero cuando las sales solubles se acumulan de nuevo, el pH caerá de nuevo a 8.5.

En las regiones áridas, donde hay poca lluvia, y temperaturas elevadas, es común el problema de encostramiento y existe por lo tanto una acumulación de las sales solubles cerca de la superficie.

Durante la temporada lluviosa estas sales pueden moverse hacia abajo hasta las capas inferiores del suelo, pero des-pués de la estación de lluvias, la evaporación intensa lleva de nuevo las sales a la superficie. (41)

3.2.2.2. Capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.)

La capacidad de intercambio de cationes se define como - la suma total de cationes intercambiables absorbidos, expresa-dos en miliequivalentes por 100 g de suelo; es una expresión del número de sitios de absorción de cationes por unidad de peso del suelo (7).

La arcilla y coloides orgánicas exponen de 40 a 800 metros cuadrados de área superficial por gramo y por consiguiente son las porciones más activas del suelo tanto física como químicamente. Las propiedades del suelo tales como adherencia, plasticidad, hinchamiento, absorción de agua y carga eléctrica están estrechamente relacionadas con el área superficial y estructura de la arcilla. Los cationes son adsorbidos por la arcilla y coloides orgánicos porque los coloides negativos atraen cationes positivos. Los cationes en la solución del suelo pueden reemplazar los cationes adsorbidos en las superficies del suelo negativamente cargados.

Las características del suelo cambian con la clase y proporción de iones intercambiables presentes. Por ejemplo los suelos ácidos contienen apreciables cantidades de H^+ intercambiable y soluble; los suelos calcáreos suelen estar 100% saturados de bases y contienen altas proporciones de Ca^{++} intercambiable y cal libre.

Los cationes intercambiables están en equilibrio con los cationes en solución. Estos son adsorbidos por las plantas renovándose por los cationes adsorbidos. De este modo los cationes intercambiables son una fuente importante de nutrientes para las plantas. En suelos normales los cationes intercambiables grandemente exceden a los cationes solubles.

Los iones disueltos en la solución del suelo pueden fácilmente ser eliminados por efecto del lavado debido a que se mueven con la solución del suelo. Los cationes intercambiables son difíciles de remover por efecto del lavado a menos de que la solución contenga una sal que suministre cationes que se

intercambien con los adsorbidos por los coloides.

La fertilización con sales solubles en agua inmediatamente afectan cambios en la concentración del catión fertilizante en la solución del suelo y en los coloides del suelo.

Tanto en suelos ácidos como calcáreos el Ca^{++} es usualmente el catión intercambiable predominante (34).

La C.I.C. varía desde menos de 5 para suelos que contienen muy poca arcilla o materia orgánica hasta cerca de 200 para suelos orgánicos (7).

Junto con la fotosíntesis, las reacciones de intercambio iónico (en especial el intercambio de cationes) son las reacciones químicas más importantes en todo el dominio de la agricultura.

La naturaleza y contenido de los elementos intercambiables en un suelo tienen una relación importante con sus propiedades generales. El predominio de los cationes deseables como calcio en el complejo de intercambio produce condiciones físicas deseables e influye favorablemente en las actividades microbianas, la amonificación y la nitrificación.

Las clases de cationes presentes en el complejo de intercambio también afectan al pH de la solución del suelo, por ejemplo, una arcilla sódica es alcalina y una arcilla hidrogenada es ácida. Es bien sabido que el pH afecta a la obtención de varios nutrimentos. Los suelos son muy acídicos, pueden tener cantidades muy elevadas (tal vez tóxicas) de Mn disponibles pero la capacidad para obtener fosfato es baja (7, 41).

El conocimiento del intercambio de cationes ayuda a la -

recuperación de suelos acídicos, salinos y alcalinos (41).

No todos los cationes tienen igual poder de reemplazamiento en el complejo coloidal. La fuerza de adsorción de un catión depende de su radio iónico, de su carga y de su grado de hidratación. Experimentalmente se ha encontrado el siguiente orden descendente de energía de adsorción catiónica, llamada serie liotrópica.

$H > Sr > Ba > Ca > Mg > Rb > K > NH_4 > Na > Li.$

Factores que afectan la capacidad de intercambio de cationes.

1.- Tamaño de las partículas. La montmorillonita afecta poco su C.I.C. por el tamaño de partícula. No así en el caso de la illita y especialmente de la kaolinita. Partículas de la illita menores de 0.06 micras presentan doble C.I.C. que las partículas comprendidas entre 1.1. y 0.3 micras.

En el caso de la kaolinita este cambio es de casi 4 veces

2.- Temperatura. En condiciones naturales su influencia es pequeña. A temperaturas elevadas se observan cambios significativos.

3.- Medio Externo. Por lo común la C.I.C. se produce cuando los iones están en solución, pero también puede ocurrir la adsorción de las arcillas de los cationes en suspensión.

4.- Alteración de las posiciones de cambio. Las distorsiones producidas en la red a causa de las sustituciones isomórficas pueden reducir la capacidad de intercambio, especialmente cuando el Al es sustituido por el Mg, ya que el radio de éste supera netamente al del hueco de los oxígenos octaédri--

cos en el que se aloja. (34)

Intercambio aniónico.

Los suelos, en especial los que son ricos en materia orgánica, tienen la capacidad de retener una pequeña cantidad de aniones en la forma intercambiable. En general, el orden relativo de intercambio de aniones es:



El fosfato es el más importante ya que los sulfatos o nitratos no son retenidos en cantidades considerables.

Los fosfatos son retenidos en grandes cantidades, especialmente en los ácidos, sin embargo la mayor parte de la adsorción no es intercambiable.

En suelos con problemas de encostramiento a pesar de su gran cantidad de arcilla no tienen alto C.I.C. ya que los cationes quedan atrapados al contraerse la arcilla (41).

3.2.2.3. Reacción del suelo (p.H.)

La reacción del suelo es la característica química más importante que determina muchas propiedades físicas y químicas del suelo.

La reacción del suelo influye como un medio para el desarrollo de las plantas y de microorganismos deseables; dependiendo que el suelo sea ácido, neutro o alcalino.

Disuelto en agua, un ácido disociará y liberará iones de hidrógeno H^+ que tornan ácida la solución. En forma similar, cuando un alcali se disuelve en agua, produce iones hidroxilos OH^- que alcalina la solución.

El método más conocido para expresar la relación entre H^+ y OH^- es el pH. El pH indica el logaritmo de la recíproca de la concentración de iones de hidrógeno en gramos por litro comúnmente se expresa de la manera siguiente: (7, 41).

$$PH = \text{Log} \frac{1}{H^+}$$

El concepto pH permite la expresión de la concentración de iones de hidrógeno en una escala de acidez y alcalinidad desde 0 hasta 14. (41)

El pH tiene una influencia importante en los puntos siguientes:

- 1.- Disponibilidad de nutrientes
- 2.- Toxicidad debido a exceso de iones hidrógeno e hidróxido.
- 3.- Determina algunas propiedades físicas y químicas del suelo.
- 4.- influye en la vida de los organismos del suelo.
- 5.- Señala los cultivos que se adaptan a determinado pH.
- 6.- Se relaciona a la resistencia o susceptibilidad de algunas enfermedades de los cultivos. (7)

La lluvia, el drenaje, la naturaleza del material madre, calidad y cantidad del agua de riego usada y el período de tiempo en que ha estado bajo cultivo el terreno, son los factores principales que influyen en la reacción del suelo.

En las regiones de suelos con problemas de encostramiento generalmente el pH es más elevado principalmente por las pocas aportaciones de materia orgánica, por la menor actividad microbiana por escasear la humedad y las aportaciones ve-

getales, las precipitaciones no drenan, pero son capaces de elevar por capilaridad las sales disueltas, haciéndolas pasar de los horizontes interiores a los superiores. (34)

3.2.2.4. Materia Orgánica (M.O.)

La materia orgánica del suelo consiste en cualquier sustancia de origen orgánico. Esta proviene de los restos de plantas y animales; esto incluye hierbas, árboles, bacterias, hongos, protozoos, lombrices y abonos animales. La materia orgánica representa una etapa determinada en un movimiento interminable de los elementos carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre entre los organismos vivos y el reino mineral. (41)

La acumulación de la materia orgánica es favorecida en áreas de precipitación abundante, baja temperatura, vegetación nativa de pastos o drenaje deficiente. La proporción en que se descompone la materia orgánica es la clave de su acumulación en el suelo.

La materia orgánica se ha denominado la "sangre vital" del suelo. Tiene un impacto tremendo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (34)

Debido a lo anterior en puntos posteriores se profundizará más sobre este tema, debido a su gran importancia.

3.3. Aspectos generales de la M.O.

3.3.1. Funciones de la M.O.

La materia orgánica en el suelo tiene diferentes funcio-

nes, las que se resumen como sigue:

1.- Aumenta la retención de humedad ya que los residuos orgánicos reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua, reduciendo la escorrentía y la erosión, habiendo así más agua disponible para las plantas.

2.- La descomposición de la M.O. produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo (agregación). Esta agregación favorece una buena aereación y permeabilidad.

3.- Las raíces de las plantas al descomponerse dejan --conductosa través de los cuales penetra el agua y hay difusión de los gases del suelo que favorecen el desarrollo más vigoroso de las raíces de los cultivos siguientes.

4.- La M.O. sirve como una fuente de energía para el desarrollo de los microorganismos. Todos los organismos heterotróficos, por ejemplo, los organismos que fijan el nitrógeno, requieren M.O. que se descomponga con tanta facilidad y de la cual puedan obtener el carbono. Sin carbono, la fijación de nitrógeno por los Azotobacter y clostridium sería imposible. La M.O. reciente proporciona alimento para seres como lombrices, hormigas y roedores.

5.- Los residuos orgánicos sobre la superficie del suelo reducen las pérdidas del suelo debidas a la erosión eólica.

6.- Los residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan el suelo más caliente en invierno.

7.- Las pérdidas de agua por evaporación se reducen me--

diante capas protectoras orgánicas.

8.- La descomposición de M.O. produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, la mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica.

9.- La M.O. ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos atenuando los cambios químicos rápidos como por ejemplo el pH, cuando se agregan los fertilizantes y/o caliza.

10.- La M.O. al descomponerse produce ácidos orgánicos y bióxido de carbono que ayudan a disolver minerales como el potasio; de esta manera, las plantas en desarrollo pueden obtenerlos más fácilmente. Los ácidos orgánicos liberados de la M.O. en descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos.

11.- El humus (M.O. descompuesta) constituye un almacén para los cationes intercambiables y aprovechables: K, Ca y Mg. temporalmente, el humus también retiene el amonio en forma intercambiable y aprovechable.

12.- La M.O. fresca tiene una función especial, porque facilita la obtención del fósforo del suelo en los suelos ácidos.

Al descomponerse la M.O. libera citratos, oxalatos, tartratos y lactatos que se combinan con el hierro y el aluminio con más rapidez que el fósforo. El resultado es la formación de un número menor de fosfatos insolubles de hierro y aluminio y la disponibilidad de más fósforo para el desarrollo de la planta. (34, 42)

3.3.2. Constitución general de la M.O.

La materia orgánica del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivientes o muertos del suelo.

La acumulación de la M.O. es favorecida en áreas de precipitación abundante, baja temperatura, vegetación nativa de pastos o drenaje deficiente. La proporción en que se descompone la M.O. es la clave de su acumulación en el suelo. (33)

La M.O. representa una etapa determinada en un movimiento interminable de los elementos carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre entre los organismos vivos y el reino mineral. A medida que se forma M.O. nueva, una parte de la vieja pasa a mineralizarse. (41)

La M.O. del suelo puede distinguirse del humus. Y no es un material estable, sino que sufre una descomposición gradual a compuestos minerales más simples, tales como agua, bióxido de carbono y pequeñas cantidades de nitrógeno libre, amoníaco, metano, etc. (39)

El humus propiamente dicho, una masa oscura de material variable en su composición pero relativamente estable, es - - aquella parte de la M.O. del suelo que ha perdido sus propiedades primitivas por descomposición.

Aún cuando los compuestos orgánicos del humus se descomponen con mayor lentitud que los residuos frescos vegetales y animales, los elementos nutritivos tales como el nitrógeno, fósforo y azufre que se hallan presentes en estos compuestos, se van haciendo asimilables por las plantas a consecuencia de las

reacciones químicas y biológicas del suelo. (25)

En la formación del humus a partir de los residuos vegetales, hay más rápida reducción de los constituyentes solubles en agua, de las celulosas y de las hemicelulosas; un aumento relativo en el porcentaje de lignina y complejos de la misma; y un incremento en el contenido de proteínas.

El aumento de proteínas durante la formación se debe a - que los complejos nitrogenados se vuelven resistentes a una - descomposición rápida posterior. Este grado de descomposición lenta del humus ofrece un medio por el cual el nitrógeno puede ser almacenado en el suelo y liberado en forma gradual. (30)

La composición de la M.O. y, en especial del humus del - suelo, ha sido un problema difícil para los químicos de suelo.

Una de las dificultades principales al investigar el problema es la imposibilidad de aislar la M.O. de la parte mineral del suelo.

La M.O. es una sustancia muy compleja, (ver tabla 2). Contiene varios materiales, cuyos porcentajes varían de acuerdo - con la clase de residuos de plantas o animales y de su estado de descomposición.

TABLA 2.- Composición de la M.O.

- 1.- Carbohidratos, que incluyen azúcares, almidones y celulososa.
- 2.- Lignina
- 3.- Tanino
- 4.- Grasas, aceites y ceras
- 5.- Resinas

6.- proteínas

7.- Pigmentos

8.- Minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio.

En gran parte, el porcentaje mayor de M.O. es de lignina y proteínas, aunque el humus puede contener tanto como un 30% de poliuronidos. (41)

3.3.3. Composición de los tejidos de las 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 y H, los otros elementos juegan un papel importante en la nutrición vegetal.

TABLA 3.- Compuestos orgánicos de los tejidos vegetales y cambios que sufren en el suelo.

1.- Compuestos comunes en los tejidos vegetales frescos.

De descomposición difícil	De descomposición fácil
Lignina	Celulosa
Aceites	Almidones
Grasas	Azúcares
Resinas, etc.	Proteínas, etc.

2.- Complejos intermedios, productos de desintegración.

Compuestos resistentes	Compuestos de descomposición
Resinas	Aminoácidos
Ceras	Amidas
Aceites y grasas	Aldehídos, etc.
Lignina, etc.	

3.- Productos de descomposición del suelo.

Complejos resistentes	Restos simples
Humus (complejo coloidal)	CO_2 y H_2O
en el cual el ligno-	NO_3
proteínato es impor-	SO_4
tante.	PO_4
	Compuestos de Ca, etc.

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

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

Estas cifras son generales y solamente dan una idea de los constituyentes más comunes que se encuentran en los tejidos vegetales. (34)

3.3.4. El ciclo del Carbono

Aún cuando la fuente principal de carbono, el CO_2 , existe en cantidades siempre pequeñas (sólo el .03% de la atmósfera terrestre), los tejidos vegetales y las celulosas microbianas contienen grandes cantidades de carbono (aproximadamente del 40 al 50% de su peso seco).

El dióxido de carbono es convertido a carbono orgánico -

principalmente por la acción de organismos fotoautotróficos.

Estos suministran los nutrientes orgánicos necesarios para los animales heterótrofos y para los organismos microscópicos que no contienen clorofila.

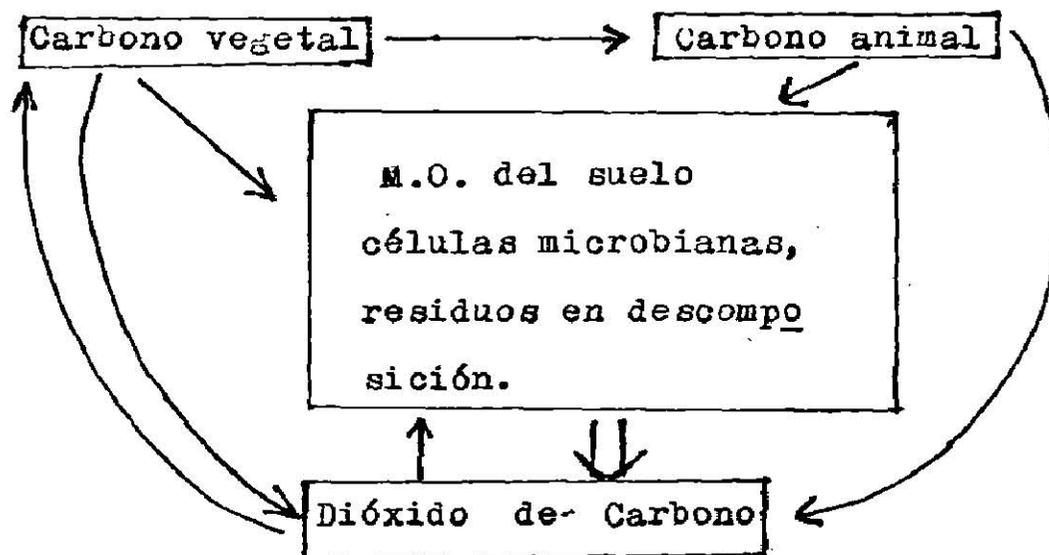
Los organismos fotosintéticos fijan constantemente el -- carbono formando compuestos orgánicos con ayuda de la luz solar. Para que los organismos superiores sigan proliferando, es necesario que los materiales carbonados sean descompuestos y regresados a la atmósfera. Se ha estimado que la vegetación -- de la superficie terrestre consume 1.3×10^{14} kg. de CO_2 por año, cerca del 1/20 del suministro total de la atmósfera.

Con la conversión anual de tal cantidad de carbono a formas orgánicas por las plantas, y el limitado abasto en el aire y los mares, es probable que el principal nutriente de las -- plantas comience a agotarse en ausencia de las transformaciones microbianas.

En sus formas más simples, el ciclo del carbono gira en -- torno al CO_2 , su fijación y regeneración. Las plantas verdes utilizan este gas como única fuente de carbono y de materia -- carbonada sintetizada de esta manera sirve para abastecer al mundo animal con carbono orgánico preformado. El metabolismo ocupa el papel principal en la secuencia cíclica después de -- la muerte de las plantas o animales. Los tejidos muertos son descompuestos y transformados en células microbianas y en un amplio conjunto heterogéneo de compuestos carbonados, que se conocen como humus o fracción orgánica del suelo.

El ciclo se completa y el carbono se hace disponible nue

vamente, con la descomposición final y la producción de CO_2 a partir del humus y tejidos en descomposición. (4)



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

FIG. 1 - CICLO DEL CARBONO.

3.3.5. Microbiología

3.3.5.1. Clasificación de los microorganismos que intervienen en la descomposición de la M.O.

El suelo es el medio donde se desarrolla la vida de innumerables formas de plantas y animales que varían en tamaño desde las que necesitan verse en el microscopio a los macroorganismos como las lombrices. A través de una gran variedad de actividades, estos organismos contribuyen a la capacidad productiva del suelo. Una de las funciones que realizan los microorganismos es la descomposición de la materia orgánica agregada al suelo.

Actividades deseables de los microbios del suelo pueden -

estimularse a través de la corrección de condiciones desfavorables, por medio de prácticas tales como el encalado, drenaje, aplicaciones de M.O., operaciones adecuadas de labranza, uso de buenos sistemas de cultivo, control de parásitos e inoculación.

El concepto original de que la población del suelo es -- predominantemente bacteriana, se ha extendido con los años de investigación para incluir también los grupos numerosos de -- hongos, actinomicetos, protozoos, algas y muchos animales invertebrados pequeños. (34)

A continuación se da una descripción de los grupos más importantes de los microorganismos que intervienen en la descomposición de la M.O.

Bacterias.— En suelos cultivados exceden en número y clases a todos los otros organismos. Son plantas unicelulares y los individuos más grandes raras veces exceden 0.005 amstrongs la mayoría pertenece al rango del tamaño de partículas coloidales. Su número en el suelo varía grandemente por los factores que afectan su crecimiento y porque se multiplican con extrema rapidez, (un nuevo individuo puede ser formado en menos de 20 minutos).

Se han cuantificado de 0.3 a 95 millones por gramo de -- suelo—método de la placa con ayuda de métodos microscópicos -- se han encontrado de 1,000a cuatro mil millones.

Según sus requerimientos de energía se dividen en dos -- grandes grupos:

1.- Bacterias heterotróficas; pueden obtener su energía y carbono de sustancias orgánicas complejas.

2.-Bacterias autotróficas; obtienen su energía de la oxidación de elementos o compuestos inorgánicos, su carbono del CO_2 y su nitrógeno y otros minerales de compuestos orgánicos. Se consideran las formadoras de NO_2 , NO_3 y las oxidantes del azufre y de fierro, así como las que actúan sobre el hidrógeno y sus compuestos. Las heterotróficas se dividen en:

1)Bacterias fijadoras de N. y

2)Bacterias que requieren N. fijado.

Las bacterias que fijan N pueden ser simbióticas o no -- simbióticas. Las no simbióticas pueden ser aeróbias o anaeróbias. Las bacterias que requieren el N fijado forman dos grupos: las formadoras de esporas y las no formadoras de esporas, que a su vez pueden ser aeróbias o anaeróbias.

La naturaleza y abundancia de los diferentes tipos de bacterias dependen del abastecimiento de nutrientes y condiciones del medio ambiente del suelo.

Hongos.- Según su morfología se clasifican en tres grupos

1)levaduras y hongos parecidos a levaduras,

2)mohos, que incluyen varios hongos filamentosos y

3)los hongos, propiamente dichos.

