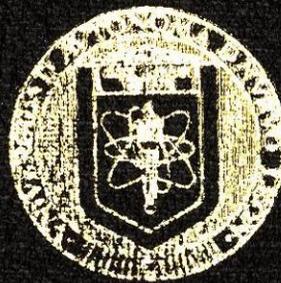


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



CONSIDERACIONES SOBRE LA MATERIA
ORGANICA EN LOS SUELOS
TROPICALES

SEMINARIO
(OPCION II - A)
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

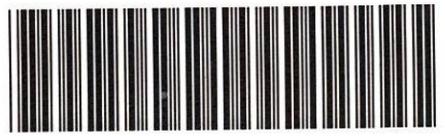
ENRIQUE CAVAZOS ARIZPE

ASESOR DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1986

17
3503
C39
e.1



1080061098

BIBLIOTECA Agronomía *Carla N. de*

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



CONSIDERACIONES SOBRE LA MATERIA ORGANICA EN LOS
SUELOS TROPICALES

SEMINARIO
(OPCION II - A)
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

ENRIQUE CAVAZOS ARIZPE
ASESOR DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO

MARIN, N.L.

FEBRERO DE 1986

01326 *Rji*

T
S633
C39



Biblioteca Central
Maza Solidaridad

T. Tesis



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.631

F12

1986

C.1

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	2
Importancia de la materia orgánica del suelo	2
La estructura del suelo y la materia orgánica	3
Contenido de materia orgánica en los suelos trópic- ales	4
Contenido de materia orgánica en el perfil del suelo	8
Fuentes de materia orgánica en el suelo	11
Ciclo de la materia orgánica en el suelo	11
Factores que determinan el contenido de materia or- gánica de los suelos	12
Variaciones y correlaciones de la materia orgánica y el nitrógeno del suelo	17
Caracterización de la materia orgánica de los suelos	19
Naturaleza y características del humus comparadas - con las arcillas silíceas	20
Origen de las cargas negativas de los coloides	25
Procesos de descomposición de la materia orgánica .	25
Conservación de la materia orgánica del suelo en -- regiones húmedas	37
Conservación de la materia orgánica del suelo en -- regiones semiáridas y áridas	39
Leguminosas recomendadas para incrementar la mater- ia orgánica del suelo	46
MATERIALES Y METODOS	48
RESULTADOS	56
DISCUSION	59
CONCLUSIONES.....	61

	II
RESUMEN	62
BIBLIOGRAFIA	65
APENDICE	67

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

III

Tabla #	Pag. #
1.- Clasificación de diferentes niveles de materia orgánica y carbono para algunos cultivos perennes tropicales como el cacao	5
2.- Contenido de materia orgánica de los suelos Filipinos	7
3.- Clasificación usada comunmente para juzgar el contenido de materia orgánica en los suelos minerales o inorganicos	9
4.- Contribución de los complejos organominerales en la materia orgánica	15
5.- Relaciones entre textura del suelo y los contenidos aproximados de materia orgánica de cierto número de suelos de California del Norte E.U.A..	18
6.- Contenidos de materia orgánica y de nitrógeno de terrenos con suelos no fertilizados de Wooster, Ohio, después de ser cultivados de varias maneras durante 32 años	40
7.- Valores de coeficientes utilizados en nuestro medio para el calculo de humificación	42
8.- Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en excretas de diferentes animales	44
9.- Promedio de temperaturas mensual y anual en grados centigrados	48
10.- Promedio de lluvia mensual y anual en mm en la zona de Tuxtepec	51
11.- Concentración de datos de porcentaje de materia orgánica en 3 lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con cuatro sitios de muestreo	67
12.- Análisis de varianza para el contenido de materia orgánica	68
13.- Concentración de datos del porcentaje de arcilla en 3 lotes, cultivados y sin cultivar, a dos profundidades con 4 sitios de muestreo.	69

Tabla #	Pag. #
14.- Análisis de varianza para el contenido de arcilla	70
15.- Concentración de datos de C.I.C. en meq. por -- 100 de suelo en 3 lotes, cultivados y sin culti- var, a dos profundidades con 4 sitios de mue- streo	71
16.- Análisis de varianza para C.I.C.	72
17.- Concentración de datos de pH en tres lotes, cu- ltivados y sin cultivo, a dos profundidades con cuatro sitios de muestreo.....	74
18.- Análisis de varianza para el pH del suelo	75
19.- Concentración de datos de densidad aparente del suelo, en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos prcfundidades con 4 sitios de muestreo...	76
20.- Análisis de varianza para densidad aparente....	77
21.- Concentración de datos de conductividad eléctri- ca en mmhos / cm, en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con 4 sitios - de muestreo	78
22.- Análisis de varianza para conductividad eléctri- ca	79
23.- Concentración de datos de porcentaje de limo en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos pro- fundidades con cuatro sitios muestreo	81
24.- Concentración de datos de color de suelo en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundida- des con cuatro sitios de muestreo.	

FIGURAS

V

Fig. #	Pag. #
1.- Influencia de agregación del suelo por aserrín, estiércol de vaca, heno de alfalfa y paja de trigo en un suelo de migajon incubados por 200 días	4
2.- Distribución de algunos suelos de América Central en función de su contenido de materia orgánica	6
3.- Distribución de algunos suelos de los trópicos bajos del Brasil en función de su contenido de materia orgánica	6
4.- Pérdida de materia orgánica y nitrógeno en los suelos de climas de latitudes medias, en suelos virgen y después cultivados	8
5.- Distribución de la materia orgánica en los suelos	10
6.- Ciclo de la materia orgánica en los suelos	13
7.- Contenido de materia orgánica en los suelos ...	18
8.- Representación de una micela de humus en su capacidad de intercambio con todas las bases	22
9.- Ecuación que muestra el potasio adsorbido, en cuya condición se manifiesta como fácilmente asimilable por las plantas superiores	23
10.- Fraccionamiento del humus.....	24
11.- Relación cíclica entre el estado de descomposición de residuos orgánicos y presencia del nitrógeno del suelo	30
12.- Relación entre la proporción N:C del material vegetal y el nitrógeno disponible después de su incorporación al suelo	33
13.- Ganancia o pérdida de materia orgánica del suelo en diferentes sistemas de cultivo.....	38
14.- Pérdidas de materia orgánica del suelo durante un periodo de ocho años bajo sistemas diferentes	

Fig. #	VI Pag. #
de cultivo en Dakota de Sur.....	41
15.- Curvas de temperatura media anual para la región de Tuxtepec.....	49
16.- Curvas de precipitación media anual para la región de Tuxtepec	50
17.- Lote con parcelas cultivadas y sin cultivo aproximadamente de 1 hectárea cada una y sus sitios de muestreo donde cada muestra representa la media de 6 pozos.....	54
18.- Sitio de muestreo de 4.0 X 4.0 mts donde se tomaron 6 muestras de suelo y subsuelo para formar la muestra compuesta	55
19.- Comparación de medias para materia orgánica entre lotes ordenados por su magnitud, La prueba usada fue D.M.S., las líneas indican que los tratamientos unidos por estas son estadísticamente iguales	68
20.- Comparación de medias con prueba D.M.S. para contenido de arcilla entre lotes ordenados por su magnitud, las líneas indican que los tratamientos son estadísticamente iguales.....	70
21.- Comparación de medias con la prueba D.M.S. para capacidad de intercambio de cationes en meq., -- entre lotes ordenados por su magnitud, las líneas indican que los tratamientos unidos por estas son estadísticamente iguales	72
22.- Comparación de medias con la prueba D.M.S. para capacidad de intercambio catiónico en meq. en la interacción lote X cultivo o sin cultivo, ordenados por su magnitud, la línea a un lado indica que son estadísticamente iguales.....	73
23.- Comparación de medias con la prueba D.M.S. para pH en la interacción lotes X suelo o subsuelo -- ordenados por su magnitud, la línea a un lado -- indica que son estadísticamente iguales	75

Fig.
#

- 24.- Comparación de medias con la prueba D.M.S. para conductividad eléctrica en la interacción lotes X cultivado o sin cultivo X suelo o subsuelo ordenados por su magnitud, la línea a un lado indica que son estadísticamente iguales 80

INTRODUCCION.