Varían en su estructura y tamaño. No contienen clorofila su energía y carbono los obtienen de sustancias orgánicas complejas. El primer grupo es escaso en los suelos y no es de importancia en el desarrollo y la productividad. Los otros dos grupos son más abundantes y el tercer grupo abunda principal-

mente en suelos forestales. Algunos miembros del grupo de los hongos se desarrollan en asociación con las raíces de las - - plantas superiores (micorriza) y ayudan en la obtención de los nutrientes del suelo.

Los hongos del suelo son sobrepasados en número por las bacterias, excepto en suelos ácidos, en suelos que han sido fuertemente estercolados y en los ricos en M.O., son organismos aeróbios.

Los hongos son activos en el desarrollo de la estructura del suelo. El stachybotrys atra, descompone la celulosa y se considera muy efectivo en la formación de agregados del suelo.

Comúnmente el número de hongos por gramo de suelo se ha cuantificado en 8,000 a más de un millón. Esto probablemente puede ser equivalente a 1,000 o 1,500 kg/ha. (20 cm. profundidad). Aunque las bacterias son mayores en número, los hongos presentan una masa mayor de desarrollo por unidad de volumen de suelo. Es que los hongos son de mayor tamaño.

Actinomicetos.- De acuerdo con su morfología ocupan una posición intermedia entre las bacterias y los hongos.- Se parecen a las bacterias porque son unicelulares y a los hongos filamentosos porque producen una maraña muy profusa y ramificada. Muchos de estos organismos se reproducen por medio de esporas, las que tienen semejanzas con células bacterianas.

El número de actinomicetos pueden variar de 0.1 a 36 millones por gramo de suelo. En peso real de sustancia viviente por ha, puede exceder a las bacterias pero no igualar a los tejidos de hongos. En condiciones óptimas su peso puede ser -

de 700 kg/ha o más (20 cm. profundidad).

Para su óptimo desarrollo se requieren pH de 6.0 a 8.0.- En suelos de escasa humedad se desarrollan mejor que las bacterias. Abundan en suelos orgánicos no muy ácidos. El olor tan específico de algunas tierras recientemente aradas se considera debido a productos de las actividades de actinomicetos.

Los actinomicetos atacan y descomponen a la M.O., liberando los nutrientes que contiene. Aparentemente estos organismos son capaces de atacar el humus, el que sería muy lentamente descompuesto por las bacterias, de aquí que los actinomicetos tengan una función muy importante desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, al ayudar en el ciclo del nitrógeno. (34)

3.3.5.2. Requerimientos nutricionales

Los nutrientes tienen tres funciones: proveer los materiales que se requieren para una síntesis protoplásmica, abastecer de la energía necesaria para el crecimiento celular y -- reacciones biosintéticas y servir como aceptores de los electrones liberados en la reacción que proporciona energía a los organismos.

TABLA 4.- Nutrientes requeridos por los microorganismos.

1.-Fuente de energía	compuestos orgánicos compuestos inorgánicos luz solar
2.-Aceptor de electrones	O ₂ compuestos orgánicos NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , N ₂ O, SO ₄ ⁻ , CO ₂

3.-Fuente de carbono	CO ₂ , HCO ₃ ⁻ compuestos orgánicos
4.-Minerales	N, P, K, Mg, S, Fe, Ca, Mn, Zn, Cu, Co, Mo.
5.-Factores de crecimiento	
a) Aminoácidos	Alanina, ácido aspártico, ácido glutámico, etc.
b) Vitaminas	Tiamina, biotina, piridoxina, riboflavina, ácido nicotínico, ácido pantoténico, ácido pami <u>n</u> o henzoico, ácido gó <u>l</u> ico, ácido lípico, B ₁₂ , etc.
c) Otros	bases purínicas, bases pirimídicas, colina, inositol, pépti-- dos, etc.

Donde el creci-miento se lleva a cabo en ausencia de factores de crecimiento, probablemente los compuestos son sintetizados por los organismos.

En los organismos aerobios, el O₂ desempeña esta última función. En los anaerobios estrictos o facultativos, algún -- producto orgánico del metabolismo o alguna sustancia inorgánica reemplaza el O₂. Las fuentes de energía para heterótrofos del suelo son: celulosa, hemicelulosas, lignina, almidón, sustancias pécticas, inulina, quitina, hidrocarburos, azúcares, protefinas, aminoácidos y ácidos orgánicos. La conversión de estas -- sustancias orgánicas a productos más oxidados libera energía y una parte de esta se usa en la síntesis de constituyentes -

protoplásmicos. Para que el alimento se pueda utilizar, éste - debe penetrar al cuerpo del organismo; frecuentemente la fuente de energía entra sin dificultad, pero las células microbianas son impermeables a muchas moléculas complejas; estos compuestos primero deben solubilizarse y simplificarse, antes de que sirvan como fuentes de energía en los confines de la célula.

Las bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozarios generalmente contienen los mismos elementos. El N, P, K, Mg, S, Fe y probablemente Ca, Mn, Zn, Cu, Co y Mo son parte integral de la estructura protoplásmica. La célula microbiana está constituida de estos nutrientes esenciales además de C, H y O. Las diferencias en nutrición entre los miembros de la microflora no están relacionadas con las sustancias minerales esenciales sino con las moléculas que contienen C y N. En algunos casos se requiere un elemento para una reacción específica en la descomposición o en la síntesis celular. Un determinado número de estas sustancias inorgánicas es asimilado en cantidades -- tan pequeñas que no siempre se detecta su requerimiento.

Los constituyentes orgánicos forman gran parte del total del material protoplásmico, sólo algunos de estos materiales -- son asimilados sin más modificaciones, frecuentemente un organismo es incapaz de sintetizar por sí mismo uno o más de sus bloques estructurales. Donde ocurre esto el organismo debe de ser provisto de materiales necesarios. Estas sustancias (los factores de crecimiento) son moléculas orgánicas requeridas -- en pequeñas cantidades para el crecimiento. La necesidad de -- uno o más factores de crecimiento (aminoácidos, vitaminas, etc)

tiene considerable importancia ecológica, debido a que una especie que los necesita sólo crecerá en habitats donde estén presentes las moléculas orgánicas.

Un factor de crecimiento no necesariamente debe ser esencial, muchas especies son estimuladas por factores de crecimiento. El CO_2 es importante no sólo para completar el ciclo del carbono, sino por su influencia directa en el crecimiento. Los microorganismos químico y fotoautótrofos deben tener CO_2 como único nutriente carbonado. Sin embargo, el gas es estimulante y requerido por muchos heterótrofos que incluso incorporan una parte del CO_2 a la estructura celular. El requerimiento del CO_2 en el suelo rara vez presenta problema, ya que evoluciona a partir de la M.O. en descomposición. (4)

3.3.5.3. Crecimiento de las poblaciones microbianas

Al discutir acerca de la velocidad de los procesos microbiológicos, debe tomarse en cuenta el crecimiento de los microorganismos dominantes. El desarrollo en condiciones óptimas de una población de bacterias, considerando que éstas se reproducen por fisión binaria, en la que la célula madre da lugar a dos hijas en un tiempo conocido como tiempo de generación, es de tipo logarítmico. Si cada célula hija tiene la misma actividad bioquímica que la célula madre, entonces una gráfica del logaritmo de algún cambio llevado a cabo por el cultivo de bacterias contra el tiempo, sería lineal. Esto se puede mostrar para un gran número de transformaciones bacterianas, (asimilación de N_2 por Azotobacter spp o la oxidación de amonio por nitrosomas spp, etc.)

El tiempo de generación (equivalente al tiempo en el cual se duplica la población), varía considerablemente dependiendo de los organismos, temperatura y el medio.

Conforme el suministro de nutrientes disminuye o conforme los desechos metabólicos se acumulan disminuye la velocidad de desarrollo (finaliza la fase de crecimiento logarítmico). Por último el cultivo alcanza su máxima densidad de población y la muerte de células individuales compensa la aparición de nuevas bacterias esto se refleja en una disminución del tamaño de la población.

En otros organismos (filamentosos) los patrones de crecimiento no se han investigado tanto como en las bacterias. Sin embargo, en general el crecimiento en la masa protoplásmica de estos organismos parece ser lineal.

Son muchos los factores que afectan el desarrollo microbiano, desde estas variables son las más importantes y son la temperatura y el pH. Estos ejercen su efecto de dos maneras: alterando la composición de la microflora y por la influencia directa en los individuos de la comunidad (4).

3.3.6. Descomposición de la M.O. del suelo

3.3.6.1. Proceso de descomposición

La descomposición de la M.O. tiene dos funciones para la microflora: abastecerla de la energía suficiente para el crecimiento y suministrar el carbono necesario para la formación de nuevos materiales celulares. El dióxido de carbono, metano, ácidos orgánicos y alcohol, son meramente productos de desecho,-

que se liberan durante el desarrollo microbiano para la adquisición de energía.

Las células de la mayoría de los microorganismos contienen por lo general 50% de carbono aproximadamente. El proceso por el cual el sustrato se convierte en carbono protoplásmico se conoce como asimilación. Bajo condiciones aeróbicas, del 20 al 40% del carbono del sustrato es asimilado, el resto se libera en forma de CO_2 o se acumula como producto de desecho.

La composición química del material orgánico está relacionada con la magnitud de la asimilación, pero al final el carbono incorporado a los nuevos tejidos microbianos será a su vez descompuesto. Debido a la heterogeneidad de los materiales orgánicos y restos vegetales, es difícil precisar la asimilación del carbono, ya que es difícil determinar si el carbono restante representa células microbianas o una porción de la M.O. agregada y que no ha sido degradada.

Suponiendo la incorporación al suelo de un residuo que tiene una amplia proporción de C:N. la microflora encargada de la descomposición se desarrollará dependiendo del suministro de nitrógeno disponible y de otros nutrientes inorgánicos y todo el nitrógeno inmediatamente aprovechable será asimilado y unido en compuestos orgánicos. Suponiendo que la comunidad aerobia contiene el 50% de carbono y el 5% de nitrógeno y que asimila un tercio del carbono del sustrato, entonces una unidad de nitrógeno disponible incorporado al material celular permitirá la asimilación de 10 unidades de carbono celular pero estará acompañado por la volatilización de 20 unidades de carbono como CO_2 . Aquí, ningún nitrógeno se pierde pues la -

demanda excede el suministro, pero se libera CO_2 y disminuye la proporción C:N conforme la población en la comunidad inicial muere y es descompuesta, el nitrógeno liberado será asimilado por poblaciones posteriores. La proporción C:N es más estrecha hasta que la proporción C:N alcance el equilibrio, - alrededor de 10:1. En este punto el nitrógeno orgánico que se mineraliza ya no es necesario para el crecimiento microbiano y permanece en su forma orgánica. De aquí en adelante, la mineralización del nitrógeno y el carbono será paralela y la -- proporción C:N del humus en este punto alcanzó el valor determinado ampliamente por la química de la célula microbiana.

La proporción C:N del suelo es uno de sus valores de equilibrio característicos, el valor para el humus es aproximadamente 10:1.

Los materiales naturales ricos en lignina son utilizados con menor rapidez por los microorganismos que los productos pobres en lignina. Es común encontrar que las tasas de descomposición de los restos vegetales son proporcionales a su contenido de lignina y la cantidad de ésta en los restos vegetales pueden ser de gran importancia para predecir la velocidad de descomposición más que la proporción C:N. Los tejidos jóvenes succulentos se metabolizan más rápidamente que los tejidos de plantas maduras. Conforme la planta envejece, su composición química cambia; el contenido de nitrógeno, proteínas y sustancias solubles en agua, desciende y aumenta la proporción de - celulosa, lignina, y hemicelulosas. Probablemente gran parte - de la resistencia adquirida con la edad, es consecuencia de -

la abundancia de lignina, aunque también pueden operar otros factores. (4)

3.3.6.2. Composición del humus

De acuerdo con la revisión hecha por Felbeck, se encuentra que la caracterización química del humus da los siguientes porcentajes: Aminoácidos 10%, hexosaminas 3%, compuestos aromáticos policíclicos 10%, grupos funcionales 26%, compuestos alifáticos 4%, aromáticos de un solo anillo 2%, total 55% es decir, que se conoce aproximadamente la mitad de la composición de la molécula húmica. (13)

Las características y propiedades del humus son las siguientes: El humus es prácticamente insoluble en agua. Su contenido de nitrógeno varía de 3 a 6%, el de carbono por lo general de 55a 58%; el humus tiene una alta de intercambio catiónico. El intercambio está asociado con algunos grupos químicamente activos. Uno de los grupos más importantes es el carboxilo (-COOH).

Durante la humificación de la M.O. la lignina se altera de tal manera que hay una disminución en los grupos de intercambio no catiónico como metoxilo (-OCH₃), y un aumento en los grupos carboxilo de intercambio catiónico.

Los sitios de intercambio catiónico tales como calcio, magnesio, potasio y así, el humus actúa de modo similar a la arcilla al retener los nutrientes asimilables contra la lixiviación y mantener los nutrientes en una forma asimilable para las plantas superiores y microorganismos.

El humus absorbe grandes cantidades de agua y presenta -

las propiedades de expansión y contracción. No presenta propiedades de adhesión y cohesión tan marcadas como las de los coloides minerales y es menos estable debido a que está sujeto a descomposición microbiana, se ha demostrado que el humus del suelo es un factor importante en la agregación (formación estructural). (30)

3.3.6.3. Influencia del medio ambiente sobre la descomposición.

Varios factores afectan la mineralización de materiales orgánicos agregados al suelo. La velocidad a la cual un sustrato determinado se oxida dependerá de su composición química y de las condiciones físicas y químicas del medio ambiente circulante. La temperatura, suministro de oxígeno, humedad, pH, nutrientes inorgánicos y la proporción C:N de los restos vegetales son las principales influencias ambientales. La edad de la planta, su contenido de lignina y el grado de desintegración del sustrato presentado a la microflora también rigen la descomposición.

El metabolismo microbiano y por ende la mineralización del carbono son menores a temperaturas bajas, más que a temperaturas altas y el calor está asociado con una mayor liberación de CO_2 . Cada especie microbiana individual y las capacidades bioquímicas de la comunidad como un todo tienen una temperatura óptima. En intervalos por debajo del óptimo, generalmente de 5 a 30 grados centígrados, el aumento de temperatura acelera la destrucción de los residuos vegetales por arriba -

de los 40 grados centígrados, la velocidad de descomposición disminuye, excepto cuando la descomposición termofílica se -- inicia.

La degradación de los principales constituyentes vegetales disminuye con el descenso del suministro de oxígeno. En el suelo, los niveles altos de humedad reducen las actividades microbianas, no como resultado directo del agua misma, sino in directamente por la obstaculización del movimiento del aire, -- reduciendo así el suministro de oxígeno.

Cada bacteria, hongo y acetinomiceto tiene un pH óptimo para su incremento y un intervalo fuera del cual la prolifera ción celular no se efectúa. La descomposición se lleva a cabo comúnmente con más facilidad en suelos neutros que en suelos alcalinos. En consecuencia, el tratamiento de suelos ácidos -- con cal acelera la descomposición de tejidos vegetales, com-- puestos carbonados simples o materia orgánica nativa del suelo. Los materiales ricos en nitrógeno, tales como los tejidos de las leguminosas, son metabolizados rápidamente, siendo innecesarias cantidades adicionales de nitrógeno, mientras que la adicción de amonio o nitrato a la paja u otros sust-ratos deficientes en nitrógeno aumenta ampliamente la descomposi- -- ción. A pesar de la mayor pérdida de carbono del suelo, como resultado del tratamiento con nitrógeno de residuos de cultivo pobres en proteínas, se estimula la formación de humus, ya que los residuos vegetales permanecen parcialmente descompuestos durante largos periodos de tiempo, si hay carencia de nitrógeno.

Cierto número de investigadores ha reportado que la tasa

de descomposición de los materiales vegetales depende del contenido de nitrógeno de los tejidos, siendo metabolizados más rápidamente los sustratos ricos en proteínas. Ya que las plantas de cultivo generalmente contienen casi la misma cantidad de carbono (casi el 40% de peso seco), su contenido de nitrógeno puede ser comparado usando la proporción C:N. Así, un bajo contenido de nitrógeno o una amplia relación C:N se asocia con una lenta degradación.

Los tejidos vegetales jóvenes se metabolizan más rápidamente que los tejidos maduros, aparentemente justifica la hipótesis del nitrógeno o de la proporción C:N en la velocidad de descomposición, ya que las plantas inmaduras tienen un contenido más alto de nitrógeno.

La maduración va acompañada por la lignificación. Los materiales naturales ricos en lignina son utilizados con menos rapidez por los microorganismos que los productos pobres en lignina. Los tejidos jóvenes suculentos se metabolizan más rápidamente que los tejidos de plantas maduras. (4)

3.3.6.4. Cambios durante la descomposición de la M.O.

Como resultado del desarrollo de una flora mixta sobre productos naturales químicamente complejos, algunos componentes desaparecen rápidamente, mientras que otros son menos susceptibles a las enzimas microbianas y persisten. La fracción soluble en agua contiene los componentes vegetales menos resistentes, siendo por lo tanto la primera en ser metabolizada. Por otra parte, la celulosa y las hemicelulosas no desaparecen tan rápidamente como las sustancias solubles en agua, aunque

su persistencia generalmente no es muy amplia. Las ligninas son altamente resistentes y consecuentemente empiezan a ser de manera relativa más abundantes en la M.O. residual en descomposición.

En tejidos suculentos el grueso de la M.O. perdida durante la descomposición se deriva de los constituyentes celulósicos, hemicelulósicos y los solubles en agua. Por el contrario, la mayor parte del peso perdido en materiales leñosos es resultado de la desaparición de celulosa.

Otras modificaciones se llevan a cabo en la M.O. conforme se va degradando. El contenido de hidróxilo de los residuos restantes desciende, mientras el contenido carboxilo y la capacidad de intercambio catiónico se eleva, conforme progresa la putrefacción.

Conforme los sustratos carbonados se incorporan al suelo hay una caída inmediata y marcada en el O_2 y un incremento en el contenido de CO_2 del aire del suelo. La cantidad y tipo de arcilla en el suelo tienen relación con la mineralización del carbono, debido a que las arcillas adsorben muchos sustratos orgánicos, enzimas extracelulares que fraccionan carbohidratos producidos por los microorganismos, y aún células bacterianas. Las arcillas tienen una merecida capacidad de retención del carbono, suprimiéndose la descomposición en su presencia. También la arena y el limo pueden influenciar la descomposición. Estas estructuras pueden servir como barreras mecánicas para el movimiento microbiano o las partículas orgánicas nutritivas o prevenir el contacto entre las células potencialmente activas o sus enzimas con un sustrato depositado en un

micrositio escudado por partículas no carbonadas. (4)

3.3.7. Mineralización anaeróbica del carbono

Los principales productos de la mineralización aeróbica del carbono son bióxido de carbono, agua, células y componentes del humus. En ausencia de oxígeno el carbono orgánico no es metabolizado totalmente, se acumulan sustancias intermedias y se liberan abundantes cantidades de CH_4 y pequeñas cantidades de H_2 . Al mismo tiempo, la energía producida durante la fermentación anaeróbica es baja, dando como resultado la formación de menos células microbianas por unidad de carbono orgánico degradado. En consecuencia, la M.O. degradada es consistentemente menor bajo anaerobiosis total que en medios que contienen una cantidad adecuada de oxígeno. En campos inundados los ácidos orgánicos se acumulan debido al carácter formativo de la microflora anaeróbica. Los ácidos dominantes son frecuentemente el ácido acético, fórmico, butírico, láctico y succínico, estos metabolitos son generalmente detrimentales para el desarrollo radicular. También se forman varios alcoholes simples y compuestos carbonílicos. Las transformaciones anaeróbicas del carbono están de esta manera caracterizados por la formación de ácidos orgánicos, alcoholes, metano y bióxido de carbono como productos finales principales. (4)

3.4 Actividades de los organismos del suelo relacionados con los productos finales de la descomposición de la M.O.

3.4.1. El ciclo del nitrógeno

El ciclo del nitrógeno terminó de extenderse a comienzos de la década de los años 50. Este ciclo muestra claramente -- que este elemento puede ser lavado (lixiviación), perderse en la atmósfera en forma de gases volatilizados o desnitrificados, transformarse de nuevo en sustancias orgánicas del suelo en su mayoría no utilizables por las plantas (inmovilización) y/o convertirse en amonio soluble (mineralización) y nitratos (nitrificación) que las plantas pueden utilizar. (49)

Estas transformaciones involucran a compuestos orgánicos inorgánicos y volátiles; ocurren simultáneamente pero los pasos individuales efectúan objetivos opuestos. El ciclo 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 una asociación planta-microorganismo, que torna al elemento directamente aprovechable por la planta.

El nitrógeno presente en las proteínas o ácidos nucleicos de los tejidos vegetales es usada 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 (NH_4) que a su vez es utilizado por la vegetación o es oxidado a nitrato (NO_3^-). Este último ion puede perderse por -- lixiviación, servir como nutriente vegetal o puede ser reducido alternativamente a amonio o a N_2 gaseoso, que escapa a la atmósfera, completando así el ciclo.

La siguiente exposición está relacionada con el ciclo -- del nitrógeno en habitats terrestres, pero la misma secuencia general se lleva a cabo en medios acuáticos.