Nuestro país tiene cerca de 200 millones de hectáreas pero sólo un 12% se clasifican como laborables, quedando - el resto como sigue: 38% pastizales, 10% bosques, 11% incultas y 29% sin capacidad de uso agropecuario o forestal; es decir sólo el 71% del territorio es considerado para uso agropecuario según censos de 1971. Unicamente el 31% -- del territorio nacional recibe más de 800 mm. de precipitación media anual. El 70% restante es árido y semiárido y - sujeto a la desertificación, aún no cuantificado (10). Esto nos obliga a manejar mejor nuestros suelos como mantener + mejor la fertilidad y evitar la erosión, etc...

Si mantenemos el nivel de fertilidad ó lo aumentamos, se mantendrá estable la productividad o aumentará. Esto se puede obtener mediante la continua incorporación de materia orgánica. Un descenso del contenido de materia orgánica del 30 al 40% es peligroso y no debe sobrepasarse. En una explotación de este tipo si continúa, puede resultar un descenso en las cosechas, de aquí la importancia de man tener la materia orgánica del suelo por encima de un cierto nivel.

Por lo anterior se hace necesario aplicar abonos orgánicos, pero no siempre nos van a dar los efectos deseados debido a diferentes factores, los cuales se hace necesario estudiar para tener un buen efecto de cualquier abono orgánico.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el comportamiento de la metria orgánica del suelo en zonas tropicales considerando los diferentes materiales que ayudan al incremento de la materia orgánica en la zona, y así conocer los niveles de materia orgánica que se aportan al suelo.

REVISION DE LITERATURA

Los residuos orgánicos en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua. Según Ortiz V. (12). La escorrentía y la erosión se reducen, habiendo mayor cantidad de agua aprovechable, donde la descomposición de la materia orgánica produce sustancias aglutinantes microbianas que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo. Las raíces de las plantas al descomponerse dejan conductos a 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. Y también la materia orgánica suministra alimento para los organismos del suelo. Los residuos orgánicos para la superficie del suelo reducen las pérdidas del suelo debidas a la erosión eólica. Las pérdidas de agua por evaporización son menores cuando se dispone de cubiertas de residuos orgánicos en el suelo y además bajan la temperatura del suelo en el verano y lo conservan más caliente en el invierno. La descomposición de la materia orgánica produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Un suelo con alto contenido de materia orgánica tiene mayor capacidad de agua aprovechable para las plantas que el mismo tipo de suelo con menos materia orgánica. Ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos atenuando los cambios químicos rápidos cuando se agregan los fertilizantes y/o la caliza. Los ácidos orgánicos liberados durante la descomposición de la materia orgánica ayudan a disolver minerales y a hacerlos más accesibles para el desarrollo de las plantas. El humus constituye un almacén para los cationes intercambiables y aprovechables: K, Ca, Mg. Temporalmente el humus también retiene al amonio en forma intercambiable y aprovechable. La materia orgánica tiene la función especial de hacer al fósforo más aprovechable en los suelos ácidos. Al descomponerse, la materia orgánica libera citratos, oxalatos, tartratos y lactatos, los cuales se combinan más fácilmente con el fie-

rro y el aluminio que con el fósforo. El resultado es la -- formación de menos fierro soluble y fosfato de aluminio y -- la disponibilidad de más fósforo. Tamhane (17).

Los ácidos orgánicos liberados de la materia orgánica en descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los -- suelos. Buckman (2) habla sobre el efecto en el color del suelo, marrón o negro.

Influencias sobre las propiedades físicas del suelo:

- a) Granulación aumentada.
- b) Plasticidad y cohesión reducidas.

Alta capacidad de adsorción de cationes:

- a) Dos o tres veces superior a la de minerales coloidales.
- b) Cantidades del 30 al 90% del poder adsorbente de los suelos minerales.

Abastecimiento y asimilación de nutrientes:

- a) Extracción de elementos de minerales por los ácidos húmicos.
- b) Fácil reemplazamiento de cationes presentes.
- c) Nitrógeno, fosforo y azufre mantenidos en formas orgánicas.

La estructura del suelo y la materia orgánica.

Según León (10) en los suelos tropicales un buen contenido de materia orgánica, usualmente da origen a un suelo de estructura grumosa de moderada a fuerte estabilidad, la cual es difícil de mantener bajo cultivo. Una vez que la cubierta de un bosque o de una sábana es removida, el impacto de las gotas de lluvia de alta intensidad rompe los agregados superficiales.

Tamhane (17) dice que cuando se descompone la materia orgánica se liberan ciertas sustancias similares a la goma que tienden a crear más agregados estables al agua en el -- suelo.

En la figura 1 se presenta la influencia de agregación del aserrín, del estiércol de vaca, del heno de alfalfa y de la paja de trigo. Estos materiales se incubaron en un suelo migajoso durante un período de 200 días, se midió su capacidad para estabilizar agregados del suelo mayores de 50 micrones de diámetro.

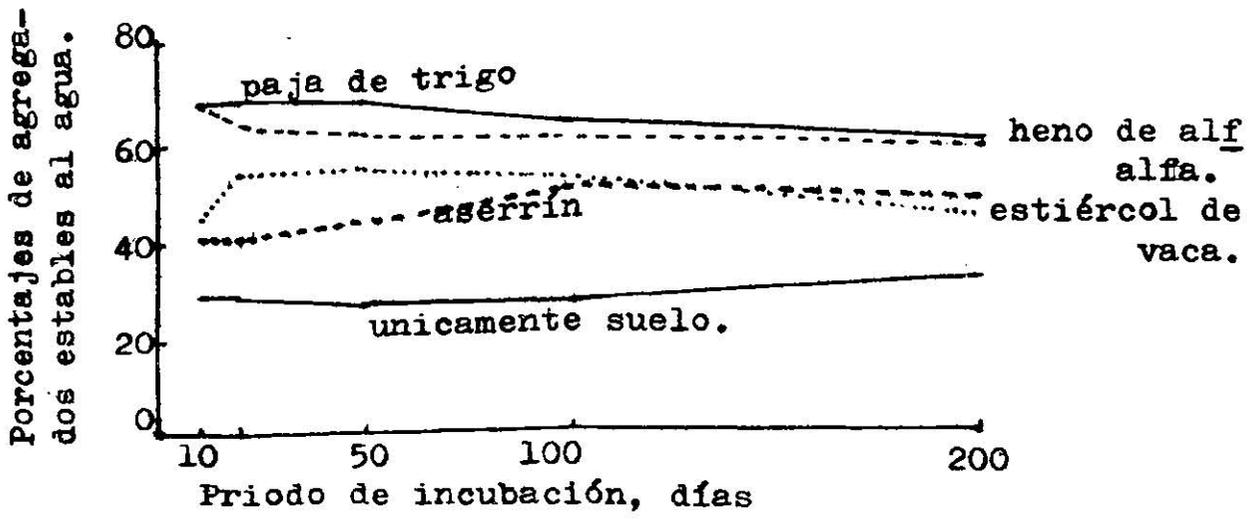


Fig. 1 Influencia de agregación del suelo por aserrín, estiércol de vaca, heno de alfalfa y paja de trigo en un suelo de migajon incubados por 200 días. Tamhane (17).

La paja de trigo fué la más eficaz en la agregación del suelo; a continuación vino la alfalfa, el estiércol de vaca y el aserrín.

Contenido de materia orgánica en los suelos tropicales.

Según Fassbender (6) el contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable, alcanza desde trazas en los suelos desérticos hasta un 90- 95 % en los turbosos. Los horizontes A de los suelos explotados agrícolamente presentan por lo general valores entre 0.1 y 10.0% de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el

perfil del suelo. Los suelos se pueden clasificar de acuerdo a su contenido en materia orgánica y a las necesidades de un determinado cultivo (Ver tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de diferentes niveles de materia orgánica (M.O.) y carbono (C) en el suelo para algunos cultivos perenes tropicales como el cacao. Fuente Fassbender (6).