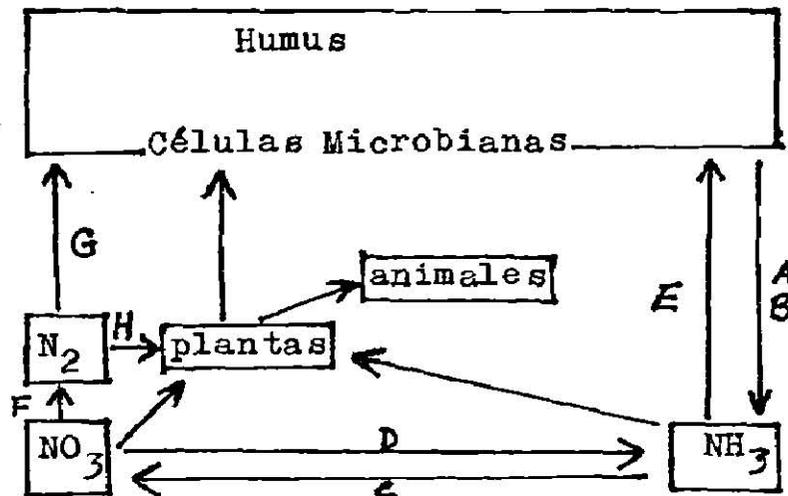


FIG. 2.- EL CICLO DEL NITROGENO.

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 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. |

FUENTE: Alexander, M. 1980

En la mineralización del nitrógeno parte de la gran reserva de complejos orgánicos en el suelo es descompuesta y convertida a iones inorgánicos que son usados por las plantas como amonio y nitrato.

La inmovilización es la biosíntesis de moléculas complejas del protoplasma microbiano a partir de sustancias inorgánicas simples como el amonio y nitrato.

El nitrógeno, una vez en forma de nitrato, puede perderse por lixiviación, por solubilidad en la solución del suelo.

La fuga biológica más grande la constituye la desnitrificación donde el nitrógeno es excluido completamente del reservorio de fácil accesibilidad pues el producto final de la desnitrificación, el N_2 no es utilizable por la mayoría de los macro y microorganismos.

La desnitrificación se presenta cuando un suelo permanece muy húmedo por más de un día, convirtiéndose los nitratos a gas nitrógeno (N_2), u óxido de nitrógeno. (49)

Ciertos organismos actúan sobre el gas nitrógeno, algunas veces en simbiosis con plantas superiores que pueden usarlo como fuente de nitrógeno para su crecimiento. La fijación de nitrógeno da como resultado la acumulación de nuevos compuestos orgánicos en las células de los organismos responsables - una vez fijado el N_2 se introduce de nuevo a la circulación general cuando las nuevas células formadas son a su vez mineralizadas.

Por medio de estas reacciones, la microflora subterránea regula el abastecimiento y dirige la disponibilidad y naturaleza química del nitrógeno en el suelo. (4)

3.4.2 Mineralización del nitrógeno (amonificación)

3.4.2.1. Proceso

La conversión de nitrógeno orgánico al estado inorgánico, más móvil, se conoce como mineralización del nitrógeno, un proceso análogo a la liberación de CO_2 a partir de los materiales carbonados en el que ambas transformaciones dan como resultado la liberación de los elementos en forma inorgánica.

Los dos procesos son el único mecanismo de regenerar el nutriente en una forma útil para el desarrollo de las plantas verdes. En la mineralización se producen amonio y nitrato, desapareciendo el nitrógeno orgánico.

La mineralización del nitrógeno del humus, proteínas, ácidos nucleicos o materiales relacionados, se detecta midiendo la producción de nitrato. Lo más apropiado es el muestreo de todos los productos inorgánicos: amonio, nitrito y nitrato. (4)

La mineralización del nitrógeno tiene lugar esencialmente en tres etapas, cuyas reacciones se conocen como: Aminización, amonificación y nitrificación. Las dos primeras reacciones son afectadas por microorganismos heterotróficos y la tercera reacción es realizada por bacterias autotróficas.

Los heterótrofos requieren como fuente de energía compuestos carbonados orgánicos. Los autótrofos obtienen su energía de la oxidación de sales inorgánicas y obtienen el carbono necesario del CO_2 de la atmósfera que los rodea.

La aminización es la transformación hidrolítica de las proteínas y la liberación de aminas y aminoácidos. Se representa esquemáticamente como sigue:

proteínas \longrightarrow $\text{R-NH}_2 + \text{CO}_2 + \text{energía} + \text{otros productos.}$

La amonificación es la utilización de estas aminas y aminoácidos por los organismos heterotróficos, con la liberación de componentes amoniacales. Se presenta como sigue: (44)

$\text{R-NH}_2 + \text{HOH} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{R-OH} + \text{energía.}$

Casi todo el nitrógeno que encontramos en los horizontes superficiales del suelo está en combinación orgánica.

Los compuestos nitrogenados presentes en la fracción orgánica del suelo permanecen por largos períodos en la naturaleza, siendo tan resistentes al ataque microbiano que sólo una pequeña porción de la reserva de nitrógeno del suelo es mineralizado en cada estación de crecimiento.

Existe una relación entre la mineralización del nitrógeno orgánico y la del carbono orgánico. En suelo no abonado, los dos elementos son mineralizados paralelamente y la relación de $\text{CO}_2\text{-C}$ con el nitrógeno inorgánico producido es prácticamente constante, aproximadamente de 7 a 15:1. La relación de carbono mineralizado: nitrógeno mineralizado disminuye un poco a medida que la velocidad de producción de nitrógeno inorgánico aumenta, de manera que una microflora que forma nitrato activamente tiende a liberar carbono y nitrógeno, en una relación alrededor de 7:1 mientras aquéllas menos activas tienen relaciones cercanas a 15:1.

El equilibrio puede ser alterado por la introducción de sustratos externos; por ejemplo: los residuos escasos en proteínas favorecen la formación de CO_2 , mientras que los materiales ricos en proteínas favorecen la liberación de nitrógeno inorgánico. (4)

3.4.2.2. Flora

Una flora diversa libera amonio de los compuestos nitrogenados orgánicos; ciertamente, casi todas las bacterias, hongos y actinomicetos atacan de alguna forma compleja del elemento pero la tasa de descomposición y los compuestos así utilizados varían con las especies y los géneros. En resumen, la cantidad de amonio que se acumula depende del organismo del -

sustrato, del tipo de suelo y las condiciones del medio ambiente.

Entre los organismos proteolíticos están las bacterias, hongos y actinomicetos aerobios, así como algunos anaerobios estrictos y facultativos. Los principales productos finales de la degradación proteica son el bióxido de carbono, el amoníaco, sulfato y agua.

Los productos finales de la transformación anaerobia son el amoníaco, aminas, CO_2 , ácidos orgánicos, mercaptanos y ácido sulfhídrico. Al proceso anaeróbico se le conoce como putrefacción. Las bacterias que intervienen en la degradación de las proteínas son: pseudomonas, bacillus, clostridium, serratia y micrococcus.

Los hongos que intervienen son alternaria, aspergillus, mucor, penicillium y rhizopus, etc. Los hongos frecuentemente liberan menos amoníaco pues asimilan más nitrógeno para la síntesis celular. Los hongos ocupan una posición predominante en la proteólisis particularmente en localidades ácidas.

Las enzimas proteolíticas extracelulares son así mismo producidas por numerosos actinomicetos. Cerca del 15-70% de los actinomicetos aislados de algunos suelos producen en cultivo enzimas que hidrolizan proteínas. En resumen, es probable que las bacterias dominen en medios neutros o alcalinos, y el grupo principal en los habitats ácidos es sin duda el grupo de los hongos. Las bacterias anaerobias dominan la flora cuando falta el oxígeno. (4)

3.4.2.3. Influencias del medio ambiente

En terrenos poco drenados, las relaciones de agua poco -

BIBLIOTECA Agronomía UANL

favorables detienen el metabolismo microbiano, disminuyendo el porcentaje de mineralización. Como regla general, del 1 al 4% es la cantidad de nitrógeno inorgánico del suelo liberado hacia las plantas durante la estación de crecimiento en zonas templadas.

En cuanto a la humedad, el óptimo para la amonificación generalmente se encuentra entre el 50 y el 75% de la capacidad total de retención de agua.

Ocurre un fenómeno hasta ahora inexplicable, cuando los suelos se secan y se vuelven a humedecer otra vez se logra una mineralización a una tasa más rápida que si se hubiera mantenido el suelo continuamente húmedo.

En las tierras vírgenes se causa una disminución masiva en su contenido de nitrógeno orgánico tal vez a causa de la disminución paralela en el contenido de carbono orgánico de las tierras vírgenes que son empleadas para la producción de alimentos. (4)

3.4.3. Inmovilización del nitrógeno

La desaparición de nitrógeno inorgánico que sigue a la adición de residuos de la cosecha deficiente en nitrógeno, proceso conocido como inmovilización del nitrógeno, da como resultado una marcada disminución en la asimilación de nitrógeno por la planta y consiguiente disminución en la producción. La inmovilización es el resultado de la asimilación microbiana de nutrientes inorgánicos. Al tiempo que se forman nuevas células o hifas, no sólo deben integrarse el carbono, hidrógeno y oxígeno a los elementos protoplásmicos, sino también el

nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio y hierro. De este modo cada uno de estos elementos es inmovilizado. 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.

Los microorganismos no se pueden multiplicar ni la materia orgánica puede ser descompuesta a menos que el nitrógeno sea asimilado dentro del protoplasma microbiano, y la asimilación tendrá lugar mientras exista actividad microbiana. Aún cuando una proteína pura se agregue al suelo, no todo su nitrógeno es mineralizado; una parte siempre se usa en la biosíntesis de las células de los habitantes microscópicos.

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 químicamente fijo, no puede utilizarse y sólo el catión extraíble es usado ampliamente. Muchos hongos filamentosos y bacterias gram-negativas se desarrollan fácilmente con sales de nitrato o de amonio en ausencia de aminoácidos; algunos organismos no pueden usar el nitrato, y son raros los que no pueden utilizar amonio como única fuente del elemento.

Una gran parte del nitrógeno de las proteínas o de los compuestos ricos en proteína agregados al suelo se recobra en forma inorgánica. La proteína agregada sirve como fuente de carbono y de nitrógeno para la microflora, y gran parte de este último se libera en forma de amonio, pues la demanda del primer elemento sobrepasa mucho la necesidad por el segundo.

El amonio puede acumularse bastante en las vecindades inmediatas de los desechos vegetales ricos en nitrógeno; esta acumulación puede perturbar la composición de la comunidad -- puesto que las bajas concentraciones inhiben la germinación de esporas de muchos hongos. Sin embargo, si la proteína se mezcla con un carbohidrato, la población que se desarrolla -- con el aumento en el suministro de carbono será mayor, y se requerirá más nitrógeno para la nueva flora. Consecuentemente el suministro de nitrógeno en la proteína no excederá la demanda y se liberará menos amonio. Desde este punto de vista, el amonio acumulado no refleja sino un producto de desecho del metabolismo, quedando el catión disponible sólo cuando no es necesario para la proliferación microbiana. (4)

3.4.4. Nitrificación

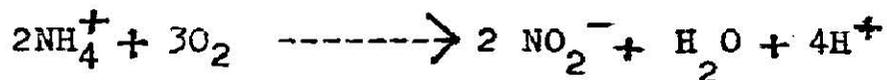
3.4.4.1. Proceso

El amonio sirve como punto de partida en el proceso conocido como nitrificación, que es la formación biológica de nitrato o nitrito a partir de compuestos que contienen nitrógeno reducido.

Bajo ciertas condiciones se distinguen dos pasos separados y diferentes durante la nitrificación. Las transformaciones involucran aparentemente una oxidación inicial al nitrito y una subsecuente conversión de este último a nitrato. Debido a que el nitrito se forma raramente en la naturaleza, aún en habitats donde la nitrificación se lleva a cabo rápidamente, los precursores de nitrato deben presentarse generalmente en --

los mismos ambientes de los oxidantes de amonio. (4)

La conversión a nitrito se realiza especialmente por un grupo de bacterias autótrofas obligadas conocidas como nitrosomas 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 denominadas nitrobacter. La ecuación que representa esta reacción puede escribirse como sigue:



Nitrosomas y nitrobacter usualmente son referidas juntas como nitrobacterias o bacterias nitrificantes. (45)

3.4.4.2. Las bacterias nitrificantes

Aún existe incertidumbre con respecto al estado de muchos de los organismos que, según se ha reportado, son capaces de catalizar la oxidación de amonio o nitrito. Esto se debe a los problemas para obtener cultivos puros. Con frecuencia no se detectan los contaminantes en cultivos autótrofos, debido a que muchas de las cepas contaminantes son morfológicamente idénticas a los organismos predominantes y a que ni las autótrofas ni muchas de las heterótrofas contaminantes se desarrollan apreciablemente en los medios convencionales de laboratorio.

El primer trabajo de S. Winogradsky estableció que la nitrificación está asociada característicamente con el metabo-

lismo de algunas bacteriasquimioautótrofas. 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.

Se sabe que en el suelo se encuentran los siguientes géneros:

I.- Oxidan amonio a nitrato.

Nitrosomas. Bacilos cortos o elipsoides

Nitrosococcus. Células esféricas

Nitrospira. Células espiraladas

Nitrosolobus. Células lobuladas o pleomórficas.

II.- Oxidan nitrito o nitrato.

Nitrobacter. Bacilos cortos.

De los cinco, sólo nitrosomonas y nitrobacter se encuentran frecuentemente y, sin duda, son los principales nitrificantes quimioautótrofos.

Característicamente, los autótrofos nitrificantes son obligados en cuanto a su dependencia de los materiales inorgánicos para obtener energía; sin embargo, ésta no se obtiene de la oxidación de cualquier sustrato inorgánico sino sólo de aquellos que contienen nitrógeno.

El carbono para la síntesis celular sólo se deriva del CO_2 , de los carbonatos o bicarbonatos, mientras que la energía para la reducción del CO_2 se obtiene de la oxidación de compuestos de nitrógeno inorgánico.

Los hongos, actinomicetos y bacterias heterótrofas pueden formar compuestos en los que el nitrógeno se encuentre en un estado más oxidado. El heterótrofo no hace uso de la energía liberada en la oxidación para su crecimiento y, con frecuencia, los productos más oxidados no aparecen hasta que ha cesado

la proliferación activa.

Actualmente es difícil establecer la importancia de la nitrificación heterótrofa. No hay evidencias que involucren a los heterótrofos en la mayoría de los casos de producción de nitrito y nitrato en el suelo; no existen evidencias directas e inequívocas de la oxidación heterótrofa en el suelo y los estudios con cultivos puros no han descubierto ningún heterótrofo que pueda nitrificar tan rápidamente ni tan intensamente como la asociación de dos géneros autotróficos. Sin embargo, la ineficiencia de los heterótrofos puede ser compensada por su gran número y puedan ejercer gran influencia en la tasa de síntesis de nitrato.(4)

3 4.4.3. Influencia del medio ambiente

Los factores físicos y químicos afectan la tasa de oxidación del amonio. Cuando el habitat se torna desfavorable por ejemplo en condiciones anaeróbicas o ácidas, se detecta poco o nada de nitrato, pero el amonio se acumula ya que la amonificación es menos sensible a los cambios ambientales. La acidez es la principal influencia ecológica. En ambientes ácidos, la nitrificación se lleva a cabo lentamente, aún en presencia de un suministro adecuado de sustrato y las especies responsables son raras o están ausentes cuando la acidez es alta. Típicamente la tasa de nitrificación 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 o alcalinos tienen las mayores poblaciones. Debido a la sensibilidad microbiana a los iones hidrógeno, la nitrificación en -

suelos ácidos generalmente aumenta con la adición de cal.

El oxígeno es un requerimiento obligatorio para todas -- las especies relacionadas siendo esencial una aereación ade-- cuada. Donde el suministro de oxígeno es inadecuado para los microorganismos habrá poca oxidación de amonio, cesando la -- reacción en ausencia total de oxígeno. Debido a esta caracte-- rística nutricional, la estructura del suelo afectará la acu-- mulación de nitrato a través de su influencia sobre la aerea-- ción. Sin embargo, la nitrificación se lleva a cabo aún en -- suelos inundados usados para el cultivo de arroz, debido a -- que el oxígeno que difunde de la atmósfera a la fase acuosa -- mantiene oxigenados los milímetros superiores del suelo.

Ya que la humedad afecta el régimen de aereación del sue-- lo, el status de agua del habitat microbiano tiene una marca-- da influencia en la producción de nitrato. Por un lado, el a-- negamiento limita la difusión de oxígeno y suprime la nitrifi-- cación; por el otro en condiciones áridas, la proliferación -- bacteriana no se retarda por el suministro de nutrientes ga-- seosos sino por la insuficiencia de agua, por lo tanto la -- irrigación aumenta tanto la población nitrificante como la -- biosíntesis del nitrato.

La nitrificación se ve marcadamente afectada por la tempe-- ratura y muchas investigaciones han confirmado el hecho de que por debajo de los cinco grados centígrados y por encima de -- los 40 grados centígrados la tasa es muy lenta. Existe eviden-- cia de una lenta formación de nitrato casi por debajo del pun-- to de congelación, un hecho de importancia para las pérdidas de nitrógeno en climas fríos, donde la lixiviación o desnitri--

ficación de los productos finales puede ocurrir durante el otoño e invierno; esta pérdida puede originar una falta de respuesta en la primavera a los fertilizantes de nitrógeno aplicados en el otoño, a menos que el elemento sea retenido de alguna manera.

Un efecto notable de las raíces se hizo aparente cuando los árboles y arbustos de un bosque del norte se cortaron y se impidió que retoñaran aplicando herbicidas. Se acumularon en el suelo grandes cantidades de nitrato y fueron transportadas a las aguas subyacentes. Este flujo del nitrato puede ser un reflejo de una inhibición cuando la vegetación estaba presente. De manera alternativa, esto también puede significar que la vegetación podía extraer el nitrato tan pronto como se formaba. (4)

3.4.4.4. Contaminación con nitrato

El nitrato puede llegar a ser un contaminante ambiental, se le considera indeseable debido a su función potencial en: a) eutroficación; b) la metahemoglobinemia infantil; c) la metahemoglobinemia animal y d) la formación de nitrosaminas.

Los iniciadores del problema son las poblaciones nitrificantes, cuyos productos finales no son aceptados, al menos en algunas concentraciones, en el agua y los alimentos.

En los años recientes se ha hecho patente un marcado incremento en la adición de nitrógeno al suelo, mediante el uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos, abono animal o bien lodos procedentes de ciudades. Los fertilizantes químicos se nitrifican con rapidez, mientras que el nitrógeno orgánico

nico de desechos carbonados se convierte en nitrito más lentamente.

Desafortunadamente solo parte del nitrógeno agregado se recobra en el cultivo y gran parte del que no es recuperado se oxida a nitrato. El nitrato está sujeto tanto a la lixiviación por el agua subterránea como a la desnitrificación.

Al igual ocurre con el estiércol acumulado en la gran cantidad de corrales de ganado vacuno de los E.U.A., han llevado a un nivel crítico la contaminación con el nitrato. Se puede crear bastante contaminación conforme los materiales orgánicos son mineralizados y el amonio resultante es oxidado.

Cuando hay suficiente precipitación para que haya lixiviación, el nitrato se mueve a través del perfil del suelo hacia las aguas subterráneas que son transportadas hacia cisternas que se usan para satisfacer las necesidades del hombre o hacia aguas superficiales que tienen la capacidad de sustentar afloramiento de algas. Así el nivel de nitrato del agua puede sobrepasar los valores estandar para garantizar un suministro seguro para el consumo humano, también las algas o plantas pueden resurgir y crear condiciones desfavorables. Este proceso se conoce como eutroficación (enriquecimiento de agua con nutrientes).

Gran parte del interés en el nitrato, y por lo tanto en la nitrificación, en lo que se refiere a salud pública, se debe a la enfermedad conocida como metahemoglobinemia. Esta se origina cuando el nitrato consumido en el agua o alimentos se reduce a nitritos en el tracto gastrointestinal. El nitrito entra al flujo sanguíneo donde reacciona con la hemoglobina para producir metahemoglobina, cambio que provoca un deterioro

en el transporte de oxígeno en el cuerpo. Este proceso no es de importancia en adultos pero sí en los niños, particularmente en bebés menores de 3 meses, así como en los rumiantes.

Las plantas que se consumen asimilan eventualmente mucho nitrato del suelo. Son pocas las especies que lo acumulan notablemente: remolacha, espinaca, apio y lechuga entre los vegetales y maíz, sorgo, pasto del sudán y avena, entre los forrajes de cultivo.

No se sabe si las nitrosaminas son un problema a causa de su formación potencial en el suelo. Muchas nitrosaminas son compuestos carcinógenos, mutagénicos y teratogénicos, es decir, que pueden inducir cáncer, mutaciones o anomalías y, algunas veces, la muerte en fetos. Su formación requiere la presencia de una amina secundaria y de nitrito; la reacción involucra una simple condensación. Esta reacción puede ser realizada por enzimas microbianas o de una manera no enzimática, por materiales orgánicos presentes en el suelo. El hecho de que no se haya establecido completamente su importancia se debe a que las muestras del suelo en el laboratorio producen sustancias tóxicas y las plantas que el hombre utiliza como alimento pueden assimilarlas, no existen pruebas de que estas sustancias químicas sean producidas en el suelo bajo condiciones naturales. (4)

3.4.5. Desnitrificación

3.4.5.1. Pérdidas de nitrógeno del suelo

La volatilización del nitrógeno tiene una influencia perjudicial sobre la producción de los cultivos, debido a que --

agota parte de la reserva de un nutriente esencial en el suelo. La secuencia de etapas que dan como resultado la pérdida gaseosa se conoce como desnitrificación: la reducción microbiana de nitrato y nitrito con la liberación de nitrógeno molecular y óxido nitroso.