CLASIFICACION	%M.O.		%C.
Bajos en M.O.	menos de 2.0% M.O.	ó	menos de 1.15
Medios	2.1 - 4.0%	ó	1.2 - 2.3%
Altos	4.1 - 10.0%	ó	2.4 - 5.8%
Muy altos	más de 10.0%	ó	más de 5.8%

En las figuras 2 y 3 se presentan resultados obtenidos en América latina, también se puede observar la frecuencia de los suelos para los ámbitos del contenido de materia orgánica en intervalos de 0.5% de carbono (C). Se analizaron 167 muestras del horizonte Ah de los suelos de América Central y se encontró un ámbito total entre 0.4 y 12.2% carbono con un promedio de 2.96% carbono, un 57% de las muestras presentó un contenido de carbono entre 1.0 y 2.5%, cerca -- del 10.0% contenía menos de 1.0% carbono y el 14.0% indico valores de más de 5.0% de carbono. En el estudio presentado en la figura 3 se consideran datos de 91 muestras de los -- trópicos bajos del Brasil; se observan que cerca del 50% de las muestras presentan valores entre 0.5 y 2.0% carbono y -- que un 10.0% sobrepasa el 4.0% carbono y que el 5% presenta valores comprendidos menores de 0.5% carbono. En las mues--

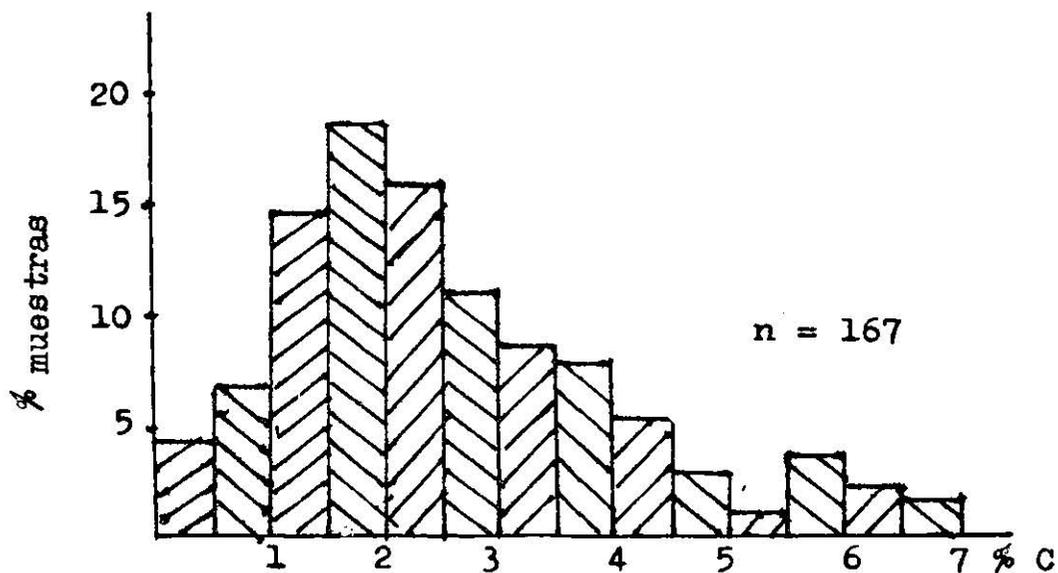


Figura 2. Distribución de algunos suelos de América Central en función de su contenido de materia orgánica. Fuente: Fassbender (6).

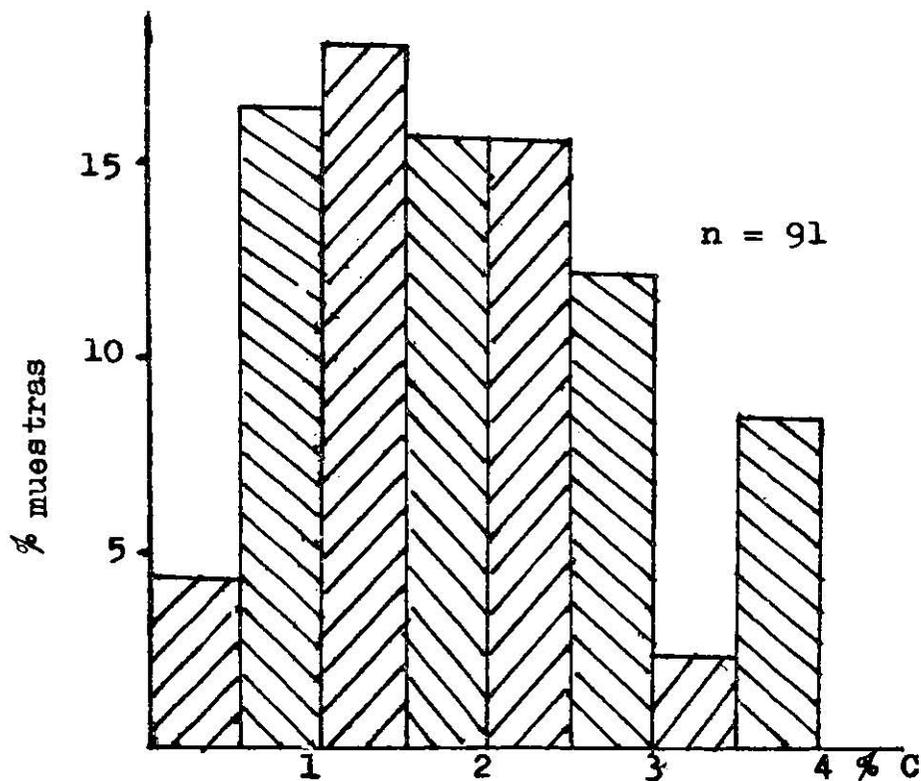


Figura 3. Distribución de algunos suelos de los trópicos bajos del Brasil en función de su contenido de materia orgánica. Fuente: Fassbender (6).

tras de América Central, se han incluido en una gran parte, andosoles que se caracterizan por un horizonte húmico muy -- diferenciado.

Fassbender (6) cita a Nye y Geenland sobre explotación rotativa en los trópicos donde se evaluó la información disponible sobre el carbono y nitrógeno en los suelos tropicales especialmente de Africa y Asia, el encuentro para latosoles (Oxisoles) de diferentes países, valores promedio del -- contenido de carbono entre 1.35 y 4.1% con un promedio de -- 1.85% bajo el trópico húmedo perenifolio y para suelos de sa banas encontraron valores promedios entre 0.23 y 1.36% carbono con un promedio de 0.83% carbono. Esto significa que los valores encontrados en otras regiones tropicales son compa-- rables a las del continente latinoamericano.

Tamhane (17) reporta: la materia orgánica del suelo que se determino en 350 suelos superficiales de 0 a 15.2 cm, en lugares de Luzón, Visayas, Mindanao, Filipinas, donde los re sultados fueron los siguientes (Tabla 2):

Tabla2. Contenido de M.O. en los suelos Filipinos. Fuente: Tamhane (17).

Orden de % M.O.	%de muestras en c/orden.
Menos de 1.0%	4.9%
1.1 - 1.5%	8.0%
1.6 - 2.0%	20.9%
2.1 - 2.5%	16.6%
2.6 - 3.0%	15.4%
3.1 - 3.5%	8.9%
3.6 - 4.0%	6.6%
Más de 4.0%	18.9%

En la tabla anterior se observo que el porcentaje más frecuente de materia orgánica es de 2.0% aproximadamente.

Contenido de materia orgánica en el perfil del suelo.

Ortiz V. (12) dice que el suelo mineral superficial o capa arable puede contener desde trazas a 15 ó 20% de materia orgánica. Como es de esperarse el contenido de materia orgánica es generalmente mucho más bajo en el subsuelo que en los horizontes superficiales o capa arable, debido a que la mayoría de los residuos orgánicos tanto en los suelos cultivados como en vírgenes están incorporados o depositados en la superficie, (ver Fig. 4).