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 . Finalmente, el óxido nítrico que se libera es oxidado en la atmósfera, en forma no biológica, por el oxígeno a NO_2 (dióxido de nitrógeno). Debido a que la volatilización de nitrógeno es un proceso lento y la medición precisa de la liberación del gas es difícil, las pérdidas de nitrógeno en el -- campo por lo general se calculan determinando los cambios en el contenido de nitrógeno del suelo a través del tiempo. Con frecuencia sólo de la mitad a las 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 y una porción apreciable -- por volatilización.

El mecanismo específico por medio del cual ocurre la volatilización no siempre se establece con facilidad, pero son posibles tres reacciones: a) pérdidas no biológicas de amoníaco; b) descomposición química de nitrito, y c) desnitrificación

microbiana que permite la liberación de N_2 , N_2O , y algunas veces NO .

Bajo ciertas circunstancias, la volatilización de amoníaco libre es considerable y aproximadamente un cuarto o más -- del amonio suministrado en fertilizantes o formado microbiológicamente puede perderse en forma de gas. En la mayoría de -- los suelos tales pérdidas son insignificantes a valores de pH menores de 7.0, pero la magnitud varía directamente con el incremento en la alcalinidad. Las temperaturas cálidas también favorecen el proceso, pero las pérdidas son pequeñas en los suelos de elevada capacidad de intercambio catiónico. Durante la descomposición de estiércol u otro tipo de materia orgánica rica en nitrógeno cerca de o en la superficie del suelo, el pH se eleva durante la amonificación y se libera amoníaco hacia la atmósfera. Si el incremento en la alcalinidad asociado con la amonificación fuese lo suficientemente grande, la pérdida de amoníaco gaseoso a partir del abono aplicado a la superficie -- como en la urea -- tendría lugar aún en lugares en los que el suelo subyacente es altamente ácido.

El mecanismo principal de volatilización de nitrógeno y probablemente el mecanismo más común por el cual se liberan N_2 y óxidos de nitrógeno es la desnitrificación microbiológica, la tasa de liberación de gas fluctúa enormemente de un lugar a otro y dependiendo de la temperatura, la humedad, el status del oxígeno, el nivel de materia orgánica y otros factores (4).

3.4.5.2. Microbiología

El crecimiento de los microorganismos relacionados con la desnitrificación no depende de la reducción del nitrato. Muchas de las bacterias responsables tienen actividad en la proteólisis, la amonificación y, sin duda, en otras transformaciones. Así, la presencia de gran cantidad de células desnitrificantes no indica por sí misma que las condiciones sean favorables para la desnitrificación. Más la presencia de gran número de organismos contribuye a un elevado potencial desnitrificante.

De este modo, una gran población de organismos que descomponen la hemicelulosa, de liberación de amonio o de síntesis de antibióticos, no es una prueba concluyente de la existencia de una degradación importante de hemicelulosa, de liberación de amonio que son específicos por su sustrato, tales como los autótrofos nitrificantes, una población densa es una buena evidencia de actividad nitrificante; así el crecimiento de estos organismos específicos (bacterias) está relacionado forzosamente con la oxidación del amonio.

Los terrenos cultivables contienen abundantes microorganismos desnitrificantes y no es raro encontrar cifras que sobrepasen un millón por gramo en tales suelos.

La capacidad de realizar una verdadera desnitrificación está limitada a algunas bacterias; los hongos y los actinomicetos no se han relacionado con la producción de N_2 . Las especies activas se encuentran restringidas a los géneros Pseudomonas, Bacillus, Paracoccus. Las bacterias desnitrificantes son aerobias, pero el nitrato se usa como aceptor de electrones - en ausencia de oxígeno; así las especies activas crecen aeró-

bicamente sin nitrato o anaeróbicamente en presencia de éste; hay muy poco desarrollo en ambientes desprovistos tanto de -- oxígeno como de nitrato.

Muchos desnitrificadores transforman completamente el nitrato a N_2 . Utilizan nitrato, nitrito, NO o N_2O como acepto--res de electrones para su proliferación, reduciendo cada uno de ellos a N_2 .

Muchos otros microorganismos reducen el nitrato. La reducción es necesaria en el proceso de síntesis de proteínas o como sustituto de la reducción de oxígeno en el metabolismo ae--róbico convencional.

Así 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. (4)

3.4.5.3. Influencia del medio ambiente

El hecho de que la capacidad de realizar la volatiliza--ción activa del nitrógeno esté restringida a las bacterias y, más aún, solamente a unos cuantos géneros, indica que la magnitud y la tasa de desnitrificación son afectadas notablemente por el medio ambiente. Los organismos responsables tienen cierto parecido fisiológico entre sí, de modo que los cambios en el habitat pueden estimular apreciablemente o bien eliminar -- estas poblaciones de importancia económica. Los principales -- factores ambientales que afectan el proceso son la cantidad y

naturaleza de la materia orgánica, la aereación, el status de humedad, la acidez y la temperatura.

La tasa de desnitrificación es bastante más lenta en suelos con bajo contenido de carbono que en terrenos ricos en materia orgánica. La aereación afecta la transformación de dos maneras aparentemente contrastantes: por un lado, la desnitrificación se realiza solamente cuando el suministro de oxígeno es insuficiente para satisfacer la demanda microbiana; al mismo tiempo, el oxígeno es necesario para la formación de nitríto y nitrato, los suelos son necesarios para la desnitrificación. El nitrógeno se volatiliza de los suelos mantenidos a tensiones de oxígeno normales indicando que los poros en el perfil nunca están completamente oxigenados.

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 este valor, la tasa y magnitud de desnitrificación se encuentran directamente correlacionados con el régimen de humedad.

Muchas de las bacterias que realizan la desnitrificación son sensibles a concentraciones elevadas del ion hidrógeno, por lo que varios suelos ácidos contienen una población desnitrificante escasa. Sin embargo, en otros suelos la desnitrificación es rápida aún a valores de pH de 4.7, de manera que no puede definirse claramente un intervalo de pH aplicable a la volatilización de nitrógeno en todos los suelos.

La desnitrificación se realiza lentamente a 2 grados centígrados, pero incrementando la temperatura aumenta la tasa de la pérdida biológica. El óptimo para la reacción es de 25 grados centígrados y aún más.

En los suelos inundados que reciben amonio y que sustentan un cultivo de arroz, la presencia de las plantas sirve para reducir el grado de volatilización del nitrógeno. Este retardo en terrenos cultivados sugiere que la vegetación compete con la microflora por el abasto aprovechable de nitrógeno inorgánico, reduciendo de este modo la cantidad de nitrato afectada microbiológicamente (4).

3.4.5.4. Contaminación con productos de la desnitrificación

Se cree que la desnitrificación en la zona radicular es perjudicial debido a que elimina un nutriente vegetal esencial y se ha tratado de obtener inhibidores químicos para reducir la pérdida en los horizontes superficiales. Por otra parte, el nitrato que está más abajo de la región ocupada por el sistema radicular no es de utilidad para la agricultura y puede, a su vez, representar un peligro sustancial para el medio ambiente. Por lo tanto, se ha puesto considerable interés en la destrucción microbiana de nitrato a grandes profundidades en el suelo. Comúnmente, la mayor parte de la actividad microbiana se da en el horizonte superficial, donde el suministro de materia orgánica fácilmente degradable y la comunidad son grandes.

Un medio interesante que se ha sugerido para superar la

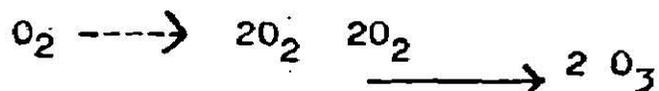
deficiencia de fuentes de energía y que posiblemente minimice la contaminación por nitrato de las aguas que atraviesan el perfil, implica la adición de azufre elemental. Este tratamiento estimula a la población de *T. desnitrificans*, la cual oxida el azufre y reduce el nitrato a productos volátiles.

La microflora desempeña un papel importante en los ciclos atmosféricos de los óxidos de nitrógeno e indirectamente a causa de dicha función, en la exposición de la vida terrestre a la radiación ultravioleta.

El NO y NO₂ liberados hacia la atmósfera por la combustión del carbón, gasolina, gas natural y otros combustibles de industrias y automóviles es mucho menor que la liberación microbiana de estos contaminantes atmosféricos, posiblemente unas 15 veces mayor. En este caso, los microorganismos del suelo y posiblemente del mar producen NO, el cual se oxida espontáneamente a NO₂ en la atmósfera. Sin embargo, es aún mayor la cantidad de N₂O que se produce microbiológicamente.

El N₂O tiene un efecto importante en el ozono (O₃) en la atmósfera superior.

El ozono se forma por una reacción fotoquímica a altitudes considerables;



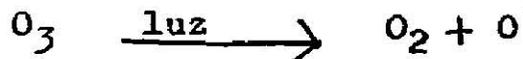
Aunque se presenta en la atmósfera superior en pequeñas cantidades, el O₃ es la única barrera protectora de los organismos vivos contra la acción perjudicial de la luz ultravioleta de longitudes de onda menores de 300 nanómetros. En ausencia de la barrera de O₃ la incidencia de cáncer en la - -

piel podría ser extremadamente alta; la radiación ultravioleta podría disminuir el crecimiento vegetal.

Los desnitrificantes son de importancia, porque el N_2O - que sintetizan se difunde hacia la estratósfera, donde es oxidado a NO:



Esta reacción puede ser la fuente principal de NO en la estratósfera. El NO y el NO_2 que se forman a partir de él, destruyen parte del O_3 . Las reacciones de destrucción del O_3 y de producción de NO_2 son catalíticas.



Así las bacterias del suelo, son indirectamente críticas para el ciclo de ozono en la estratósfera disminuyendo la protección contra la radiación.

Más aún, se ha propuesto que el incremento continuo en el uso de fertilizantes nitrogenados producirá más nitrato -- conforme el nitrógeno del fertilizante es oxidado; el nitrato se reducirá para producir en parte mayor cantidad de N_2O . Este N_2O podría causar una mayor de O_3 .

Aunque las afirmaciones de que hay un cambio importante en la abundancia del N_2O atmosférico no se han confirmado, la importancia potencial de semejante alteración conducirá indudablemente a investigaciones posteriores. (4)

3.4.6. OXIDACION DEL AZUFRE

Los materiales orgánicos comúnmente agregados a los suelos tienen compuestos de azufre. El azufre es liberado de su combinación orgánica y eventualmente aparece en forma inorgánica y ya usualmente como H_2S y quizá como azufre libre.

Estos productos inorgánicos son oxidados por bacterias - autotróficas, las cuales obtienen su energía de esta transformación (como *I denitrificans*, etc.), y el carbono del CO_2 atmosférico; siendo el resultado de la oxidación el H_2SO_3 y H_2SO_4 .

En suelos alcalinos, la agregación de materiales orgánicos que contengan azufre, o la adición de este elemento sólo es beneficiosa ya que al formarse ácido sulfúrico el pH del suelo desciende tornando solubles a los micronutrientes, los cuales pueden ser aprovechados por las plantas superiores(41)

Además el ácido sulfuroso al formarse reacciona con algunos elementos minerales del suelo para formar sulfitos de calcio, magnesio, sodio y potasio, los cuales luego son oxidados a sulfatos. (41)

3.4.7. Oxidación de fierro y manganeso

Otro grupo de bacterias quimioautótrofas, obtienen su energía de la oxidación de compuestos de fierro y manganeso. Los compuestos oxidados que se forman son insolubles, es decir, no pueden ser aprovechados por las plantas superiores, por lo que esta reacción no es beneficiosa para la agricultura (O. Villanueva).

3.5. Conservación de la M.O. del suelo

Se ha visto la enorme importancia que tiene la M.O. en el suelo; sin embargo, bajo cultivo constante, los suelos van perdiendo M.O. más de prisa de lo que se reemplaza, por lo que se llegará a un punto en el que, debido a su escasez, los suelos se compacten y pierdan características deseables como el buen drenaje, adecuada C.I.C., etc. La M.O. del suelo puede conservarse y aún incrementarse en sitios donde se requiera mediante el empleo de abonos orgánicos, los cuales ayudan en dos formas a producir cosechas: proporcionan nutrientes justamente como los fertilizantes químicos lo hacen, y mejoran la condición del suelo, convirtiéndolo en un sitio mejor para que las plantas crezcan en él.

3.5.1. Uso de abonos verdes

Esta última utilización de plantas, principalmente leguminosas, como abono. Se prefieren las leguminosas ya que al incorporarlas al suelo no solamente son devueltas al mismo -- los nutrimentos tomados por el cultivo, sino que también se agrega el nitrógeno fijado de la atmósfera por las bacterias simbióticas, que viven en los nódulos de las raíces de las leguminosas y esto constituye una ganancia. Las plantas más utilizadas para ser incorporadas como abono verde son los tréboles, la veza, etc. , las cuales son incorporadas al suelo al alcanzar su máximo desarrollo vegetativo y succulencia, es decir, con una relación C ' N, lo que impedirá que al agregar estos materiales los microorganismos inmovilicen nitrógeno del --

suelo. (Tamhane). cuando las leguminosas se utilizan como abono verde, tienden a agregar hasta 60-100 kg/ha. de nitrógeno - al suelo.

El uso de abonos verdes implica establecer rotaciones de cultivos; será precisamente la leguminosa que se empleará como abono, ésto trae como consecuencia que un ciclo se desperdicie en el cultivo de la leguminosa que finalmente será incorporada al suelo.

Esta "pérdida de tiempo" podría considerarse como una -- desventaja y muchos agricultores preferirían otras formas de incorporar M.O. al suelo. (41)

3.5.2. Uso de aguas negras

En las grandes ciudades existe el problema de eliminación de aguas negras, éstas pueden utilizarse en las zonas agrícolas aledañas, ya que contienen cantidades importantes de nutrientes para las plantas. En ocasiones las aguas negras son tratadas, obteniéndose dos componentes:

1.- Una porción sólida llamada cieno.

2.- La porción líquida.

a). Cieno activado originado de la descomposición aeróbica por varias horas.

b). Cieno digerido que consiste en la descomposición -- anaeróbica de las aguas negras durante dos semanas.

El cieno luego puede ser procesado, el cieno activado es más rico que el digerido en todos los elementos esenciales, excepto en manganeso, sin embargo, estos materiales son generalmente pobres en potasio, debido a que es lixiviado por las --

grandes cantidades de agua utilizadas en su elaboración; por las grandes cantidades, el uso de aguas negras implica serios peligros en la contaminación de los cultivos, así como la propagación de enfermedades dañinas al hombre. (41)

3.5.3. Uso de estiércoles

El uso de estiércoles, ya sea vacuno, caprino o bien gallinaza reviste una gran importancia para mantener el buen estado húmico del suelo, para mejorar la estructura, régimen de humedad y actividad de microbiana favorables, sin olvidar el aporte químico. (47)

Existe disponibilidad de estiércol principalmente en las regiones ganaderas por excelencia de México, siendo posible controlar la producción de 49 millones de toneladas de estiércol anuales. (44)

El estiércol es un abono de acción bastante lenta, aunque prolongada, una aplicación sistemática de estiércol reabastece el humus, el nitrógeno, el potasio y elementos, traza al suelo y aproximadamente el 20% del estiércol se convierte en humus y el 80% es mineralizado.

En comparación con los fertilizantes químicos, el efecto residual del estiércol ha sido más importante que su efecto directo. (17, 44)

Por lo tanto, es recomendable el uso de estiércoles por las características deseables que proporciona al suelo.

3.5.4.

3.5.4. uso del compost

El uso de materiales orgánicos se ha recomendado para a-

quellas tierras sometidas a un cultivo intenso, donde se requiere mejorar la estructura del suelo. (19)

El compost es un mejorador orgánico de suelos, que se produce a partir de los desperdicios sólidos-urbanos, para este experimento específico de la ciudad de Monterrey y su zona metropolitana. (24)

En ciertos países, se dedica creciente interés al compost con desechos sólidos de las ciudades, pues este procedimiento permite utilizar el material en forma económica y asegurar a la agricultura un aporte suplementario de materias orgánicas y de elementos nutritivos. Esos desechos comprenden todas las materias blandas de la basura, así como desperdicios industriales. (25)

Siendo las basuras orgánicas un material residual de contenido heterogéneo en cuya composición ocupan un lugar importante los desechos de frutos, legumbres y todas aquellas sustancias fácilmente fermentecibles, representan un sustrato capaz de humificarse, eliminando en buena parte los problemas de contaminación que estos residuos ocasionan en el medio ambiente, resultando así, una vez humificado, un producto de alto valor para la fertilidad del suelo. (15)

Brody, citado por Mayorga Ramos, menciona que el compost es bajo en contenido de nutrientes y que los costos de manejo y aplicación son muy altos, a menos que el lugar sobre el cual se quiera hacer la aplicación esté cercano a la fuente de producción de este abono.

El uso de basuras fermentadas es aconsejable para las plantaciones de árboles frutales y para los pastizales, las

partes más finas para la horticultura y la floricultura.

La principal ventaja que ofrece este tipo de compostes -- estriba quizás no sólo en las posibilidades de mejorar las -- condiciones físicas del suelo, sino también en el enriqueci-- miento en elementos nutritivos, principalmente en microorganismos. (25)

Los horticultores por regla general, prefieren el compost al estiércol de corral. Prácticamente, las grandes pérdidas -- de nitrógeno que sufre el compost durante la descomposición -- hacen de él un material mucho más caro que el estiércol de corral; lo encarecen más todavía las manipulaciones que requiere y que representan mano de obra adicional que debe pagarse.

El horticultor en gran escala puede hacer caso omiso de esos gastos porque obtiene cosechas que realiza inmediatamente en efectivo y además, el compost que usa en forma generosa permite la continua operación de las tierras sin necesidad de rotación de cultivos. El horticultor en pequeño prefiere el -- compost por los beneficios asegurados, la simplicidad de su -- uso y porque de ningún modo podría obtener suficiente estiércol de corral. (42)

El objetivo de las aplicaciones de compost debe ser no sólo lo alcanzar un incremento transitorio en la producción, sino que también debe mejorarse y mantener la fertilidad de los -- suelos. (19)

3.6. El ^{compost} como aportador de materia orgánica al -- suelo

3.6.1. Preparación del compost

Como materias primas para el compost sirven los diferentes desperdicios de la agricultura, de la industria y de las ciudades. Residuos de cualquier clase de campo y huerta, de la trilla, paja, granzas, tamo, hojarasca, desperdicios de cocinas, de matadero, materias fecales, fango de calcificación, estiércol de ganado menor, desperdicios de lana y cuero, orujo de vid y de frutas, turba, hollín, escombros de la industria de la construcción, subproductos de las azucareras. La composición del compost varía según la procedencia de los materiales empleados. (40)

El compost puede prepararse a nivel granja o bien en plantas industrializadoras de basura de las grandes ciudades, Saurin, 1970; citado por Bastidas Virginia, menciona que el compostage consiste en una técnica utilizada para procesamiento de residuos sólidos como basuras y que comprende dos fases: la etapa fermentativa, que se inicia con una fase aerobia activa que después pasa a ser muy lenta; y la segunda, que se realiza bajo la acción del aire o bien en silos y aire forzado, con un mejor control del fenómeno. Wacksman, 1939; citado por Cota G. Elia afirma que el éxito de la preparación de compostas a partir de residuos vegetales, depende de muchos factores, entre los cuales son los principales, la rapidez y el grado de descomposición del material original, su composición química, especialmente la proporción de compuestos nitrogenados y carbohidratos, la temperatura de descomposición y la población microbiana de la pila.

En la planta industrializadora de basura de la ciudad de Monterrey, N.L., se reciben actualmente de 350-400 toneladas

de basuras diarias, las cuales se someten a la elaboración de compost siguiendo los siguientes pasos:

1.- La basura se coloca en una banda movible donde son separados manualmente los productos que no son fermentables (vidrios, plásticos, etc.) y aquellos que en alguna u otra forma son todavía aprovechables.

2.- Se muelen los productos restantes.

3.- Se pasa a un cribado con el fin de eliminar pequeños pedazos de vidrio y otras impurezas.

4.- Se deja al aire libre, agregándole agua para que se desarrolle el proceso de fermentación. Cada quince días se mueve el producto con el fin de que exista aereación, durante dos meses para su fermentación completa.

5.- Se pasa a un cribado más fino con el fin de obtener un producto más puro.

Al concluir estos pasos se obtiene como producto el compost en una producción de 175 a 200 toneladas por día. Se elaboran actualmente dos tipos de compost:

A.- tipo agrícola B.- tipo jardinería.

La diferencia del tipo agrícola a el tipo jardinería, consiste en que el primero no sufre el último cribado y como consecuencia trae consigo un poco de productos no deseables en la apariencia del compost. (46)

El compost también puede prepararse a nivel de granja. En seguida se explica la manera de hacerlo:

Se recomienda colocar los diferentes materiales en capas, con la finalidad de regular hasta donde sea posible la proporción correcta entre carbohidratos y proteínas. Los residuos -

vegetales que son mayormente carbohidratos se colocan constituyendo una capa de 15 cms. de espesor. Arriba de ésta se coloca una capa de estiércol de 10-13 cms. (material proteico), sobre el estiércol se coloca una capa de suelo laborable de 4-5 cms. De esta manera se va constituyendo hasta alcanzar un montón de 1.5 a 1.8 m. de altura. En condiciones habituales no se dispone del estiércol en cantidad suficiente. Se procura alternar lo mejor posible el material proteico con el material hidrocarbonado de los desechos disponibles. Debe aplicarse una capa de buen suelo arable con el fin de inocular el primero de microorganismos necesarios para los procesos de descomposición. Las bacterias contenidas en el estiércol fresco no pueden hacer el trabajo de los microbios del suelo y mueren rápidamente. El suelo se esparcirá en capas de 3-5 cms. de espesor cada vez que se coloque una capa de 20-25 cms. de residuos.

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

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

voltear por lo menos dos veces cada mes para acelerar la descomposición. Cuando los materiales orgánicos se descomponen se reducen a un cuarto de su vó^lumen original. Esto hace que el --composte, kilo por kilo, sea mucho más rico en elementos nutritivos que el estiércol de corral, sin importar las pérdidas inevitables que se presentaron durante la descomposición.

Mientras más variados sean los materiales orgánicos colocados en la pila, mejor balanceado será el valor nutritivo --del producto. (42)

3.6.2. Composición del compost

Las costumbres, el clima y el nivel de vida influyen en la composición y cantidad de basura y, por consiguiente, en el compost que de ella se deriva. (25)

Wilson, citado por Mayorga Ramos M., presenta los porcentajes de contenidos químicos del compost: M.O. 34%, carbono --19.8%, humus 6.3%, nitrógeno 1.67%, fósforo 1.02%, potasio --1.58%, calcio 8.1% y pH 7.6%.

Elizondo Solana A. Carlos; Rubio M. David y Alonso Fromm Z. (1974), presentan las características físico-químicas del compost utilizado. (obtenido de la ciudad de Monterrey, N.L.)

TABLA 5.- Composición del compost.

N total (%) -----	.656
Fósforo (kg/ha) -----	77.14
Potasio (kg/ha) -----	177.0
M.O. (%) -----	11.79
Carbono (%) -----	6.84
Relación C/N -----	10.4/1

Proteína (%) -----	3.375
Fierro (kg/ha) -----	5.00
Manganeso (kg/ha) -----	112.5
Boro (cualitativo) -----	no
Cobre (ppm) -----	1.65
Zinc (%) -----	.13
pH (1:1) -----	7.5
CaCO ₃ (%) -----	66.5
Arena (%) -----	63.12
Limo (%) -----	16.40
Arcilla (%) -----	20.48
Textura -----	migajón arcillo-arenoso.

3.6.3. Disponibilidad del compost

El potencial de producción de desperdicios orgánicos, tanto urbanos como rural, ha llegado a ser un problema que afrontan los países densamente poblados. Estados Unidos de América genera por persona anualmente una tonelada de desperdicios orgánicos. Estos desperdicios se someten a procesos de transformación en locales adecuados, donde no se producen humos ni malos olores, a este proceso se le denomina "composteo". (28)

García Fernández, citado por Treviño O. Alberto menciona que en las ciudades se consume la mayor parte de la producción agropecuaria y los residuos contienen una cantidad enorme de nutrientes. Pero el abono que se puede producir en estos residuos tendría una cantidad de nutrientes muy bajo, por ejemplo 1-2% de nitrógeno y otro tanto de fósforo. El transporte y distribución de este abono serían costosos, por lo tanto,

el problema es difícil.

Las ciudades deberían soportar casi todos los gastos para la fabricación de este abono, y venderlo a los agricultores a precios muy bajos para que se interesasen.

Jacob A. Vex Kall citado por Treviño O. José, menciona que el estiércol y la composta resultan ser en muchas regiones los abonos orgánicos más usuales. Su contenido de nutrientes suele fluctuar ampliamente, según sea el tipo de animal de procedencia, el forraje que reciba y el mantenimiento que se le brinde; en forma promedio puede contarse con un contenido de .3 a .6% de nitrógeno, .1 a .3% de fósforo y .3 a .5% de potasio.

3.6.4. Efecto residual del compost

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

De acuerdo con la temperatura, la precipitación y el tipo de organismos, la descomposición de los residuos puede ser rápida y completa o lenta y parcial. (39)

El compost al incorporarse al suelo se descompone lentamente; pero si el material es succulento la descomposición es

más rápida, con la consecuencia de que el dióxido de carbono - contenido en el aire del suelo se lave, lo que será de beneficio a la planta en aquellos suelos de textura ligera. (28)

Podemos considerar pues, según los antecedentes y en base a las múltiples investigaciones que han demostrado la importancia del humus y de la materia orgánica en la fertilidad del suelo, a las compostas de basura como un excelente material mejorador del suelo, que aporta gran cantidad de nutrientes minerales en función de origen, además de poseer las cualidades propias de la materia orgánica y el humus; constituyendo a la vez una solución a los graves problemas de contaminación que estos desechos provocan. (15)

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

3.6.5.1. Efecto sobre la estructura del suelo

3.6.5.1.1. Proceso de encostramiento

En suelos particularmente de zonas áridas, donde se tienen pocas cantidades de materia orgánica y que a menudo carecen de una cubierta vegetal, tienden a formar una densa costra, bajo la acción impactante y aflojante de las gotas de lluvia, seguidos por días soleados. Dicho encostramiento tiene efectos directos en el crecimiento de la planta y un efecto indirecto en los procesos del suelo. El efecto directo en el crecimiento de la planta incluye la obstrucción mecánica a la emergencia de la plántula que está germinando y daño a las

raíces mediante la formación de torceduras debido a la baja pe
netrabilidad de las mismas. El efecto indirecto de la costra
en el suelo, incluye una disminución en la tasa de percola--
ción del agua, aumento en el escurrimiento y la inhibición de
la actividad microbial (Maití, R.K. 1984).

Evans D.D. y BOOL S.W. (1968) mencionan que los efectos
más importantes de las costras del suelo en las tierras cultiu
vadas son las influencias que tienen en la emergencia de pláu
ntulas y en la penetración del agua. El efecto sobre la emer-
gencia es más importante sobre todo en los cultivos de semi--
llas pequeñas y cuando el tiempo de emergencia es crítico por
causas de orden climático o comercial. En algunos casos el reu
plante se hace necesario. Además, la costra hace el cultivo -
de plántulas más difícil por el posible daño que sufren. El a
gua aplicada a un suelo encostrado (de riego o lluvia) pene--
trará muy lentamente, haciendo el riego difícil.

Las costras también interfieren con el necesario intercamu
bio de oxígeno y bióxido de carbono entre el suelo y la atmósu
fera. (20)

Chaudri K.G., Brown K.W. y Holder C.B. mencionan que mu-
chos acres de tierras cultivadas son replantadas cada año co-
mo resultado de las pérdidas de la emergencia resultantes de
las costras inducidas por la lluvia. Las pérdidas son no so-
lo económicas sino también de tiempo, ya que debido al replanu
te el ciclo se alarga y se pierde rendimiento a consecuencia
de la menor estación de crecimiento.

Basados en la evidencia cualitativa y las mediciones de
porosidad aparente, hechos directamente por el micrógrafo de

electrón, uno puede reconstruir el proceso que sigue la formación de costra.

Estos procesos en secuencia son:

I) Rompimiento de los agregados del suelo por el impacto de la gota del agua y el aflojamiento; II) movimiento de partículas separadas hacia adentro de los poros, obstrucción de los mismos; III) deposición de las partículas del suelo suspendidas en la superficie. Durante la deposición, las partículas, dependiendo de su forma, son arregladas al azar o con alguna orientación preferencial. Las partículas aplanadas asumen una orientación preferentemente paralela mientras que las partículas esféricas se distribuyen al azar; IV) compactación de la superficie inmediata como consecuencia de rearrreglo de partículas en deposición. Sin embargo, la intensidad de cada proceso es influenciado por las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de cada suelo.

Mc Intyre (1968) citado por Evans D.D., Bool S.W. describe una secuencia de eventos que sigue la formación de la costra en condiciones de campo. Los pasos son como sigue:

1) Rompimiento de los agregados del suelo por el impacto de las gotas de agua;

2) movimiento de finas partículas de las capas superiores (algunos centímetros) del suelo y deposición en los poros.

3) compactación de la superficie del suelo para formar una fina película en la superficie, la cual impide la subsecuente entrada de agua y movimiento de finas partículas en los poros del suelo; y

4) deposición de las finas partículas en la superficie por suspensión.

Bajo condiciones de sequedad, la rigidez de las partículas rearrregladas dependería del área de contacto entre las -- partículas y las fuerzas involucradas entre ellas. La orientación de las partículas durante la formación de la costra es -- de esperarse que contribuya a la rigidez de las costras. (20)

Es ya costumbre distinguir entre dos tipos de costra por sus mecanismos de formación: 1) aquellas formadas como resultado del impacto de la gota de agua (costras estructurales) y -- 2) aquellas formadas por la traslocación de finas partículas -- de suelo y su deposición a cierta distancia de su localización original. (costras depositadas). (17)

Las medidas más importantes para prevenir la formación -- del encostrado son: el uso de materiales orgánicos como estiércoles, cubiertas de paja, compost, etc.; así como el uso de sustancias químicas y el laboreo adecuado (Maití, 1984).

El encostramiento de los suelos puede ser controlado con una cobertura de materia orgánica que lo protege de la acción de las gotas de lluvia, ya que la materia orgánica promueve -- la formación de agregados estables que resisten la dispersión. (Baver).

El compost modifica la estructura de los suelos. En suelos arenosos aumenta la cohesión y en suelos arcillosos la -- disminuye, lo que permite:

- a) una mayor aereación;
- b) un aumento considerable en la capacidad de retención de la humedad;
- c) una mejor penetración de raíces. (24)

En suelos abonados se incrementa la cantidad de suelo separada por la lluvia simulada y decrecen la dureza de la costra formada por las gotas de lluvia. Sin embargo, las grandes partículas separadas en los suelos abonados son muy estables en agua y no se arrastran con facilidad. La pobre formación de costra y el aumento de agregados estables en agua, conduce a mantener el suelo en la superficie abierta a la entrada de agua, En los suelos no abonados la entrada de agua después de tres horas de irrigación fue de .9 cm./hr, contra los de 3.5 cm./hr. que hubo en las parcelas abonadas con 360 toneladas métricas de abono/ha/año (después de tres años). No se encontró ningún efecto adverso en la aplicación de abono en las plantas de maíz ni en las propiedades del suelo (17).

Chaudri K.G., Brown K.W. y Holder C.B. presentan resultados que indican que la aplicación de pequeñas cantidades de desechos orgánicos en bandas directamente arriba de los surcos induce a la formación de grietas, las cuales disminuyen la fuerza requerida por la plántula para emerger.

Evans D.D. y Bool S.W. mencionan que el módulo de ruptura es menor (1.8 bares) y la porosidad mayor en aquellos suelos donde se practica rotación de cultivos (alfalfa-algodón - algodón-cebada), que en los suelos donde se explota un solo cultivo. Ciclo tras ciclo (donde el módulo de ruptura fue de 2.4 bares). De esta forma se muestran diferencias en la estructuración de la costra entre distintas texturas del suelo, pero también se muestra que dentro de un mismo tipo de suelo su porosidad y módulo de ruptura cambian dependiendo del manejo del mismo.

La formación de agregados y la estabilidad de los mismos contra la dispersión por el agua, son factores importantes -- que influyen en el medio ambiente del suelo para el crecimiento de las cosechas. La actividad microbiana asociada con la materia orgánica que sufre descomposición tiende a cementar las partículas del suelo en agregados estables y a limitar en menor grado la humedabilidad de los agregados del suelo, así como a disminuir las fuerzas destructivas del aire durante el humedecimiento del suelo. Esto es acompañado por un endurecimiento de los agregados a través de la deposición coloidal-orgánica y desarrollo microbiano de material fibroso a través de los agregados.

Greenland D.J. (1962) citado por Meredith H.L. y Kohnke H. menciona que estudios en cultivos puros indican que en la presencia de suficiente fuente de energía un amplio rango de estreptomicetes, levaduras y bacterias son capaces de unir las partículas del suelo en agregados estables. Los polisacáridos microbianos y los micelios fungosos han mostrado jugar el más importante papel como agentes "atadores" o cementantes del suelo.

La adición del compost mejora la estructura del suelo, aumentando su porcentaje de materia orgánica y como consecuencia tener mayor capacidad de agua retenida en el suelo por -- más tiempo. (46)

3.6.5.2. Efecto sobre el contenido de nutrientes del suelo

Al descomponerse la materia orgánica en el suelo (proveniente del compost) trae como consecuencia la liberación de --

los siguientes elementos: nitrógeno, fósforo, azufre, carbono, calcio, magnesio, fierro, zinc, cobre, molibdeno y boro. (Así como la formación de ácidos orgánicos indispensables para otras reacciones del suelo y fijación de algunos elementos).- en suelos con un pH alcalino tiende a neutralizarse debido a la formación de dichos ácidos. (46)

El compost tiene influencia directa en la nutrición de las plantas ya que proporciona elementos mayores como nitrógeno, fósforo y elementos menores como boro, manganeso, zinc, etc. Además proporciona los nutrientes necesarios para los microorganismos del suelo, tales como fuentes energéticas del carbono, nitrógeno y fósforo. (24)

Anderson F.N. citado por Elizondo Solana A.C., Rubio Montoya D. y Alonso Fromm Z.R. estudió el efecto del composteo y fertilización nitrogenada durante 60 años concluyó que el composteo es de una gran ayuda para mantener la productividad.

En un lote de maíz durante 30 años sin fertilizante químico ni orgánico el nitrógeno nativo se redujo hasta un 40%. En ese mismo lapso de tiempo, aplicando compost cada ciclo se incrementó el contenido anterior hasta un 90% del nivel presente originalmente en el suelo.

Cota G. Elia y Lavín Sagrario (1975) encontraron que las pruebas de fertilidad en suelos tratados con compost para siembra de frijol y hortalizas, demuestran la influencia del humus-compost en el rendimiento vegetal. El desarrollo del frijol sembrado en el suelo con compost muestran la formación de un tallo suculento con crecimiento de longitud óptimo.

Kristich M.A. y Robinson D.O. (1984) realizaron un experimento en Las Vegas, Nevada en espinaca y acelga para comparar la efectividad del fertilizante químico contra el compost se realizaron análisis tanto de suelo como de hojas de las plantas para evaluar cómo se afectó el contenido de varios elementos (nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, magnesio, potasio, hierro, zinc, cobre y manganeso) después de la aplicación de los tratamientos se encontró que el contenido de nitrógeno en las hojas de espinaca y acelga y en las raíces de acelga, a los 60 días de crecimiento fueron significativamente mayores para -- tratamientos con altos contenidos de compost (129 toneladas -- métricas por hectárea). El fósforo y potasio en el suelo y -- plantas estuvieron directamente correlacionados a la cantidad de compost aplicado al suelo.

Robinson G.R. (1983) realizó una investigación en el Estado de Minnesota, donde el objetivo era determinar el rendimiento de semilla, así como la composición elemental del frijol en cuanto a aminoácidos en la semilla, probando phaseolus vulgaris y vigna angularis (frijol adzuki) en tratamientos -- con y sin agua de riego y usando fuentes de nitrógeno inorgánicas y orgánicas (compost). Los rendimientos más altos de -- phaseolus vulgaris se consiguieron en los tratamientos de compost más nitrógeno inorgánico (nitrato de amonio). La irrigación bajo los contenidos de proteína en la semilla de frijol pero la adición de compost y/o nitrógeno inorgánico a altos -- niveles mantuvo la proteína a niveles aceptables. En general, se observó que la semilla obtenida en campos sin regar fue superior en proteína y zinc a la semilla que se obtuvo de las -- parcelas regadas.

Acosta Sánchez R (1975) concluye que de los abonos empleados la gallinaza reportó los valores más altos en la producción de los cultivos probados, siguió el estiércol y el más malo fue el compost.

Guevara Linares J.A. (1980) concluye que la producción total en melón fue mayor con los tratamientos de estiércol, - comparada contra los tratamientos de compost.

Volke Haller Victor (1984) concluye que las mezclas de a bonos orgánicos presentaron diferente potencial para incrementar el rendimiento de materia seca, siendo el orden de ellos el siguiente: vacuno mayor que gallinaza y éste mayor que caprino y éste mayor que la composta.

3.6.5.3. Efecto sobre la disponibilidad de nutrientes del suelo y la C.I.C.

Cota G. Elia y Lavín Sagrario (1975) mencionan que es posible que el compost no solo aporte nutrientes al suelo, sino que también intensifique la capacidad de adsorción de nutrientes por parte de la planta.

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

Treviño Oviedo menciona que con la descomposición de la materia orgánica proveniente del compost trae como consecuencia la formación de ácidos orgánicos indispensables para otras reacciones del suelo y fijación de algunos elementos.

Guevara Linares menciona que uno de los beneficios com

post es que permite fijar más fácilmente en los suelos los nutrientes, lo que tiene como consecuencia el que los fertilizantes inorgánicos tengan una mejor acción, así como el que se requiera de una menor cantidad de los mismos.

Lo anterior lógicamente presenta una economía importante en el costo de la fertilización.

Abbot J.L. y TUCKER T.G. (1976) concluyen que el abono es una fuente efectiva de fósforo porque aumentó su contenido en los tejidos de alfalfa, algodón y cebada, en suelos calcáreos. Así puede esperarse que los cultivos utilicen el fósforo del suelo más efectivamente como resultado de la aplicación de abono, no importa si el fósforo es de origen orgánico, de fertilizante químico fosfatado o fósforo nativo del suelo, porque un mejor medio ambiente trae por consecuencia mayor población y actividad microbianas. Aquí se ha presentado la evidencia de que el abono es una valiosa fuente de fósforo e importante para mantenerlo aprovechable en forma persistente en suelos calcáreos.

Goss D.W. y Stewart B.A. (1979) concluyen en su estudio que el abono de ganado estabulado tiene mayor eficiencia de utilización que el superfosfato. El fósforo del superfosfato fue más rápidamente aprovechable y una parte sustancial fue usada en consumo de "lujo". El fósforo del abono fue 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.

Es de esperarse un proceso similar con la aplicación de compost.

Greaves J.E. (1929) asevera que se notó en su estudio que todas las actividades bacterianas del suelo estudiadas fueron grandemente incrementadas con la aplicación de abonos orgánicos. Se incrementó la amonificación, nitrificación y fijación de nitrógeno del suelo. Además se incrementa la aereación del suelo, lo que retarda el crecimiento de los fijadores anaeróbicos que desperdician mucha energía e incrementa la actividad de los microorganismos fijadores aerobios.

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

Según Backman y Brady, mencionados por Palencia J.A. (1968) la materia orgánica es responsable, quizá más que cualquier otro factor de la estabilidad de los agregados del suelo. Generalmente se considera que por lo menos un 50% de la capacidad total de intercambio depende de la materia orgánica, así como el 80% del intercambio de gases.

Millar, citado por Mayorga Ramos (1979) afirma que la capacidad de intercambio catiónico del humus es una de las propiedades más valiosas, ya que por ella se retienen los iones que sirven para la nutrición y hacen posible su adsorción para la planta.

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

indica que la capacidad absorptiva de los suelos superficiales es controlada en gran medida por la materia orgánica presente.

3.6.5.4. Efecto sobre la densidad aparente

Elizondo Solana, Rubio Montoya y Alonso Fromm (1974) concluyen que las aplicaciones de compost favorecieron la permeabilidad del suelo en forma inmediata, pero al final del ciclo ese efecto se perdió por completo. Esto indica que la densidad aparente disminuyó ya que se presentó una mayor agregación y un mayor espacio poroso. También concluyen que la materia orgánica incrementó la capacidad retentiva de humedad del suelo. Esto indica que aumentó el espacio poroso al aumentar la agregación, reteniéndose más cantidad de agua y por consecuencia disminuyó la densidad aparente.

Bertramson, citado por Mayorga R. (1979) agrega que en suelos muy compactos y arcillosos la adición de materia orgánica, tiene efectos flocculantes formando pequeños conglomerados granulares, dándose así mejores condiciones de drenaje y aereación. Esto indica que se mejora la permeabilidad, así como la capacidad de retención de agua, disminuyendo la densidad aparente.

3.6.5.5. Efecto sobre el contenido de materia orgánica

Elizondo Solana, Rubio Montoya y Alonso Fromm (1974) concluyen que los suelos pobres en materia orgánica, cuando son enmendados con aplicaciones de grandes cantidades de compost, mejoran notablemente su fertilidad. Esto se debe al incremento de materia orgánica que trae como consecuencia la formación

de agregados y liberación de nutrientes.

Cota G. Elía y Lavín Sagrario (1975) concluyen que el -- compost demostró ser una excelente aportación para la fertilidad del suelo por su gran contenido de materia orgánica y distintos nutrientes minerales. En pruebas de fertilidad en suelos salinos evitó la clorosis de las siembras.

Treviño Oviedo (1980) asevera que la adición del compost es con el fin de mejorar la estructura, aumentando su porcentaje de materia orgánica.

La influencia dela materia orgánica en el suelo se puede resumir en los puntos siguientes: efecto sobre el color del -suelo, marrón o negro; sobre las propiedades físicas, granulación y cohesión reducidas; capacidad de retención de agua aumentada; alta capacidad de absorción de cationes 2 o 3 veces superior a las de los minerales; abastecimiento y asimilación de nutrientes; fácil reemplazamiento de cationes presentes, nitrógeno, fósforo y azufre manteniendo en forma orgánica y extracción de elementos minerales por ácidos. (28)

3.6.5.6. Efecto sobre la captación de humedad del suelo.

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

Elizondo Solana, Rubio Montoya y Alonso Fromm (1974) concluyen que la materia orgánica proveniente de la aplicación -- del compost incrementó la capacidad retentiva de humedad del suelo.

Baver L.D. (1930) encontró que la absorción de agua por

el suelo varía a consecuencia de la materia orgánica de un 20 a un 40% en los suelos que investigó.