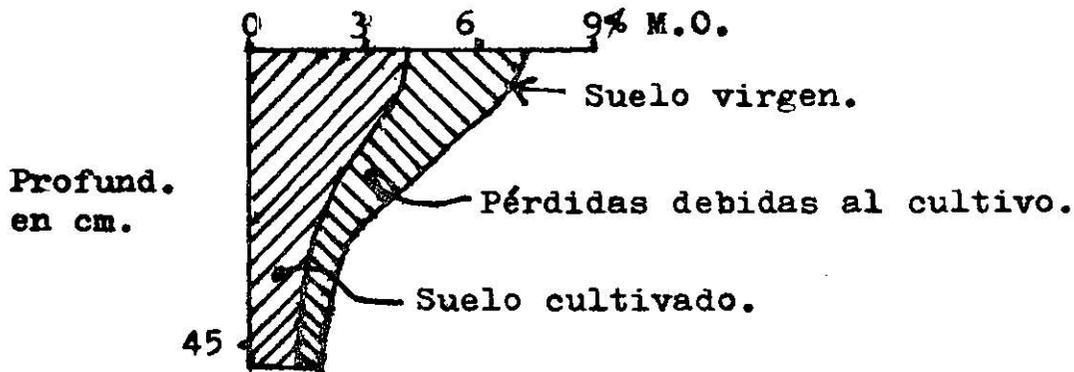


Figura 4. Pérdida de M.O. y N. (N X 20) en los suelos de climas de latitudes medias, en suelos virgen y después cultivados. Fuente: Ortiz V. (12).

Ortiz clasifica los suelos según su contenido de materia orgánica en la Tabla 3 .

La materia orgánica comunmente se determina por el método de combustión húmeda propuesto por Walkey y Black. El procedimiento se basa en la determinación de carbono orgánico multiplicando esta cifra obtenida por 1.724 .

Se estima que la materia humificada en los suelos contiene el promedio de 5 % de nitrógeno total y 58% de carbono, de donde resulta el cociente C/N = 11.6 : 1.0 y la relación C/M.O. = 1.0 : 1.724 . De igual manera la relación M.O./N es de 11.6 X 1.724 o alrededor de 20: 1 .

Tabla 3. Clasificación usada comunmente para juzgar el contenido de materia orgánica en los suelos minerales o inorgánicos.

NIVELES DE M.O.	INTERPRETACION.
Menos de 1.0%	Muy pobre.
1.0 a 2.0%	Pobre.
2.0 a 3.0%	Medio.
3.0 a 5.0%	Rico.
Más de 5.0%	Muy rico.

Buckman (2) da un ejemplo sobre el contenido de materia orgánica en los suelos de Ohio y Missouri, cultivados durante largos períodos comparados con sus equivalentes vírgenes, indican una reducción en el promedio de 35% respecto a su nitrógeno. Esto quiere decir un mayor o menor descenso proporcional en la materia orgánica total. (Ver Fig. 4). Un descenso del contenido de materia orgánica del 30 al 40% es peligroso y no debe sobrepasarse, porque puede al fin resultar un definitivo descenso en las cosechas.

Según Collins (3) hay una disminución continua de la cantidad total de M.O. con la profundidad, aunque haya un transporte constante de humus coloidal dispersado hacia la parte baja del perfil (ver Fig. 5). Esto se debe a que hay una descomposición continua en todas las profundidades, a

causa de los microorganismos y además a que parte de la fracción humus llega a asociarse fuertemente con la fracción mineral del suelo y no es capaz de desplazarse hacia la parte baja del perfil.

En algunos suelos llamados podsoles, y en menor extensión suelos podsólicos o similares, se acumula materia orgánica en una zona más profunda del perfil, tal como se indica en la curva B de la Figura 5. Esto indica una forma particular activa de transporte de la materia orgánica coloidal -- como consecuencia de las condiciones físicas y químicas del medio ambiente.

Buckman (2) clasifica los suelos según su contenido de materia orgánica en dos grupos: Los minerales y los orgánicos. Los suelos cuyo contenido de materia orgánica va del 20 al 25% hasta en algunos casos, del 90 al 95% se llaman suelos orgánicos.

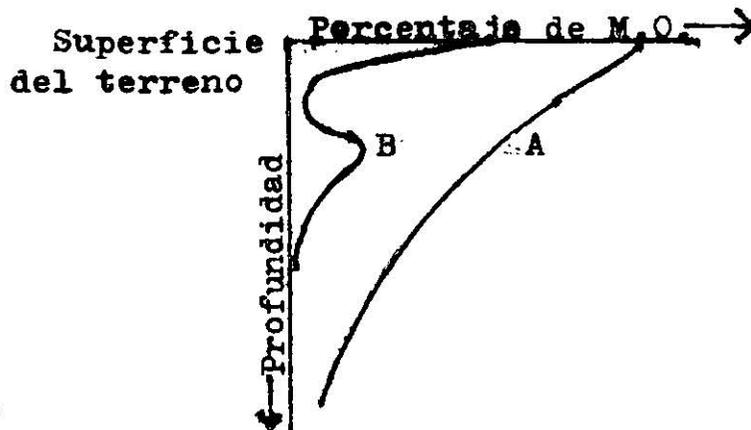


Figura 5. Distribución de la materia orgánica en los suelos. (A) es un suelo típico cultivado. (B) es un podsol
Fuente: Collins (3).

Fuentes de materia orgánica del suelo.

La fuente originaria de la materia orgánica es el tejido vegetal Buckman (2). Bajo las condiciones naturales las partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos, hierbas y -- otras plantas naturales proveen anualmente de grandes cantidades de residuos orgánicos. Una buena proporción de plantas son extraídas comunmente de los suelos cultivados, pero parte de sus tallos y hojas y todas sus raíces son abandonadas en el suelo. Como estos materiales son descompuestos, digeridos por los organismos del suelo de muchas clases, llegan a constituir una parte de los horizontes subyacentes, por -- infiltración o incorporación física.

Los animales son considerados como fuentes secundarias de la materia orgánica del suelo. Algunas formas de vida animal, especialmente las lombrices, cienpies y hormigas juegan también un importante papel en la mudanza de residuos vegetales.

Ciclo de la materia orgánica en el suelo.

Según Ortega (11) el término materia orgánica de un suelo incluye todos aquellos materiales de origen vegetal o -- animal que se encuentran en diferentes estados de descomposición en el suelo. Es indudable que si parte de estos materiales vegetales no sufren en su totalidad descomposición hasta la producción de bióxido de carbono y agua, los componentes resultantes de esta descomposición parcial se acumularán en el suelo e impartirán a él un color característico.

El comportamiento de la materia orgánica en el suelo se presenta en la Figura 6 . Este ciclo de la materia orgánica

del suelo es un proceso rápido o lento dependiendo de diferentes factores ambientales los cuales vamos a estudiar.

Factores que determinan el contenido de materia orgánica de los suelos.

Jenny citado por Fassbender (6) indica que los contenidos de materia orgánica y nitrógeno de los suelos los determinan, en primera instancia el clima y la vegetación y que los afectan factores locales como el relieve, el material parental, el tipo y la duración de la explotación de los suelos y de sus características químicas, físicas y microbiológicas.

Algunas funciones climatológicas sobre el contenido de carbono y nitrógeno encontradas por diferentes autores en zonas tropicales, halló una relación inversa entre la materia orgánica, el nitrógeno, y la temperatura, es decir, que al aumentar la temperatura decreció el contenido de materia orgánica y nitrógeno de los suelos; en forma complementaria se puede esperar que existe un aumento del contenido de la materia orgánica con la altura.

Para las condiciones de Colombia se encontraron que al aumentar la temperatura promedio anual en 5.03°C se reduce el contenido de carbono a la mitad, y al disminuir ésta en los mismos 5.03°C se duplica el contenido de carbono. Las temperaturas medias promedio para California, E.U.A. son 14.6°C , lo que implica una menor susceptibilidad de la materia orgánica de la región templada a cambios de temperatura.