Miyasaka S., Freire E. S. y Mascarenhas H.A.A. (1978) realizaron un ensayo en Campinas (Brasil) para estudiar, en presencia de un fertilizante mineral completo (N.P.K.), el efecto de una mezcla de heno de Melinis minutiflora y Glycine javanica sobre el rendimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.). El aumento del rendimiento causado por el tratamiento descrito - corresponde al 79%. Probablemente, la mezcla actuó como cobertura, manteniendo la humedad del suelo y reduciendo la temperatura excesiva del suelo.

Bertramson, citado por Mayorga Ramos asevera que los coloides orgánicos ejercen un profundo efecto en las propiedades del suelo, de un 20 a 40% de la capacidad de absorción de agua en la superficie del suelo es debida a los coloides orgánicos en su efecto de granulación en el suelo. El coloide orgánico al saturarse con 900 a 2500% de su peso en agua, viene a ser de gran importancia en la capacidad de retención de la humedad.

4.- MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización del experimento

El presente estudio se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el Municipio de Marín, N.L., el cual se encuentra localizado en las coordenadas geográficas $25^{\circ} 53'$; latitud norte y $100^{\circ} 3'$; longitud oeste, altitud aproximada de 370 metros sobre el nivel del mar.

El clima dominante de la región según la clasificación de Köppen, modificado por Enriqueta García es del tipo BSI -- (H') HX' (e'), donde los términos significan:
BSI = climas secos o áridos, con régimen de lluvias de verano siendo el menos seco de los BS.

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

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

(e') = Muy extremo, oscilación anual de temperaturas medias mensuales mayor de 14°C . (21)

Las características principales del suelo en esta zona -- donde se realizó el experimento son principalmente de baja -- cantidad de materia orgánica existente, de naturaleza calcárea textura arcillosa (arena 21.48%, limo 46.52% y arcilla 32.0%) y el pH es de 7.4 o sea, poco alcalino.

4.2. Materiales y aparatos

Los materiales y aparatos que se utilizaron para llevar a

cabo el presente experimento son:

- a) tractor, rastra, sembradora de grano grande, bordeadora.
- b) cinta métrica.
- c) herramientas manuales (azadones, palas, cuchillas, etc.)
- d) bolsa de polietileno y papel
- e) semillas de frijol, variedad delicias 71, selección 4. En la tabla 6 se mencionan las principales características agronómicas de la variedad, según el centro de investigaciones agropecuarias de la F.A.U.A.N.L.
- f) aspersora manual de 15 litros.
- g) malathión al 22.5%
- h) instrumentos y reactivos para hacer los análisis de suelo.
- i) implementos para realizar las mediciones y evaluaciones como: penetrómetro, módulo de ruptura, báscula de reloj, barrana

TABLA 6

<u>Caracteres</u>	<u>Descripción</u>
Días a primera flor	43 a 50
días a última flor	71 a 83
días a madurez fisiológica	90 a 108
días a madurez comercial	100 a 120
Hábito de crecimiento	111
tamaño de grano	intermedio
color de grano	pinto y crema con café
forma de grano	cilíndrica
<u>rendimiento de grano</u>	<u>657-1500 kg/ha.</u>

Penetrómetro de cono, tipo militar.

El penetrómetro medidor de tipo anillo sirve como un rápido medio para determinar la resistencia de penetración de -

un suelo en un trabajo de exploración poco profundo.

Este instrumento consiste en una perilla de apoyo, una varilla de penetración, la cual termina en un cono (cuya función es romper la costra), y un anillo indicador, cuya deflexión depende de la dureza de la costra y es registrada en la carátula indicadora. (ver fig. 3)

Aparato medidor del módulo de ruptura.- Este aparato consiste básicamente de una plataforma de madera, que tiene acoplado un marco del mismo material y una balanza granataria. El marco tiene en el travesaño una navaja cortapluma de posición ajustable en forma vertical. Dicha navaja está soldada a un tornillo, el cual a su vez va roscado libremente a una tuerca incrustada en el travesaño; así, la posición de la navaja puede regularse hacia arriba o hacia abajo; haciendo girar el tornillo y la navaja a la derecha o izquierda, respectivamente. La función de la navaja es la de cortar los pequeños ladrillos provenientes de las diferentes muestras de suelo y que simulan la costra en el campo.

La balanza granataria fue colocada de tal forma, que el centro del plato de ésta, quedaba justo debajo de la navaja cortante. En el centro del plato de la balanza, se acopló la pequeña base que sostiene a los ladrillos, dicha base es de madera y en ella van incrustadas en forma paralela dos navajas, que sostienen el ladrillo. El aparato fue colocado de tal forma que, al agregar peso a la balanza, el plato de éste, se eleva junto con el ladrillo, el cual, con un determinado peso, sería quebrado en su parte media al ser presionado en contra de la navaja cortante. (ver figura 4)

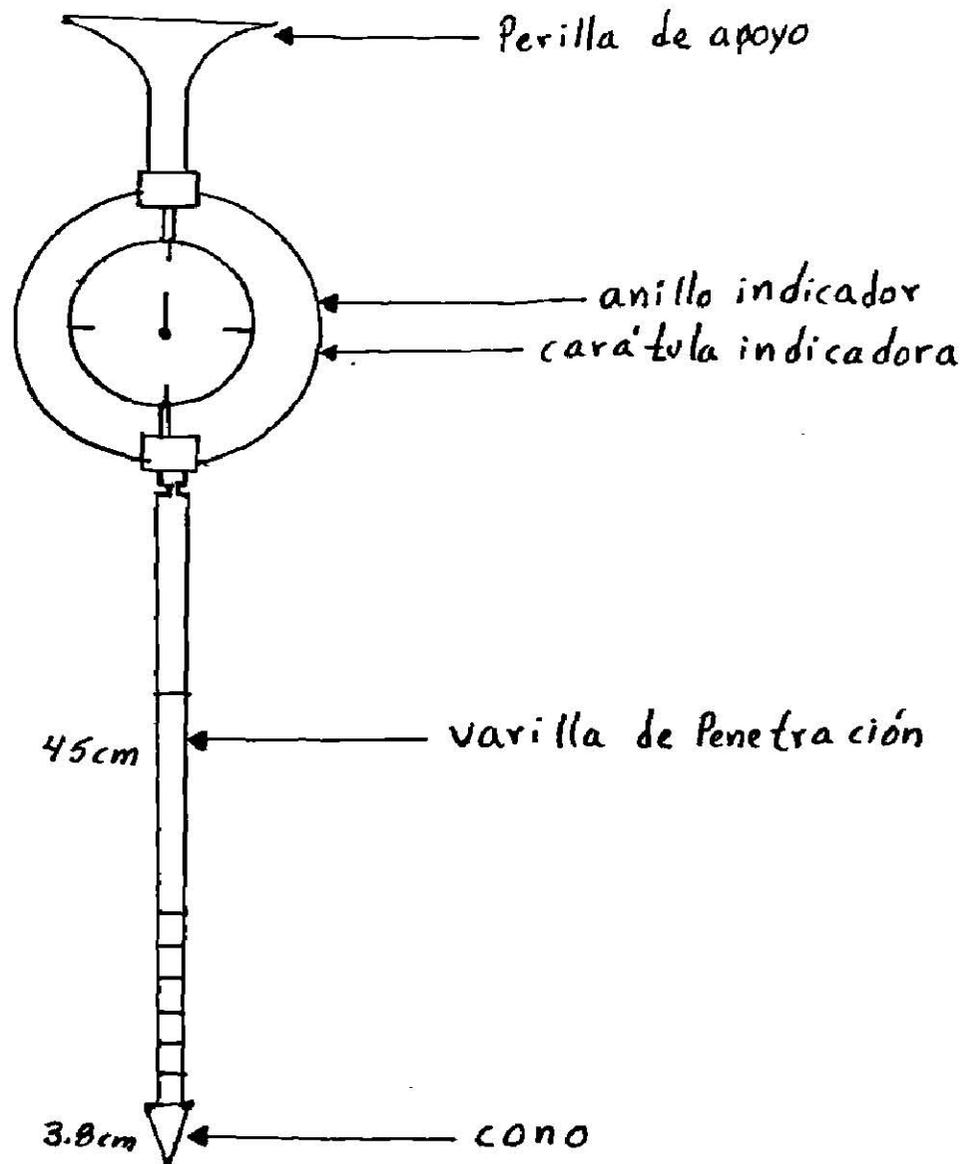


FIG. 3.- Diagrama del penetrómetro utilizado en el presente experimento, para hacer las determinaciones de la dureza de la costra directamente en el campo. Escala 1:4

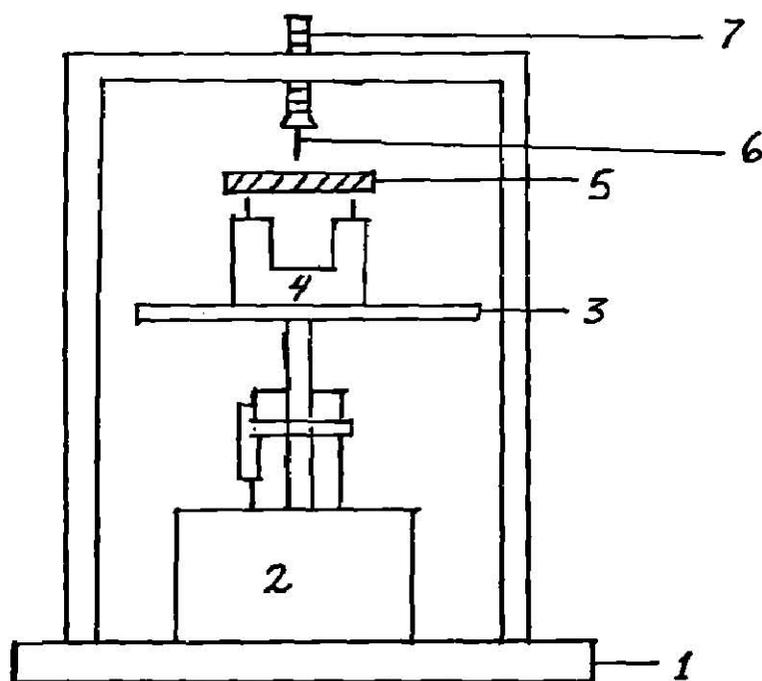
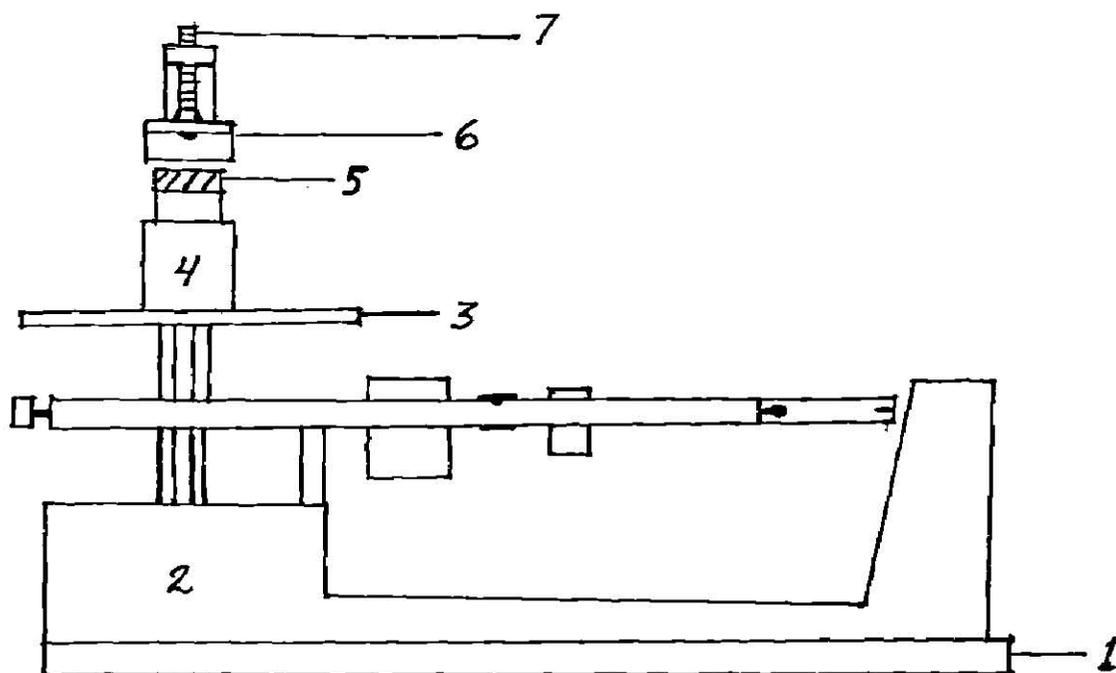


FIG. 4.- Vistas lateral y anterior del aparato ideado para hacer las determinaciones de módulo de ruptura. Escala 1cm.-4 cms., donde: 1.- base de madera.-2. báscula granataria.- 3.-plato de la báscula.-4.- soporte de madera.- 5.-briqueta o ladrillo.- 6.- navaja.- 7.-tornillo ajustable.

4.3. Descripción del método

4.3.1. Descripción del método usado

Este experimento es una continuación de otros experimentos.

El primer ciclo de estudio se inició con el cultivo del frijol en 1983, delimitándose el lote experimental al 20 de julio de 1983, la preparación del terreno (un barbecho y dos pasos de rastra) se realizó el 25 de julio del mismo año. La toma de muestras para determinar el contenido de materia orgánica se hizo el 10. de agosto. El día 12 del mismo mes y año, se realizó la aplicación del compost (ver tabla 9), incorporándose el mismo con un paso de rastra. La siembra del frijol se llevó a cabo el 19 de agosto, así como también la aplicación de la primera mitad del nitrógeno (sulfato de amonio) y todo el fósforo (superfosfato de calcio triple).

La cosecha del frijol se realizó el 16 y 17 de noviembre en forma manual, también se hizo un muestreo final del suelo para determinar contenido de materia orgánica después de la cosecha.

El segundo ciclo de estudio se realizó en el cultivo del trigo, previo a la siembra, se eliminó la maleza existente en el terreno y se dieron dos pasos de rastra. También se realizaron muestras de suelo para determinar contenido de materia orgánica.

El presente experimento equivale al tercer ciclo de estudio sobre la residualidad del compost.

La preparación del terreno consistió en lo siguiente: se deshirió el terreno con una chapoleadora, sacándose la hierba del terreno, esto con el fin de evitar que se afecte el contenido de materia orgánica residual del compost; luego se dio un paso de rastra; posteriormente, a los 15 días, se realizó otro paso de rastra, pero hacia el lado contrario del primero, con el fin de que el suelo quede en el sitio original; asimismo con el segundo rastreo se eliminó la hierba nueva que emergió, sacándose del lote y siendo quemada, para evitar efectos nocivos en el terreno. Los bordos que dividen el terreno no se movieron y al igual se conservó el estacado, evitándose así posibles errores en el terreno que hicieran que se confundan los tratamientos, después se trazaron las regaderas, utilizando el tractor con la boleadora, basándose en la ubicación de las estacas. La siembra se realizó mecánicamente utilizando la sembradora de grano grande, en la fecha recomendada para la región (a principios de agosto, por lo que se sembró el 9 del mismo mes, de 1984). La distancia de siembra entre surcos tuvo que ajustarse tomando en cuenta que la sembradora tiene 4 tinajas sembradoras y la distancia entre bordos es de 4 metros, por lo que únicamente se sembraron 4 surcos por parcela. La sembradora se ajustó para que la distancia entre plantas fuera de 8 cms., aunque la recomendada para las variedades de mata es de 10-15 cms., ésto para tener un rango de seguridad.

La variedad usada fue la selección 4 delicias 71, la cual es de hábito de crecimiento determinado (tipo mata).

Debido a que el presente experimento se inició cuando se encontraba ya establecido y estaba infestado de malezas, no se pudo evitar que esto aumentara el error experimental.

Hubo dos riegos aplicados al cultivo del frijol, uno de siembra que se dio el 14 de agosto de 1984, el otro se dio el 12 de octubre del mismo año.

Se presentaron precipitaciones pluviales a lo largo del ciclo del cultivo. (ver tabla 7).

El conteo de la población de frijol se realizó en el mes de septiembre.

Se hicieron aplicaciones de insecticida con mochila, para combatir principalmente a la mosquita blanca, gusano peludo y araña roja. Se aplicó malathión al 22.5% a una dosis de 10 ml. por litro de agua en tres ocasiones, la primera el 28 de septiembre, la segunda el 5 de octubre y la tercera el 17 de octubre. Aproximadamente se utilizó un mochilazo por bloque.

Se realizaron dos deshierbes en forma manual, el primero el 17 de septiembre y el segundo el 10 y 11 de octubre de 1984.

TABLA 7.- Observaciones climatológicas, temperatura en grados centígrados ($T^{\circ}C$) y precipitación pluvial en milímetros (pp mm), registrados en 1984, durante el ciclo del cultivo.

Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
$T^{\circ}C$	pp	$T^{\circ}C$	pp	$T^{\circ}C$	pp	$T^{\circ}C$	pp
media	mm.	media	mm.	media	mm.	media	mm.
28		28.5		18		13	
29		28.5		18	7	26	

Continúa tabla 7:

Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
T ^o C media	pp mm.						
30.5		28	34.2	20	1.3	25	
29.5		24	4.6	23.5		25.5	
31		25	14	24		26	
29		21	.8	25		26	
30.5		25.5	6.8	27		24	
29		26.5		26.5		23	
29		29.5		25		26.5	
30		22		24.5		18	
28.5		25		25.5		16.5	
31		27.5		25.5		24	
30.5		25		25		28	
29	1.2	29		27		25	
24.5		26	.7	23.5		18.5	
29		24	3.8	26.5		15	
27.5		23		21.6		18.5	
28.5		24.5		29		21	
29.5		26		27		23	
31		24		31		15.5	
30		25.5		30.5		16	
30		25.5		22	1.2	16	
27.5	1.4	28.5		17	5	17	
28.5		29.5		17	3.4	17.5	
29.5		31		20	3	18	
24.5		26.5	.1	17.5	.6	18.5	
29.5		24.5		26.5		17.5	

Continúa tabla 7:

Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
T ^o C media	pp mm.						
29.5		26.5	1.6	25.5		16.5	
30		16		26		18	
30.5		16.5	3.5	25		21	
29				25.5			

T^oC.- Es la temperatura promedio diaria en grados centígrados.

Se llevo a cabo la toma de muestras de suelo para la determinación del módulo de ruptura el 8 de octubre. Asimismo, se realizó la toma de muestras para la determinación de la materia orgánica y densidad aparente a fines de octubre del mismo año.

El 8 de noviembre se realizó la cosecha de 10 plantas para evaluar materia seca, número de vainas y peso de grano. Asimismo se realizó la cosecha de la parcela útil el 13 de noviembre.

Unos días después de la cosecha se realizaron las mediciones de la dureza de la costra con el penetrómetro.

4.3.2. Diseño experimental

El diseño experimental que va a ser utilizado es un bloque al azar, con 13 tratamientos en tres bloques y el arreglo de los tratamientos es un cuadrado doble.

Esto se hizo con el fin de probar algunas interacciones compost-fertilizantes (ver tabla 8 y figura 5), que resultan

de interés, este diseño está basado en un arreglo factorial 5 por 5, del cual se eliminaron 12 de las 25 combinaciones - en forma sistemática, las restantes combinaciones tienen un - cubrimiento uniforme del espacio de factores. El modelo es el siguiente:

$$\bar{Y}_k = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_1^2 + B_4 X_2^2 + B_5 X_1 X_2 + e_k; K=1, 2, \dots, 13$$

donde:

\bar{Y}_k es la medida del k-ésimo tratamiento.

X_1 y X_2 son unidades codificadas del primer y segundo factores, respectivamente (ver tabla 8).

B_0 , constante paramétrica.

B_1 y B_2 , parámetros de los efectos lineales.

B_3 y B_4 , parámetros de los efectos cuadráticos.

B_5 , parámetro de la interacción.

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

Los valores de X_1 y X_2 son: ton/ha. de compost y kg/ha. de N.

S.A.- sulfato de amonio

S.C.T.- superfosfato de calcio triple.

El diseño experimental que se utilizará será un bloques al azar con tres repeticiones y con una distancia mínima de - largo del surco de 8 metros, la distancia entre repeticiones será de 3.5 metros. (ver figura 6). El arreglo de tratamientos será el perteneciente a un cuadrado doble, donde los ni-

veles del compost son: 0,25,50,75 y 100 ton/ha., los niveles de nitrógeno (sulfato de amonio) serán 0,25,50,75 y 100 ton/ha., y el nivel de fósforo (superfosfato de calcio triple) se mantendrá constante (50 ton/ha.), (ver tabla 8).