Entre los factores locales que influyen el contenido de materia orgánica de los suelos de áreas tropicales hay que considerar el relieve, la exposición e inclinación de los --

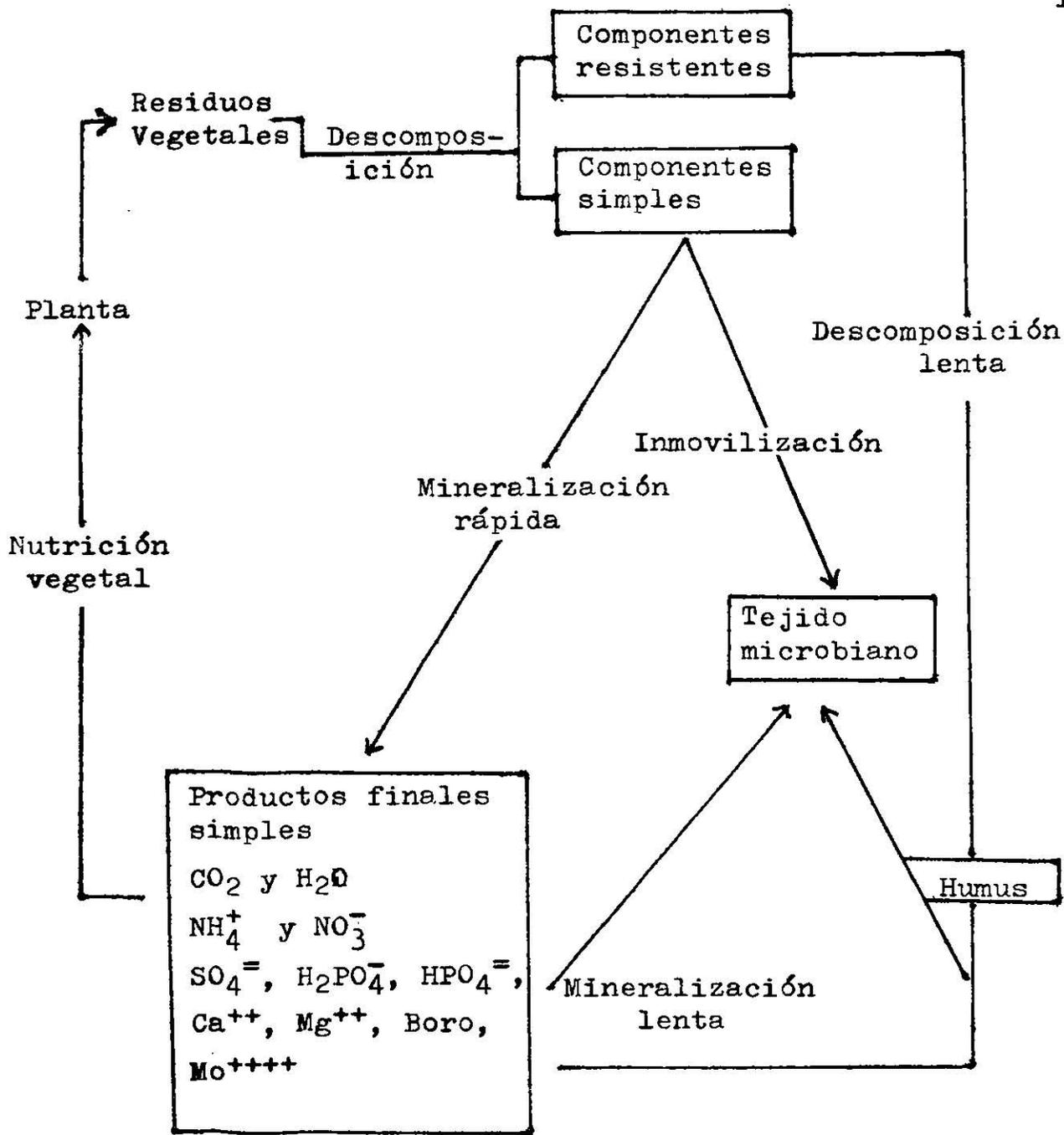


Figura 6 Ciclo de la materia orgánica en los suelos. Fuente: Ortega (11).

suelos que influyen por un lado en el microclima y determina también, en parte, el grado de erodabilidad de los suelos. - Como efecto de la erosión se depositan en el fondo de los -- valles las capas superficiales de los suelos de zonas altas que provocan un aumento en el contenido de carbono en ellos y una disminución en las cimas de las colinas.

Fassbender (6) por otro lado considera el material parental de los suelos que tiene un efecto indirecto sobre el - contenido de carbono. Rocas ricas en minerales y elementos - nutritivos, como las cenizas volcánicas, permiten el desarrollo de una vegetación exuberante con alta producción de restos vegetales con un resultado de grandes contenidos de materia orgánica. En sedimentos meteorizados y translocados -- que son pobres en elementos nutritivos, especialmente Ca, Mg y K, se desarrollan formaciones vegetales esporádicas que im plican contenidos bajos de carbono. Un papel similar corresponde a la edad o grado de desarrollo de los suelos; en los sustratos recientes se tienen generalmente buenas reservas - de elementos nutritivos con buen desarrollo vegetal y alto - contenido de materia orgánica, mientras que con el avance -- del grado de evolución de los suelos se observa en ellos, -- por lo general, una disminución del contenido de materia orgánica.

Entre las características intrínsecas de los suelos hay que considerar especialmente el contenido y el tipo de arcillas y su reacción. Es de esperar que al aumentar el contenido de minerales arcillosos de los suelos se obtenga un efe cto de estabilización de la materia orgánica y un aumento en su contenido. Esta mezcla no solo es mecánica sino que a --- través de interacciones entre ambas fracciones resultan --

enlaces químicos que contribuyen a una gran estabilidad de los complejos formados. Según datos publicados por Geenland citado por Fassbender (6) entre el 50 % y el 95 % de la materia orgánica se presenta en complejos organominerales. como se ve en la Tabla 4 .

Tabla 4. Contribución de los complejos organominerales en la materia orgánica. Fuente: Geenland (6).

Suelo	Método de separación.	% de C total.	% de materia orgánica en complejos organominerales.
Rendzina	Sedimentación en benceno-bromo-fenol.		66.5
Podsol	Sedimentación en solución Toulet.	1.6	89.6
Chernozem		4.4	85.1
Rendzina	Flotación	5.8	54.3
Suelo pardo de estepa		3.2	68.1
Limo rojo	Disperción ultrasonica y sedimentación	2.2	71.5
Rendzina		5.8	88.4
Latosol		1.7	97.8
Solonets salino		1.0	76.4
Suelo pardo salino		0.6	51.6

La formación en el suelo de los complejos organominerales es mayor cuando es mayor la actividad microbiana y la mineralización en el mismo; así se producen continuamente radicales que participan en la síntesis de complejos.

Se ha demostrado enlaces de minerales arcillosos con moléculas de alcoholes, azúcares, aminoácidos, aminos, proteínas, enzimas, así como de compuestos aromáticos simples como el fenol. También sustancias húmicas de diferente grado de polimerización reaccionan con las arcillas y óxidos del su-

elo .

La estabilidad de los complejos organominerales depende primero del tipo de enlace entre las fracciones. Se puede diferenciar entre: 1) enlaces químicos del tipo iónico, 2) enlaces dipolares por efecto de las fuerzas van der Waals, 3) -enlaces coordinativos de H de los que resultan complejos inestables.

La importancia de los complejos organominerales radica en la estabilización producida en la materia orgánica; los -productos de mineralización de los restos vegetales y animales y los productos del proceso de humificación no son susc_eptibles a otros cambios por ataque de microorganismos .

La reacción del suelo influye igual en el contenido de materia orgánica. Por lo general se ha encontrado que en los suelos ácidos, a valores de pH menores que 5.0, se produce -una acumulación de la materia orgánica que se debe a diferentes razones: Por un lado, el pH influye en el contenido y -composición de los microorganismos del suelo; bajo condiciones ácidas se limita la acción bacteriana y de la macroflora y se favorece la reproducción de hongos, resultando una menor eficiencia en la mineralización y humificación con la con_sedente acumulación de la materia orgánica; por otro lado, la reacción del suelo determina la saturación del complejo -de intercambio de los suelos; bajo condiciones ácidas aumenta el "Al" cambiante que tiene un efecto estabilizante de --los complejos organominerales y también se producen deficiencias de "Ca y Mg" para los microorganismos llevando igualmente una acumulación de carbono.