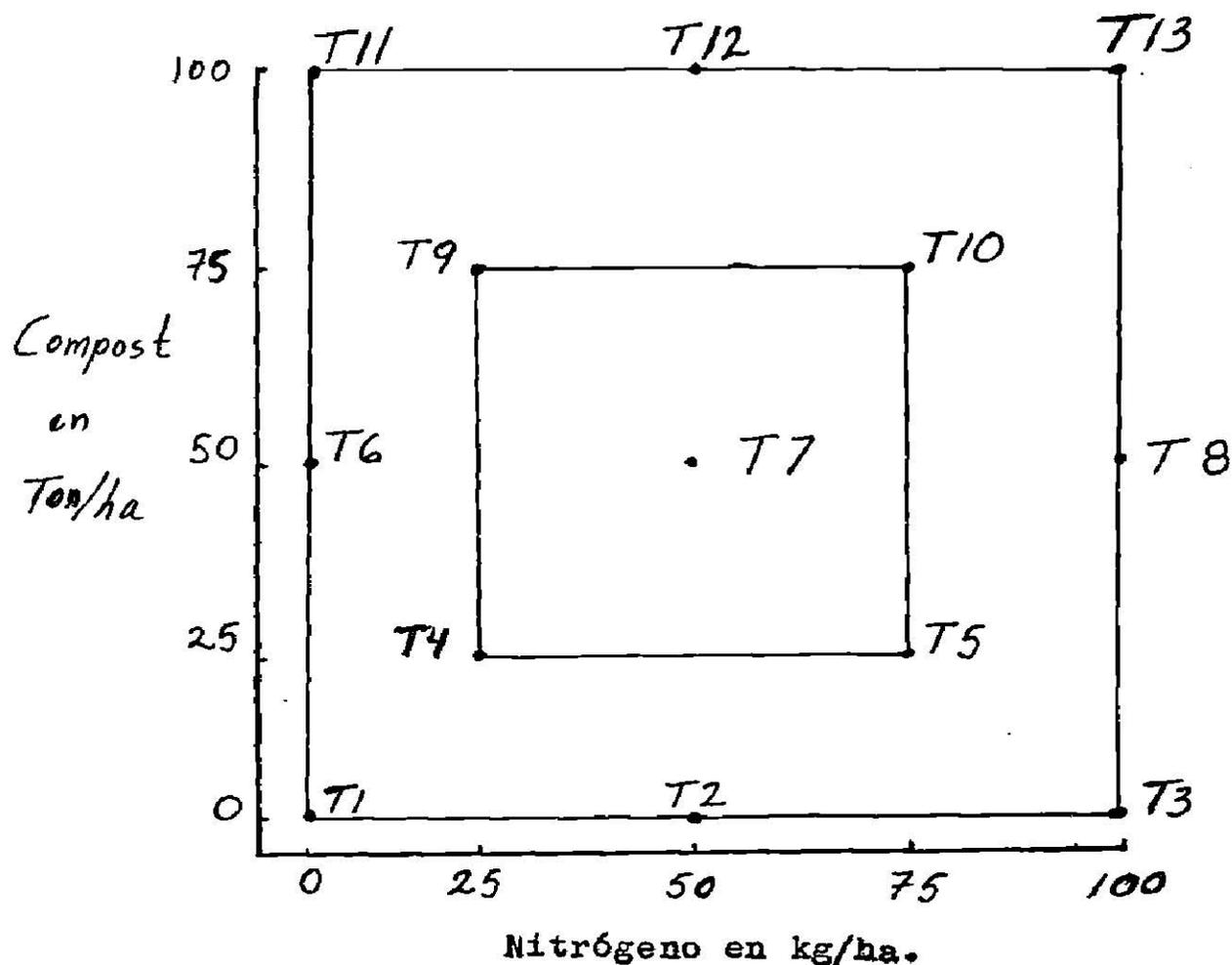


FIGURA 5.- Distribución espacial de los tratamientos empleados, de acuerdo al arreglo de un cuadrado doble.

TABLA 8.- Tratamientos seleccionados de la matriz experimental cuadrado doble.

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

TABLA 9.- Dosis de compost (al 20% de humedad), aplicados el verano de 1983, en cada parcela experimental de 32 m². de superficie, correspondientes a los niveles de compost de cada tratamiento en toneladas por hectárea.

Nivel de compost		kgs. de estiércol p/parcela de 32 m ² .
0	-----	0
25	-----	80
50	-----	160
75	-----	240
100	-----	320

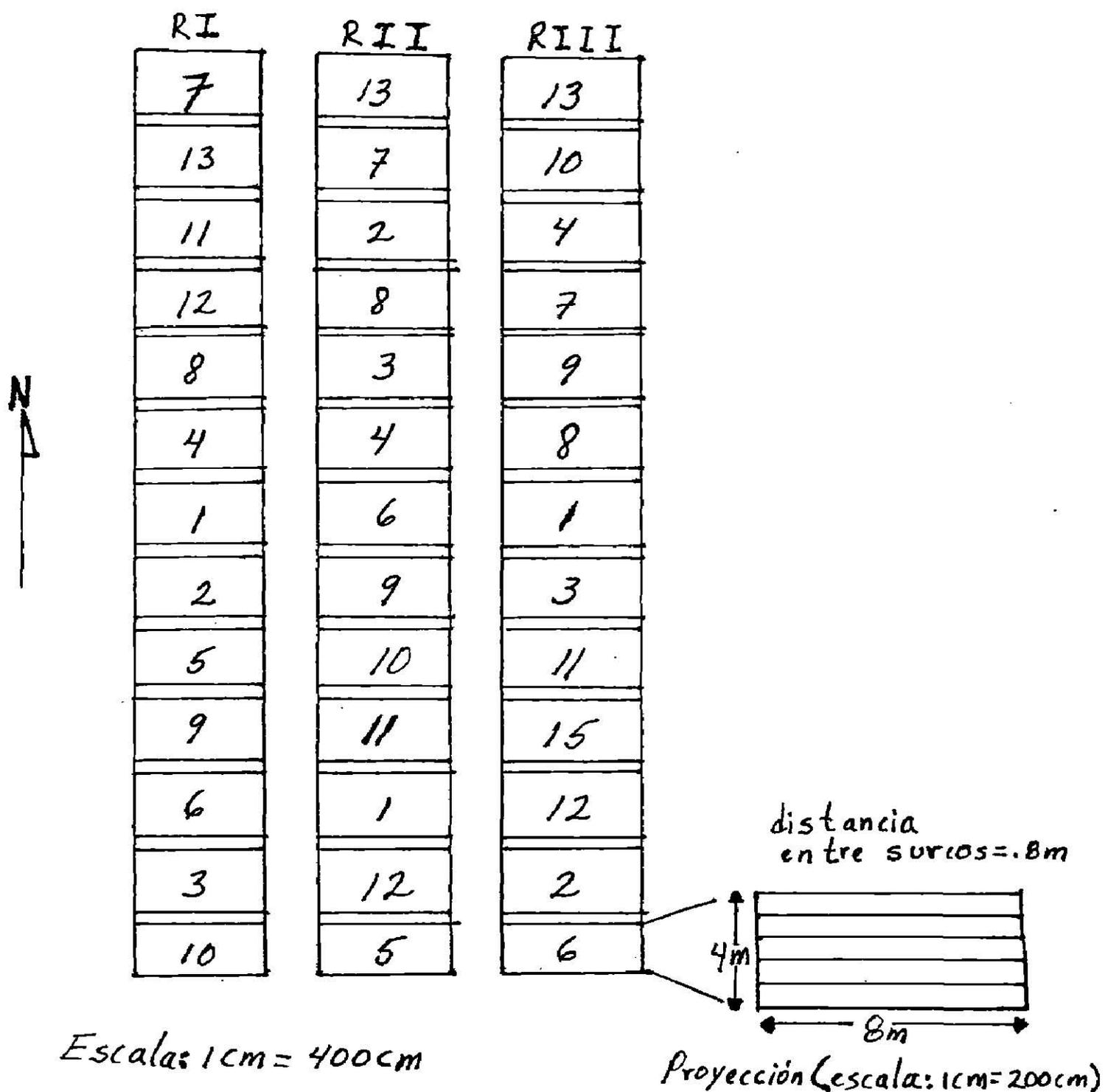


FIG. 6.- Croquis de la distribución de tratamientos del presente experimento utilizando un cuadrado doble.

4.4. Recolección de datos

Inseguida, se mencionará la manera en que se recopilaron los datos de todas y cada una de las variables consideradas en el presente experimento.

4.4.1. Variables con respecto a la planta

La parcela útil la comprendió los dos surcos centrales de cada parcela experimental, cada uno de 6 mts. de longitud y 0.80 mts. de ancho.

Materia seca por planta (MSP). El peso seco se obtuvo de una muestra de 10 plantas extraídas de la parcela útil (9.6 m.²), antes de que las hojas empezaran a caerse, conforme se completaba la madurez fisiológica, una vez seca, se pesó toda la planta.

Número de vainas llenas por planta (NVL). Este dato se tomó de la misma muestra de 10 plantas obtenidas de cada parcela, se contó el número de vainas de cada muestra y se dividieron entre 10.

Número de vainas vanas por planta (NVV). Se obtuvo también de la misma muestra, se contó el número de vainas vanas (sin grano) de cada muestra, y se dividió entre 10.

Rendimiento de grano por planta (RGP).- Este dato se obtuvo de la muestra antes mencionada, se pesó el grano de cada muestra y se dividió entre 10.

Rendimiento de grano de parcela útil (RPU).- Se obtuvo de todas las plantas cosechadas de la parcela útil (9.6m²), el resultado fue transformado a toneladas por hectárea.

También se contó el número de plantas cosechadas en ca-

da parcela experimental, con el fin de verificar que, estadísticamente, el número de plantas no fuera diferente y estar seguros que los rendimientos entre las parcelas variaran debido a los tratamientos, y no por el hecho de haber cosechado distinto número de plantas, en cada parcela experimental.

4.4.2. Variables con respecto al suelo

Densidad aparente.- Se obtuvieron muestras de suelo con la barrena, en la parcela útil, a 2 profundidades, 0-15 cms. (DA1) y 15-30 cms. (DA2), se introdujeron las muestras en -- frascos pequeños, se etiquetaron y se introdujeron en el -- cuarto de secado durante 24 horas, para eliminar la humedad, una vez secas se calculó la densidad aparente, dividiendo el peso de la muestra del suelo entre el volúmen del cilindro -- de la barrena. La densidad está dada en gramos por centímetro cúbico.

Dureza de la costra medida con el penetrómetro (LP).- Se midió la dureza de la costra con el penetrómetro de cono y -- el valor de la dureza de la costra expresado en kgs/cm^2 , se obtuvo del promedio de cinco lecturas tomadas en cada parcela experimental y utilizando la gráfica del anillo probador para ajustar los datos a kilogramos por centímetro cuadrado.

Contenido de materia orgánica (MO).- Se obtuvo al final del ciclo, de una muestra obtenida de la parcela útil, a una profundidad de 0-30 cms. Las muestras de suelo fueron extraídas utilizando pœ eras y palas jardineras. La determinación del contenido de M.O. fue con el método de Wackley y Black.- Para realizar los análisis de varianza y las pruebas de Tuc-

key los datos fueron transformados de la siguiente forma: $-\text{sen}^{-1} p$, donde sen^{-1} es la función seno inversa y p es el contenido de M.O. expresado como proporción.

Módulo de ruptura (MR).- El módulo de ruptura se relaciona con la fuerza de ruptura de ladrillos que representan la costra del suelo y se usa para evaluar la cohesión del suelo seco.

La determinación de módulo de ruptura se realizó a 2 profundidades 0-15 (MR1) y 15-30 cms. (MR2). De cada muestra de suelo desmenuzada y seca, proveniente de todos y cada uno de los tratamientos de cada repetición experimental, se llenaron 5 moldes con el fin de obtener varias repeticiones de cada tratamiento. Cada reja (que contenía 98 pequeños moldes de 3.5 cms. por 7 cms. por 1 cm.), se colocó sobre una base plana de lámina, se procedió a llenar un poco arriba del tope, esto a todos los moldes (para compensar la pequeña contracción que sufrirían las muestras al secarse). Después se humedecieron las muestras por trasporo, inclinando la base de lámina y aplicando agua suavemente; ésta pasaba lentamente por debajo de los moldes, humedeciendo las muestras a través de la malla mosquitera que servía de piso al molde. Una vez humedecidas las muestras se introducían al cuarto de secado, en donde se secaban a una temperatura de 50-55°C hasta peso constante; durante 24 horas por lo general duraban en el cuarto de secado. Una vez secos los ladrillitos se colocaban en el aparato ideado para el módulo de ruptura. El peso del soporte de madera y del ladrillo era destarado de tal forma que la báscula granataria estuviera balanceada en cero,

luego se ajustaba la navaja cortante al ras del ladrillito y se agregaba peso a la báscula registrando el peso necesario para romper el ladrillo (se sacaba el promedio de cada 5 ladrillos). Los datos fueron sustituidos en la siguiente fórmula: $S = 3 FL / 2bd^2$, donde F es la fuerza de ruptura en el centro del ladrillo, L es la distancia entre los soportes que sostienen al ladrillo (5.08 cms.); b es la anchura del ladrillo (3.5 cms.) y d es el espesor del mismo (1 cm.), (ver figura 7). Si F se expresa en dinas (gramos-peso $\times 980$ cm/seg.²) y L , b y d en centímetros, el módulo de ruptura (s) estaría expresado en dinas. Sin embargo, el módulo de ruptura también puede expresarse en bares o milibares (1 bar = 1,000 milibares = 10^6 dinas . cm.⁻²)

En el presente estudio, para facilitar el manejo de los datos (en los análisis estadísticos), se transformaron estos a bares.

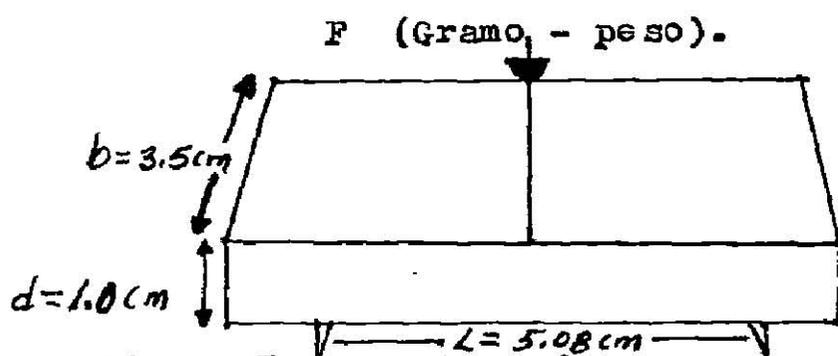


Figura 7.- Ilustración de un ladrillo de tamaño natural con las dimensiones consideradas, para determinar el módulo de ruptura. F , es la fuerza o peso necesario para romper el ladrillo; L es la distancia entre los soportes del ladrillo; b y d son la anchura y espesor del ladrillo, respectivamente.

Por ciento de emergencia de plantas (PE). La emergencia indica en forma indirecta la dureza de la costra, así en los tratamientos donde existan costras más duras, el número de plantas será menor. Se realizó el conteo de plantas por tratamiento comparándolo con el número de semillas sembradas en él; se sembró una semilla cada 8 cms., en los dos surcos de la parcela útil, (de 6 cms. de longitud cada uno), se colocaron 150 semillas. Entonces el por ciento de emergencia se obtuvo dividiendo el número de plantas emergidas por parcela útil, entre 150, el resultado se multiplicó por 0.98 (o sea, 98% de germinación de la semilla utilizada), para obtener el por ciento de emergencia. Para realizar los análisis de varianza y las pruebas de tuckey, los datos de por ciento de emergencia fueron transformados de la misma forma que se hizo para los datos de M.O., usando la fórmula $\text{sen}^{-1} \sqrt{p}$, en donde sen^{-1} es la fracción seno inverso y p es la proporción.

5. RESULTADOS

La presentación de resultados se hará basándose en las tablas 10, 11 y 12, endonde se muestran respectivamente, un resúmen de los análisis de varianza para las variables estudiadas, un resúmen de las pruebas de tuckey para la comparación de medias de tratamientos donde se encontró significancia y un resúmen de los principales parámetros estadísticos de las variables estudiadas en el presente experimento.

TABLA 10.- Resúmen de los análisis de varianza, donde - S.C.Trats., es la suma de cuadrados de los tratamientos; s.c. error es la suma de cuadrados del error; Fcal es el valor de F calculado; \bar{x} gral. es la media general de cada variable; - %C.V. es el coeficiente de variación en por ciento y g.de l. son los grados de libertad para cada fuente de variación.

Variables	S.C. Trats.	S.c.error	F cal.	\bar{x} gral.	% C.V.
g.de l.	12	24			
PE	1021.662	1353.381	1.510 N. S. ¹	38.93	19.28
RPU	525253.250	1493763.750	.703 N. S. ¹	100926	24.71
PCT	3.265	5.130	1.273 N. S. ¹	8.35	5.54
RGP	105.951	705.048	.301 N. S. ¹	17.38	31.18
MSP	850.641	2644.552	.643 N. S. ¹	35.64	29.45
NVL	2.526	10.278	.492 N. S. ¹	4.32	15.14
NVV	1.890	2.892	1.307 N. S. ¹	1.59	21.87
MO	10.328	14.824	1.393 N. S. ¹	7.93	9.91
LP	7.963	7.404	2.151 +	11.12	4.99
MRL	9.408	9.407	2.000 N. S. ¹	2.69	23.27
MR2	19.081	32.631	1.170 N. S. ¹	3.33	35.02
DA1	.151	.140	2.160 +	1.26	6.14
DA2	.077	.080	1.931 N. S. ¹	1.35	4.05

(1) N. S.: diferencia no significativa ($p > .05$)

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

(++) Diferencia altamente significativa entre tratamientos.

($p \leq .01$)

Dureza de la costra medida con el penetrómetro (LP).- Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($p = .053$), para esta variable. Los valores más bajos de dureza de la costra del suelo, fueron el tratamiento 13 (10.29), el tratamiento 9 (10.63) y el tratamiento 3 (10.72), según la prueba de Duncan de comparación de medias. Estas lecturas difieren de manera significativa de los obtenidos en el tratamiento 4 (11.82), el tratamiento 2 (11.81), el tratamiento 10 (11.54), el tratamiento 1 (11.53) y el tratamiento 5 (11.39) Se encontró que la regresión para esta variable fue significativa ($p = .05$), sin embargo el modelo lineal propuesto sólo explicó un 12.01% de la variación ($R^2 = .1201$), encontrándose por el método de todas las regresiones posibles, que el efecto lineal del compost tuvo efecto sobre esta variable, por lo que la ecuación de regresión sería así:

$$\hat{Y} = 2.693639 - 0.003254619 X03$$

Densidad aparente (DA1).- Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($p = .052$) para densidad aparente a la profundidad 0-15 cms. Siendo los que presentaron los valores más bajos, el tratamiento 12 (1.16 gr/cm³), el tratamiento 10 (1.19 gr/cm³), el tratamiento 3 (1.21 gr/cm³) y el tratamiento 4 (1.22 gr/cm³), según la prueba de Duncan de comparación de medias; estos valores difieren de manera significativa de los obtenidos en el tratamiento 2 (1.38 gr

/cm³), el tratamiento 8 (1.36 gr./cm³) y el tratamiento 7 - (1.34 gr./cm³), se encontró que la regresión para esta variable no fue significativa.

Para las demás variables estudiadas: emergencia, rendimiento de parcela útil, plantas cosechadas por tratamiento, rendimiento de grano por planta, rendimiento de materia seca por planta, número de vainas por planta, número de vainas vanas por planta, materia orgánica, módulo de ruptura 0-15 cms. y 15-30 cms., y densidad aparente 15-30 cms. ; los tratamientos no produjeron diferencias significativas.