Variaciones y correlaciones de la materia orgánica y el nitrógeno del suelo.

Buckman (2) nos habla de dos grupos que influyen en estas variaciones y correlaciones, siendo: A) la influencia -- del clima y B) el efecto de la textura, drenaje y otros factores.

La influencia del clima.

Pasando desde un clima más calido a otro más frío, la materia orgánica y el nitrógeno de los suelos comparables -- tienden a aumentar. Al mismo tiempo, la razón C:N aumenta en algo. La descomposición de la materia orgánica se acelera en climas cálidos, mientras que en los fríos la regla es una -- pérdida más lenta. En zonas de condiciones de humedad uniforme y de vegetación semejante, el promedio de materia orgánica total y de nitrógeno aumenta unas dos o tres veces por -- cada 10.0°C de disminución de temperatura, según el promedio anual de la misma.

en cuanto a humedad efectiva en general, bajo condiciones comparables, el nitrógeno y la materia orgánica aumentan a medida que es mayor la humedad efectiva del suelo. Al mismo tiempo la razón C:N resulta más alta. Esto es especialmente para tierras de pastizales.

La textura del suelo siendo constantes los otros factores, parece influir sobre el porcentaje de humus y de nitrógeno presentes. Un suelo arenoso, lleva por lo general menos materia orgánica y nitrógeno que otro de textura fina. Esto es debido probablemente al menor contenido de humedad y a la más rápida oxidación que existe en los suelos ligeros. También la adición natural de residuos, por lo general es menor en los suelos ligeros. Para ejemplo tenemos la Tabla 5.

Tabla 5. Relaciones entre la textura del suelo y los contenidos aproximados de materia orgánica de cierto número de suelos de California del Norte E.U.A. Fuente Buckman (2).

Tipo de suelo	No. de suelos	% de materia orgánica	
		Capa arable	subsuelo
Arenas de Cecil	15	0.80	0.50
Limos arcillosos de Cecil.	10	1.32	0.56
Arcillas de Cecil.	27	1.46	0.64

Por otra parte, los suelos pobremente drenados a causa de sus altas cifras de humedad y relativa pobre aireación -- son casi siempre mucho más ricos en materia orgánica y nitrógeno que sus equivalentes mejor drenados. Por ejemplo, -- los suelos que yacen a lo largo de los arroyos son a menudo más ricos en materia orgánica. Esto es debido en parte a su pobre drenaje, así como al lavado que reciben de sus tierras cercanas más altas. (Ver Fig. 7).

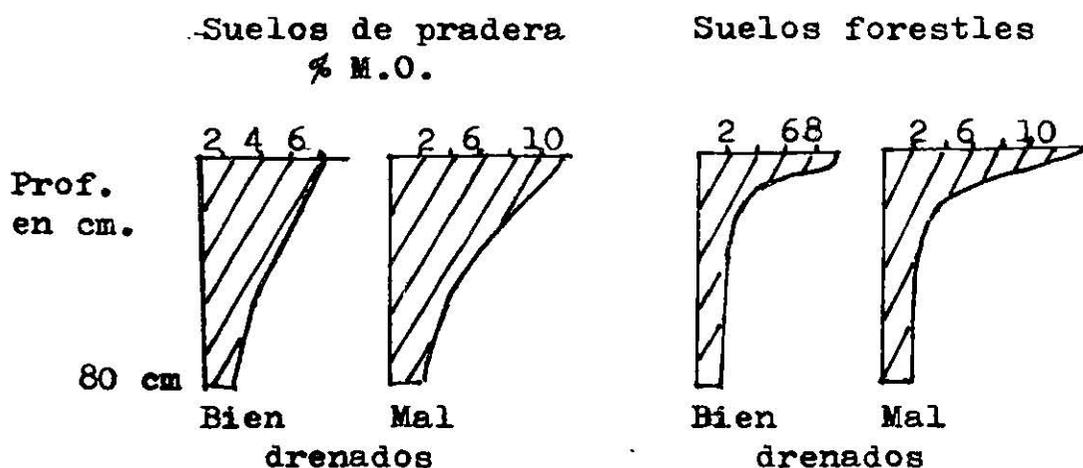


Figura 7. Contenido de materia orgánica en los suelos. La consecuencia de un drenaje pobre es un alto contenido de materia orgánica, en especial en el horizonte superficial. Fuente: Ortiz (12).

Normalmente, un cambio muy marcado sucede cuando un suelo virgen, ya sea un bosque o pradera, empieza a ser cultivado. Se establecen gradualmente nuevos y más bajos niveles de materia orgánica y nitrógeno. Ver Figura 4. No es sorprendente por lo tanto, hallar tierra cultivada con cifras mucho más bajas en materia orgánica y nitrógeno, de un 30 a un 60% menos que su equivalente de suelo virgen.

Caracterización de la materia orgánica de los suelos.

Collins (3) divide a la materia orgánica en diferentes fracciones. En una de estas fracciones de la materia orgánica es reconocible como procedente de determinadas plantas y a veces se le llama "materia orgánica no descompuesta", por ejemplo las hojas que se acumulan en el suelo de los bosques. La segunda fracción principal de materia orgánica es la coloidal y se forma por descomposición de la fracción visible o ligera. Es imposible determinar el origen de este material mediante un examen microscópico. Esta es la fracción humus y se encuentra en todas las profundidades del perfil del suelo, aunque la mayor concentración está cerca de la superficie del suelo.

Fassbender(6) dice que la materia orgánica está constituida por compuestos de origen biológico que se presentan en el suelo. El edafón consiste en los organismos vivientes del --suelo o sea su flora y su fauna. El humus está compuesto por los restos postmortales vegetales y animales que se encuentran en el suelo y que están sometidos constantemente a procesos de descomposición, transformación y resíntesis; también se definen como aquellos componentes mineralizables que se acumulan en el suelo.

Los restos animales y vegetales que se depositan en el suelo son objeto de su degradación o descomposición hasta los componentes elementales de las proteínas, carbohidratos, y otros, en el proceso de la mineralización. Los productos resultantes pueden ser objeto de nuevos procesos de resíntesis y polimerización dando lugar a nuevos agregados químicos que reciben el nombre de ácidos húmicos, de características y propiedades específicas. Este proceso recibe el nombre de humificación.

Buckman (2) define al humus como un complejo, y mejor como una mezcla resistente de sustancias oscuras, amorfas y coloidales que se han modificado a partir de los tejidos originarios o han sido sintetizados por varios organismos del suelo. Según Ochse (13) todo el humus es materia orgánica, aun cuando no toda la materia orgánica es humus.

Naturaleza y características del humus comparadas con las arcillas silícias.

Buckman (2) propone que el humus es coloidal, pero a diferencia del coloide mineral del suelo es amorfo y no cristalino. No obstante, su superficie y su capacidad de adsorción exceden con mucho a las presentadas por cualquiera de las arcillas. La capacidad de intercambio de cationes de las arcillas silícias alcanza por lo general de 8 a 100 miliequivalentes por 100 gramos. Comparandolas con las capacidades de cambio para los humus bien desarrollados, de suelos minerales, en agudo contraste, éstas alcanzan cifras de 150 a 300 meq./ 100 gramos. En general, la presencia de 1.0% de humus en un suelo mineral bajo condiciones templado-húmedas, produce una capacidad de cambio de unas 2 meq. por 100 gram-

os de suelo. La cifra comparativa para las arcillas sólo llega a un valor medio de 0.5 meq./ 100 grs. de suelo.

Respecto al agua adsorbida, el contraste es del mismo orden. El total de humus sintetizado de un suelo mineral puede absorber de una atmosfera saturada unos 80 a 90% de agua. La arcilla puede adquirir posiblemente del 15 al 20% de agua.

Buckman (2) la baja plasticidad y cohesión del humus es un aspecto práctico importante. La persistencia de este constituyente en los suelos finamente texturados ayuda a aliviar las características estructurales desfavorables inducidas -- por grandes cantidades de arcillas. Esto es debido a un considerable aumento de la granulación que se ve aumentado de una manera marcada.

Otro caracter físico es el color dado a los suelos por el humus. Hay que observar el desarrollo definitivo del pigmento negro en el humus varía con el clima. En los suelos de Chernozem (tierra negra), que están en las regiones semiáridas del norte, con lluvia anual de 508 mm., el pigmento es oscuro y abundante. En las zonas templado-húmedas, la pigmentación es menos intensa, mientras que la coloración más pálida se da en el humus de los trópicos y semitrópicos. El color puede usarse siempre satisfactoriamente como una medida comparativa de la cantidad de materia orgánica presente en los suelos.

El humus del suelo como coloide, está organizado casi en igual forma que la arcilla. La lignina modificada, los poliuronidos, las proteínas arcillosas, y sin duda, otros constituyentes funcionan también como micelas complejas. Bajo condiciones ordinarias, éstas llevan innumerables cargas neg-

ativas. Pero en lugar de estar constituidos principalmente de " Si, O, Al y Fe como los cristales sílicos, las micelas húmicas están compuestas de C, H, O, N, S y P, así como otros elementos, las cargas negativas proceden de grupos -COOH y -OH indicados, de los cuales el H puede ser reemplazado -- por intercambio catiónico. El humus coloidal puede ser representado por la misma fórmula estructural usada para la arcilla (ver Fig. 8).

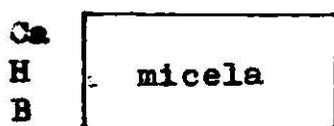


Figura 8. Representación de una micela de humus en su capacidad de intercambio con todas las bases. Fuente: Buckman (2).

Una característica importante del humus es la capacidad de este colóide cuando se satura con iones de H^+ para aumentar la asimilación de ciertas bases nutrientes, como el Ca, K, Mg. Parece que un humus -H, al igual que el caso de la arcilla -H, es el que actúa casi siempre como ácido -- ordinario y puede reaccionar con minerales del suelo en la forma requerida para extraer sus bases. El humus ácido tiene una rara capacidad de efectuar tal transferencia, por lo que en comparación, el ácido orgánico es fuerte. Una vez realizado el cambio, las bases así afectadas son liberadas en condición de absorción débil y son fácilmente asimilables por -- las plantas superiores. Para ilustrar se muestra la siguiente reacción:

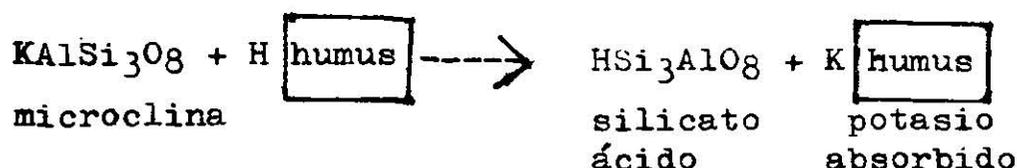


Figura 9.- Ecuación que muestra el potasio intercambiado del estado molecular al de adsorbido, en cuya condición se manifiesta como fácilmente asimilable por las plantas superiores. Fuente: Buckman (2).

Para Ortis (12) el humus consiste de tres principales grupos de compuestos orgánicos: Lignina modificada la cual es muy resistente a la descomposición microbiana; las proteínas que están protegidas por las ligninas y arcilla, y los poliurónidos que son sintetizados por los organismos del suelo.

El humus puede contener tanto como el 30% de poliurónidos, en suelos representativos los porcentajes de lignina y proteínas varían de 25 a 50%. El humus contiene aproximadamente el 5% de nitrógeno y el 60 % de carbono.

El fraccionamiento del humus se indica en la Figura 10 y consiste en separar el humus de los residuos vegetales insolubles en álcali y de la humina insoluble en NaOH diluido (2%) formando un sol coloidal. Partiendo de este sol de humus, la fracción húmica se presipita con ácido, dejando un sobrenadante amarillo pajizo, la fracción fúlvica.

León (10) habla de la importancia del humus y algunas de las principales funciones del humus son las siguientes:

- A) Amortigua el pH.
- B) Mejora la estructura facilitando la reacción y la aereación.
- C) Es un depósito de elementos químicos.

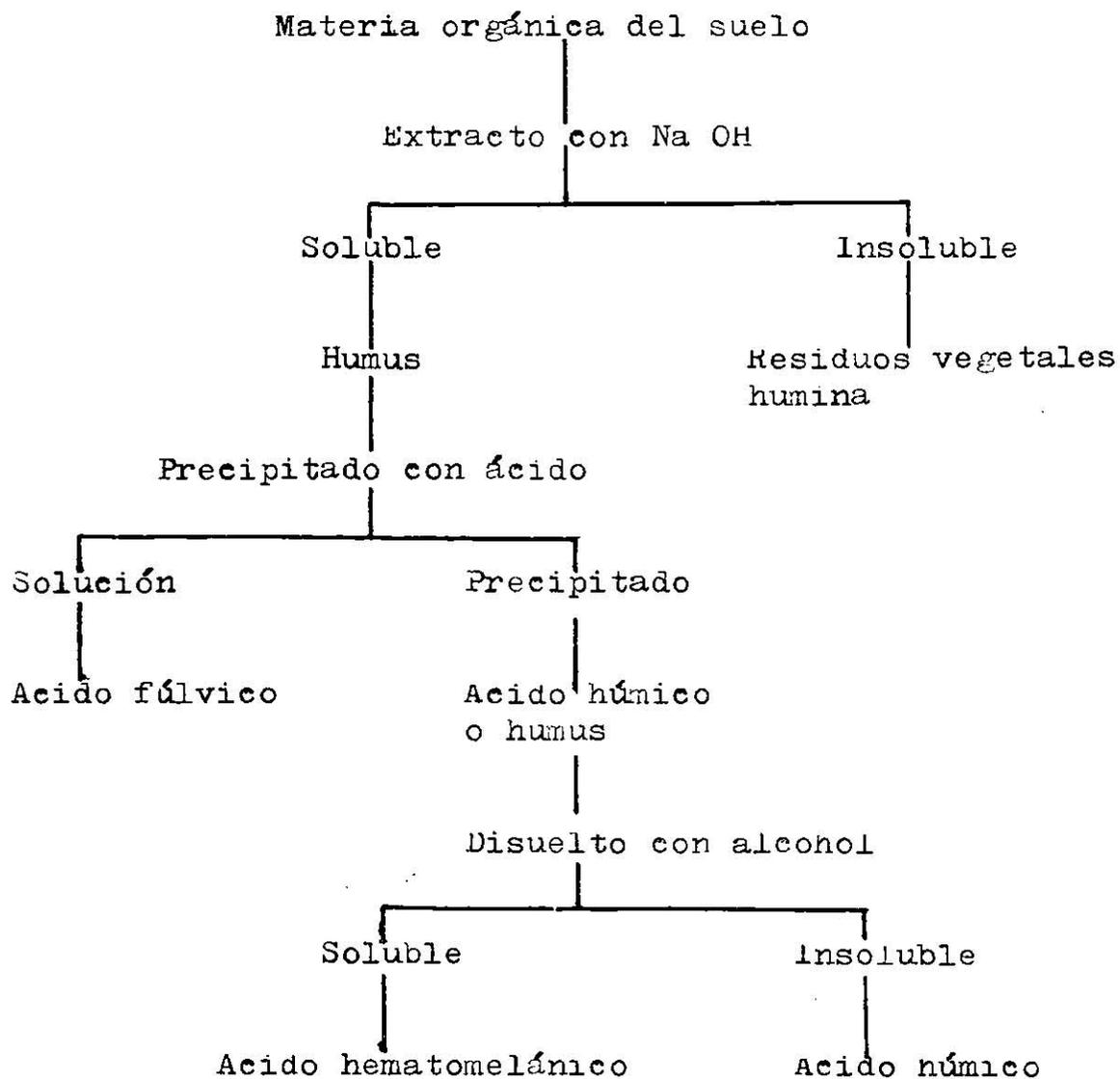


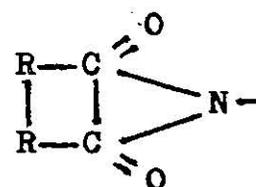
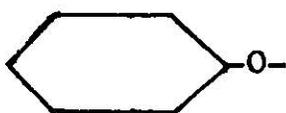
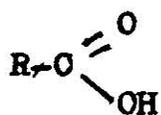
Figura 10 Fraccionamiento del humus. Fuente: Ortiz (12)

D) Es fuente de energía.