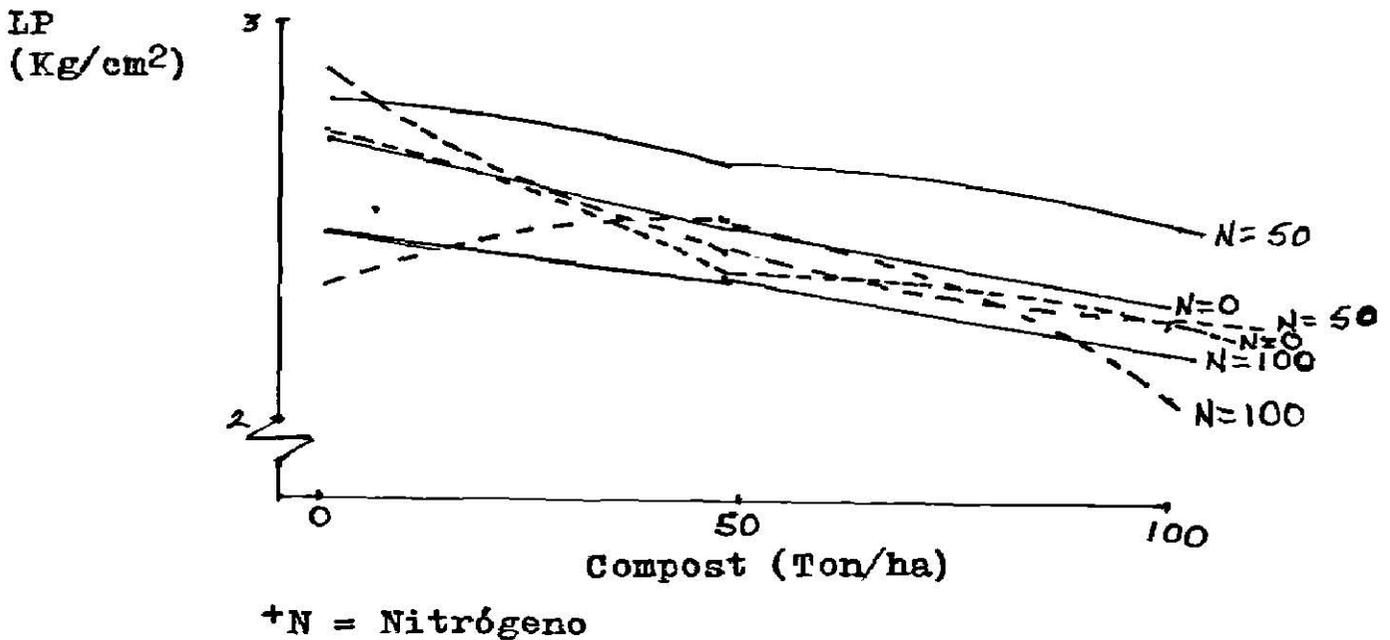
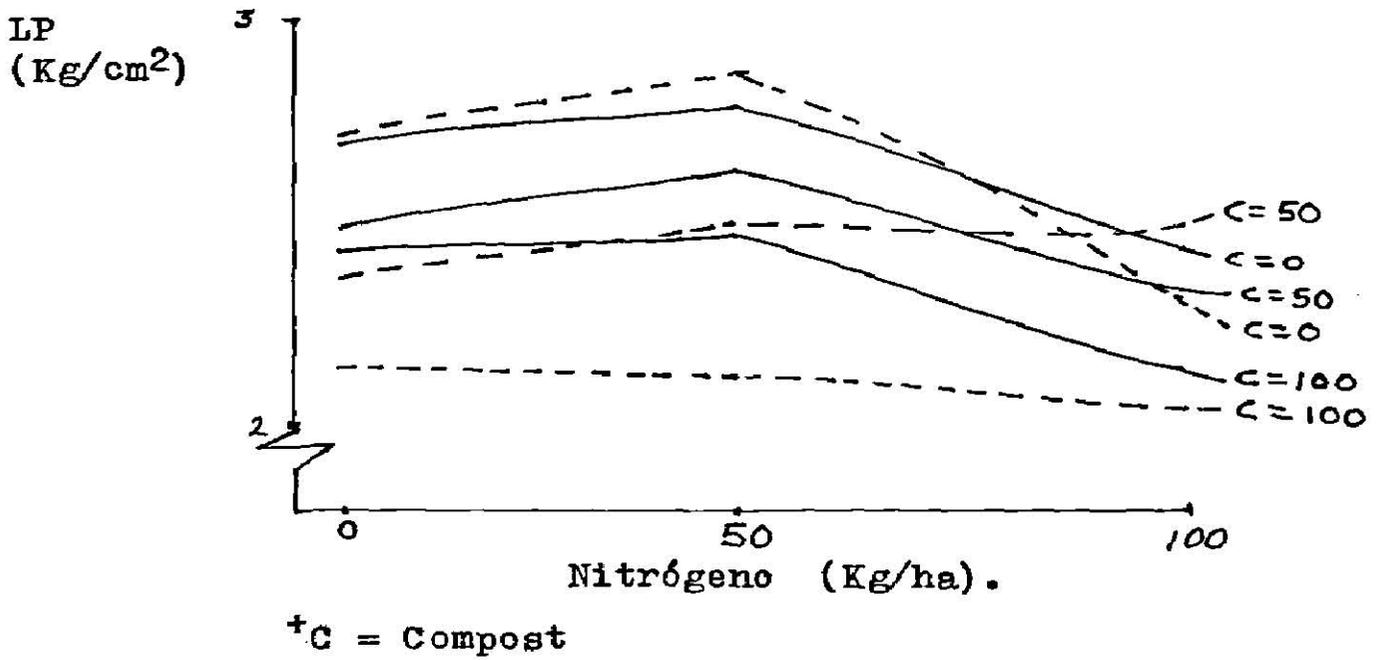
TABLA 11.- Resumen de las pruebas de tuckey para las variables con diferencia significativa entre tratamientos.

VARIABLE - L P		VARIABLE - DAL	
Trats.:	medias:	Trats.:	medias:
4	11.82	2	1.38
2	11.81	8	1.36
10	11.54	7	1.34
1	11.53	5	1.28
5	11.39	6	1.26
8	11.10	11	1.26
7	11.09	1	1.25
11	10.93	13	1.25
12	10.93	9	1.24
6	10.78	4	1.22
3	10.72	3	1.21
9	10.63	10	1.19
13	10.29	12	1.16

TABLA 12.- Resumen de los principales parámetros estadísticos en el presente experimento, 1985.

Variable	Media General	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Coef. de Variación
PE	38.925	16.420	51.350	8.527	19.28
RPU	1009.265	455.200	1583.330	252.886	24.71
PCT	8.354	6,710	9.590	.498	5.54
RGP	17.385	4.100	28.200	4.810	31.18
MSP	35.641	15.000	65.000	9.678	29.45
NVL	4.317	2.640	5.650	.602	15.14
NVV	1.592	1.000	2,440	.358	21.87
MO	7.927	5.820	9,560	.820	9.91
LP	11.121	8.940	12.240	.796	4.99
MR1	2.694	1.490	4.440	.707	23.27
MR2	3.332	1.400	6.590	1.199	35.02
DA1	1.261	1.000	1,440	.089	6.14
DA2	1.354	1.210	1.480	.065	4.05

BIBLIOTECA Agronomía UANL



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

Figura 8. Curvas de regresión con datos observados y esperados para LP, donde la ecuación de regresión es :
 $\hat{Y} = 2.713466 - 0.004387679x_1 - 0.00008570916x_2^2 + 0.006196476x_2 + 0.0000226612x_1x_2 + 0.000002957x_1^2$
 $R^2 = 22.021$.

6.- DISCUSION

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula que se planteó, y por consiguiente, sí existe efecto residual de la aplicación de compost después de un año (dos ciclos de cultivo) de haberse aplicado al suelo. Esta conclusión concuerda con los trabajos revisados (15,19,24,28y 46) que aunque no se realizaron en el mismo clima y suelo a los del presente estudio, se demuestra el valor del compost como mejorador del suelo y en particular, de los suelos encostrados arcillosos. De esta manera se encontró efecto significativo en la dureza de la costra. (p=.053) así también como en la densidad aparente (p=.052).

El análisis de regresión resultó ser significativo para la variable dureza de la costra y la ecuación lineal propuesta se adecúa a la distribución de los datos, ya que no hubo falta de ajuste, sin embargo la R^2 (12.01 %) fue muy pequeña explicando muy pobremente la variación. Este comportamiento es debido, en gran parte, a que el efecto lineal de nitrógeno no contribuyó a aumentar el % R^2 en forma significativa, lo cual se explica por el hecho de que el fertilizante químico de nitrógeno se aplicó hace un año y obviamente no posee el efecto residual del compost. De esta forma, se propone que en los estudios de residualidad que se prosigan en el sitio experimental donde se realizó el presente trabajo, se pruebe con ecuaciones que incluyan el efecto cúbico del compost, o bien ecuaciones exponenciales, ya que los efectos lineal y cuadrático de nitrógeno ya no son adecuados para explicar la distribución de los datos encontrados.

El análisis de regresión para la variable densidad aparente no resultó significativo.

Por otra parte, de los resultados obtenidos puede verse que en general los tratamientos con dosis más altas de compost (75 y 100 ton/ha.), mostraron tener un mejor comportamiento para las variables significativas, siendo los tratamientos 12 (100 ton/ha. de compost + 50 kg/ha de N) y 13 (100 ton/ha de compost + 100 ton/ha. de N), los mejores por presentar costras menos duras y densidades aparentes bajas. Los tratamientos 3 y 4 resultaron en los mejores tratamientos, posiblemente debido a que la repetición I fue la más infestada de maleza, aumentando el error experimental, ya que las lecturas de dureza de la costra y densidad aparente (0-15 cms.) medidas en la repetición I afectaron el promedio al ser muy diferentes en comparación con las lecturas tomadas en las repeticiones II y III.

Por lo tanto, puede concluirse que para los suelos calcáreos-arcillosos de esta región, es recomendable hacer aportaciones de compost mayores a 75 ton/ha., si se desea tener un efecto residual más o menos prolongado. Para la variable módulo de ruptura no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos, ya que los coeficientes de variación resultaron altos (23.27% para 0-15 cms. y 35.02% para 15-30 cms.), debido a que la técnica empleada es nueva y aún no se domina del todo bien. Para la variable densidad aparente (15-30 cms) es factible que no haya habido efecto por la aplicación del compost en forma superficial.

En general, para las demás variables que no resultaron significativas, con coeficientes de variación altos, esto -- puede deberse a que al principio del ciclo del cultivo no se controlaron adecuadamente las malezas, aunado a la resiembra realizada, la que introdujo más error experimental.

A pesar de que se encontró mejoramiento significativo -- sólo en la dureza de la costra y densidad aparente (0-15 cms) es cierto, sin embargo, que resulta muy ventajosa la aplicación de compost, ya que ésta se reflejó indudablemente en la estructura del suelo, no así en el rendimiento del cultivo, ésto pudo deberse, como ya se dijo, a la resiembra realizada -- así como al control inadecuado de malezas al principio del -- ciclo, por lo tanto es factible recomendar en gran escala el uso de compost como una posible alternativa para los suelos calcáreo-arcillosos en la región de Marín, N.L. y otras partes de suelo y clima similar.

Es recomendable continuar con evaluaciones similares a éste en la región e incluir la evaluación de dosis más altas de compost y si es posible (económicamente) estudiar otras variantes como evaporación, velocidad de infiltración, contenido de nutrientes de la planta, (semilla), etc. que no se evalua-- ron en este experimento. La realización de este tipo de expe-- rimentos permitirá la obtención de beneficios para la agri-- cultura, con la aplicación de diferentes abonos orgánicos.

7.- CONCLUSIONES

1.- En base a los resultados obtenidos, se concluye que sí existe efecto residual en la aplicación de compost después de un año de haberse aplicado al suelo.

2.- La residualidad del compost, se corrobora en los efectos significativos que se tuvieron en la dureza de la costra medida con el penetrómetro en la densidad aparente, tomado a una profundidad de 0-15 cms.

3.- Los mejores tratamientos en las variables estudiadas fueron en general los que tenían las más altas dosis de compost (del tratamiento 9 al 13). Por lo que se recomienda, para tener un mayor efecto residual, dosis mayores de 75 ton/ha.

4.- De esta forma, el tratamiento 13 resultó ser el que poseía costras menos duras, en tanto que el tratamiento 12 el que presentó la densidad aparente más baja.

5.- A pesar de que el análisis de regresión mostró ser significativo para una de las variables en donde se encontró efecto residual de compost, la R^2 fue demasiado baja, alrededor del 12%. Se encontró además que el efecto lineal y cuadrático de nitrógeno no contribuyen significativamente a explicar la distribución de los datos, por lo que los efectos considerados en las ecuaciones de regresión no son suficientes para explicar el comportamiento de cada variable.

6.- No se encontró efecto residual significativo en el % de emergencia, rendimiento de parcela útil, plantas cosechadas por tratamiento, rendimiento de grano por planta, rendimiento de materia seca por planta, número de vainas por planta, -

número de vainas vanas por planta, materia orgánica. Para estas variables los C.V. fueron en general altos (20-35%), muy probablemente debido al inadecuado control de maleza al inicio del cultivo y a la resiembra realizada. Esto pudo causar que dichas variables no resultaran significativas.

S U M M A R Y

RESIDUAL EFFECTS OF COMPOST ON SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL AND ITS INFLUENCE ON IRRIGATED BEAN (Phaseolus vulgaris L.) in Marín, N.L.

Tesista: NICOLAS MENDOZA TRISTAN

The present experiment was carried out in a calcareous clay soil, poor in organic matter and alkaligenos pH, located at the experimental station of Agronomy Faculty of the U.A.N.L. in Marín, N.L.

One of the particularities of soils of this region is the formation of hard crusts on soil surface, due to some characteristics of soil and the hot and dry climate. Compost was used in this experiment in order to register the effects of some soil properties.

The objectives of this work were:

- To observe if there exists significant residual effects of compost on soil, after a year of its application.
- To determine the quantity of compost and N-fertilizer that produced the best effects on soil and on bean.
- To register the changes on some soil properties.
- To elaborate some recomendations in a future time for farmers in this region, about the use of compost as an improver of soil.

The experiment was carried out in the summer of 1984 and the variables considered were: seeding emergence of bean in percent, grain yield per plant and per hectare, dry matter per plant, number of pods with and without grain per plant; modulus of rupture (0-15 cm and 15-30 cm), and bulk density of soil (0-15 and 15-30 cm).

The analysis of variance showed significance for the following variables: crust hardness ($\alpha = 0,53$) and bulk density ($\alpha = .052$) in the 0-15 cm stratus of soil. The best treatments were from 9 to 13. The regression analysis was significant ($\alpha = .05$) just for penetrometer measurements, however R^2 was too low (---- 10.601%). Therefor based on results applications higher than 75 ton/ha. of compost are suggested in order to obtain residual effects.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Abbott, J.L. y T.C. Tucker, 1973. Persistence of manure -- phosphorus availability in calcareous soil. Soil - sci. Am. P. 37: 60-62.
- 2.- Acosta, S.R., 1975. Efecto residual de las aplicaciones - de abonos orgánicos e inorgánicos sobre la produc- ción de cosechas. VIII Congreso Nacional de la - - Ciencia del Suelo, México, p. 341.
- 3.- Alanís R., E.G., 1982. Estudio de la cosecha de agua de - lluvia, mediante sistema de labranzas, en el culti vo de avena (Avena sativa L.) en el municipio de - Marín, N.L., tesis F.A.U.A.N.L., p. 47.
- 4.- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del - suelo, trad. del inglés por J.J. Peña C., AGT Editores. México, D.F.- P. 24, 124-144, 149-161, 244- 261, 279-306.
- 5.- Anónimo, 1980. Fertilizar es multiplicar la tierra. Agro- síntesis. 11 (2) 1980.
- 6.- Anónimo, 1983. Los elementos menores y la fertilización 14 (5) 43.
- 7.- Aguirre, C. J.E., 1979. Manual de prácticas de campo y la - laboratorio para análisis de suelos, F.A.U.A.N.L., p 11, 23, 35, 39, 42, 46, 53, 52, 57, 62, 68.
- 8.- Bastidas, V. y S. Lavín, 1975. Modificación nitrogenada de la fracción húmica del compost de basuras urbanas, con fines de fertilidad. VIII Congreso Nacional de la ciencia del suelo. p. 42, 43.
- 9.- Bayer, L.D., 1930, the effect the organic mater upon several phisical properties of soils. Am. Soc. Agr. 22: -- 704, 705, 707.
- 10.- Bayer, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner, 1973.- Física de suelos, Trad. del inglés por J.M. Rodríguez y R. - U.T.E.H.A., México D.F. p. 232, 233.
- 11.- Bear, E.F., 1969.- Los suelos en relación con el crecimien to de los cultivos. Editorial Omega, Barcelona, Es - paña, p. 195-198.
- 12.- Bergeaux, P.J., y P.A. Mazurak, 1977. La jardinería agrí- cola. Revista La Hacienda, p. 14.
- 13.- Blasco, L.M., 1981. Materia orgánica y nitrógeno de los sue los. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, O.E.A., Colegio Nacional de Agricultu- ra Tropical, S.A.R.H., Cárdenas, Tabasco, México, p. 2-6, 10, 19-23, 30, 39, 40.

- 14.-Cerdea, I.E., 1979. 16 alternativas de producción de frijol (phaseolus vulgaris L.) en ciclo tardío, en la unidad de riego La Victoria municipio de Pesquería, N.L., p. 1, 3, 6.
- 15.-Cota, G.E., y S. Lavín, 1975. Mineralogía de compuestos húmicos por acción microbiológica de la humificación de residuos sólidos. ,III Congreso Nacional de la ciencia del suelo. p. 42, 43.
- 16.-Chaudhri K.J., K.W. Brown y C.B. Holder, 1976. Reduction of crust impedance to simulated seedling emergence by the addition of manure. Soil science. 122:216-221.
- 17.- Chen Y., J. Tarchitzky, J. Brouwer, J. Morín, A. Banin, 1980, Scanning electron microscope observations on soil crusts and their formation. 130: 49,53,54,55.
- 18.-Chesnin, L., A.E. Tiarks, 1975.- Detachment of soil aggregates by simulated rainfall from heavily manured soils in Eastern, Nebraska. Soil science Am. p. 39: 732-736.
- 19.- Elizondo, S.A.C., D. Rubio, R. Alonso, 1974.- Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (compost) obtenidos del basurero de Monterrey, N.L., desde el punto de vista de su utilización agrícola. VII Congreso Nacional de la ciencia del suelo. 2: 211, 212.
- 20.-Evans, D.D. y S.W. Bool, 1968./ Micromorphological study of soils crusts. So. sci. Am. p. 32:19-22.
- 21.-García E., 1973.- modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. U.N.A.M., México, D.F. p. 151.
- 22.-González, N.J., 1984.- Efecto del encostramiento de los suelos en la germinación y emergencia de las plántulas - F.A.U.A.N.L., p. 11-67.
- 23.- Goss, D.W., B.A. Stewart, 1979.- Efficiency of phosphorus utilization by alfalfa from manure and superphosphate So. sci. Am. J. 21: 982.
- 24.-Guevara L., J.A., 1980.- Efectos comparativos entre dos fuentes diferentes de materia orgánica (compost y estiércol) y determinación del mejor nivel de compost en el cultivo del melón (cucumis melo L.), variedad gusto 45, bajo las condiciones de Apodaca, N.L., p. 21, 54-56.
- 25.-Ignatieff, V., J.H. Page, 1969.- El uso eficaz de los fertilizantes. F.A.O. p. 33, 34.
- 26.-Krstich, M.A., D.O. Robinson, 1984.- The effects of organic and inorganic fertilizers on elemental composition of beets and spinach. Revista Agronomy abstracts, Las Vegas, Nevada, p. 210.

- 27.-Maiti, R.K., R.H.González, L.C.O. Alanís, 1984.- El establecimiento de los cultivos en el trópico semiárido del noroeste de México; una síntesis práctica, - - F.A.U.A.N.L.
- 28.-Mayorga R., M.J., 1979.- Efecto del compost y nitrógeno - sobre la producción de grano y demás caracteres agronómicos de la variedad de maíz (Zea mays L.), - - N.L. V. S. 1 enano, Apodaca, N.L., I.T.E.S.M.
- 29.-Meredith, H.L., Kohn Keh, 1965.- The significance of the rate of organic matter decomposition on the aggregation of soil. 29: p. 547.
- 30.-Millar, C.E.- L.M. Turk y H.D. Foth, 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. del inglés por Ramón - - Fernández Gzz., C.E.C.S.A., México, D.F., p. 153- - 157.
- 31.- Miyasaka S., E.S. Freire, H.A. Mascarenhas, 1978.- Efecto de la materia orgánica sobre el rendimiento del frijol. Resúmenes analíticos sobre el frijol (Phaseolus vulgaris L.), C.I.A.T., 3:113.
- 32.-Oliva, R.S.L., G.G.Burciaga, D.J.Nava, 1980.- La respuesta en el empleo de 5 materiales orgánicos y azufre en el cultivo de zanahoria (Daucus carota L.), Toluca, Edo. de Méx. p. 199.
- 33.-Onofiok, O. y M.J. Singer, 1984. Scanning electron microscope studies of surface crusts formed by simulated rainfall. Sp. sci. Am. J. 48: 1137-1142.
- 34.-Ortiz V.B., y C.A.Ortiz, 1980.- Edafología U.A.CH., México, p. 66-101, 103-128.
- 35.- Palencia, J.E., 1968. Naturaleza de la unión de los complejos organo-minerales del suelo. Tesis. Facultad de Agronomía, universidad de San Carlos, Guatemala, p. 17-22.
- 36.-Pérez Monsiváis.- &, 1982.- Evaluación del comportamiento de dos variedades de frijol, bajo los efectos de fertilización y densidades a dos niveles cada uno, en el ejido de San Rafael del Llano, Mpio. de Gral. Terán, N.L.
- 37.-Ramírez, H.J.L., 1982.- Efectos del "gapol" sobre el rendimiento en una variedad de crecimiento semi-determinado del frijol. F.A.U.A.N.L., p. 7-13.
- 38.- Robinson, R.G., 1983.- Yield and composition of field -- bean in response to irrigation, compost and nitrogen. Agronomy journal. 75:31.

- 39.- Sánchez M.L., 1966.- La materia orgánica del suelo, Boletín de Guanomex.
- 40.- Selke W., 1968.- Los abonos, ed. Academia, León, España.
- 41.- Tamhane, R.V., D.P. Montiramani y Y.P. Balí, 1978.- suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Trad. del inglés por A. Romeo del V. Diana, México, D.F. p. 168-187, 268-285.
- 42.- Teuscher H., R. Alder, 1965.- El suelo y su fertilidad, -- C.E.C.S.A., p. 320-326.
- 43.- Thompson, L.M., 1965.- El suelo y su fertilidad, editada por Reverté. p. 75-90.
- 44.- 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, SCA.R.H., Chapingo, México, p. 19,22.
- 45.- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de suelos y -- fertilizantes. Traducido del inglés por J. Balasch y C. Piña. U.T.E.H.A. Barcelona, España, p. 146-170.
- 46.- Treviño O., J.A. 1980.- Prueba de diferentes niveles de -- compost, en el cultivo de trigo de la hacienda -- "San Isidro", Mpio. de Ramones, N.L., F.A.U.A.N.L.
- 47.- Villarreal A., J.M. 1979. Respuesta del maíz y frijol a -- la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en suelos de Cd. Serdán, Pue-- bla, bajo condiciones de campo y de invernadero.- Tesis de maestría.- Colegio de Postgraduados, Cha-- pingo, México, p. 212, 176-184.
- 48.- Volke, H.V., 1984. Mezcla de abono orgánico con superfosfa-- to simple y sus efectos sobre el rendimiento de -- festuca orundinacea, var. alta (schreb) en suelos calcáreos con problemas de abastecimiento de fós-- foro. Tesis de maestría, colegio de postgraduados, Chapingo, México, p. 195.
- 49.- Wagnet, R.J., R.W. Willer, 1985. El nitrógeno del suelo. Re-- vista Agricultura de las Américas, p. 16/18.
- 50.- Zárate, G.P. 1980. Apuntes del curso métodos Estadísti-- cos en el centro de estadística y cálculo. Cole-- gio de postgraduados, Chapingo, México.