E) Ayuda a reducir los cambios de temperatura.

Origen de las cargas negativas de los coloides.

Ortiz V. (12) los coloides orgánicos usualmente contienen mayores cantidades de cargas negativas que parecen aumentar con la descomposición de la materia orgánica. Estas cargas electroquímicas pueden originarse de iones H^+ de los -- grupos carbóxico, fenólico e imídico, según las expresiones que se muestran:



Radical
Carbóxico

Radical
Fenólico

Radical
Imídico

La ionización de estos radicales es mayor en el grupo - carbóxico (54% de las cargas negativas), sigue el grupo fenólico (35%) y al final el radical imida (10%).

Anteriormente se dijo que las cargas aumentaban al descomponerse la materia orgánica, por lo que es importante conocer este proceso de descomposición desde que los residuos eran reconocibles hasta el estado de humus.

Según León (10) la descomposición se realiza fundamentalmente bajo dos procesos:

A) Humificación que es la síntesis de nuevos compuestos conocidos con el nombre de humus.

B) Mineralización que es su degradación a formas elementales como H_2O , CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , $PO_4^{=}$, SO_4^- , H_2S .

Ochse (13) habla sobre la descomposición de la materia

vegetal y formación de humus. Los tejidos vegetales contienen aproximadamente 75% o más de agua, el resto está constituido por azúcares, almidones, ligninas, grasas, células, hemicelulosas, compuestos pécticos, ácidos, pigmentos, ceras, resinas, aminoácidos, proteínas, alcaloides, ácidos nucleicos y minerales. Los materiales que caen sobre el suelo y las raíces del suelo, son rápidamente reducidos a fragmentos por termitas, hormigas y otros animales roedores, así como por los hongos y bacterias. En seguida los organismos del suelo atacan el material pulverizado y se inicia su descomposición química y biológica. Algunos factores que determinan la velocidad y grado de descomposición son: La relación carbono:nitrógeno, la cantidad de agua y la composición química del material vegetativo, las clases de organismos del suelo que se encuentran presentes y las condiciones del pH, temperatura y humedad del suelo. El orden general de descomposición es en primer lugar la remoción de sales solubles por la lluvia y el agua del suelo, en seguida la pérdida sucesiva de azúcares y almidones, hemicelulosas, células, proteínas, grasas y aceites, ceras, ligninas y finalmente cenizas. Los azúcares, almidones, células, hemicelulosas y pentosas, son más o menos descompuestas en forma intensa y se pierden, en tanto que las cantidades de proteínas y cenizas permanecen esencialmente constantes y la de lignina aumenta.

Bajo condiciones templadas, cuando se agregan materiales vegetales al suelo como en el caso de la incorporación de abonos verdes, se presenta un incremento notable en la evolución de bióxido de carbono (CO_2) dentro de unas cuantas semanas. Los almidones y azúcares son integralmente utilizados en aproximadamente 200 días y las células en 300. El con-

tenido inicial bajo en proteínas tiende a aumentar a medida que las hemicelulosas y celulosas disminuyen, sin embargo es alterado por liberación gradual de amonio y nitratos durante los últimos estados de descomposición de la celulosa.

Ortiz V.(12) indica, que materiales con relación C:N de 80:1 como la paja de trigo, se descomponen lentamente debido a que la paja contiene insuficiente nitrógeno para satisfacer los requerimientos de desarrollo de los organismos que intervienen en la descomposición.

Materiales con amplia relación C:N forman cantidades relativamente pequeñas de humus y nitratos. La alfalfa y el trébol tienen una estrecha relación C:N de alrededor 20:1. Estos materiales se descomponen rápidamente y proporcionan una cantidad relativamente grande de humus y nitratos.

De este modo los materiales más jóvenes se descomponen más rápidamente que los tejidos más viejos debido al balance favorable de nutrientes.

El rango óptimo de temperatura para la descomposición es entre 21 y 38°C, las temperaturas fuera de este rango retardarán la actividad de los organismos del suelo.

Si una cantidad excesiva de agua está presente en el suelo, los números y clases de organismos benéficos en la descomposición decrecen debido a una aireación deficiente. Sin embargo los organismos del suelo prosperan a más bajos niveles de humedad que las plantas superiores.

Buckman (2) señala que la descomposición, tanto de residuos vegetales como de materia orgánica del suelo no es más que un proceso de digestión enzimática. Los productos de estas actividades enzimáticas, pueden ser clasificados, por conveniencia, en tres categorías: 1) energía apropiada por -

los organismos o liberada como calor; 2) Simples productos - finales; 3) el humus.

Los productos simples de descomposición de la materia - orgánica más comunes son:

Carbono = CO_2 , $\text{CO}_3^{=}$, CO_3H^- , CH_4 , C^{4+}

Nitrógeno = NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2

Azufre = S , SH_2 , SO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, S_2C

Fosforo = PO_4H_2^- , PO_4H^-

Otros = H_2O , O_2 , H_2 , OH^- , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , etc.

Buckman (2) habla de la intervención de hongos, bacterias y actinomicetes del suelo y la descomposición de la materia orgánica. Al igual que las bacterias y actinomicetos, los hongos no contienen clorofila y dependen para su energía y carbono, de la materia orgánica. Los hongos son muy abundantes en suelos ácidos, y efectúan una pequeña descomposición y digestión de los residuos orgánicos en los suelos ácidos - dejados por miriápodos, colémbolos y otros animales.

La celulosa, almidón, gomas, ligninas, así como proteínas y azúcares sucumben al ataque de los hongos. Las bacterias del suelo heterótrofas, toman directamente su energía y carbono de la materia orgánica del suelo. Los actinomicetes aparentemente reducen a las formas más sencillas de la materia orgánica del suelo, aún a los compuestos más resistentes, como la lignina.

Según Buckman (2) la importancia de la razón C:N es debido a dos casos principalmente: 1) La competencia para el nitrógeno asimilable aparece cuando los restos tienen una -- relación C:N alta, y son añadidos a los suelos. 2) Debido a la constancia de esta razón en los suelos, el mantenimiento de carbono, y a su vez de la materia orgánica, depende en no

pequeño grado del nivel del nitrógeno en el suelo. Un ejemplo: supongamos que tratamos con un suelo cultivado representativo de una buena condición de nitrificación. Los nitratos están presentes relativamente en grandes cantidades y, desde luego la razón C:N es pequeña. En general los organismos desintegradores actúan en pequeña escala de actividad y las producciones de CO_2 están reducidas al mínimo (ver Fig. 11).

Ahora supongamos grandes cantidades de residuos orgánicos con un alta razón C:N (por ejem. 50:1) incorporadas al suelo en condiciones para poder soportar una vigorosa digestión. Ocorre un cambio rápido y la flora heterótrofa se vuelve activa y se reproduce activamente abandonando CO_2 en grandes cantidades, bajo estas condiciones, el nitrógeno en forma de nitratos desaparece practicamente del suelo debido a la demanda inusitada e intensidad de los microbios, de este elemento, a fin de fabricar sus tejidos; y al cabo de cierto tiempo el nitrógeno está en pequeñísima cantidad, o no queda nada de él, ni siquiera en forma amoniacal, esto es, en forma asimilable para las plantas superiores. Cuando se produce la desintegración, la razón C:N de los materiales vegetales decrece, pues el carbono va perdiendose y el nitrógeno se conserva.

Esta condición persiste hasta que la humificación quede casi completa, en cuyo momento las actividades de los microorganismos degenerativos gradualmente va siendo menor, debido a una falta de oxidación fácil del carbono. A medida que estas cifras disminuyen así como el CO_2 va expulsandose, el nitrógeno cesa de estar en supremacía y puede empezar a originarse la nitrificación. Los nitratos aparecen de nuevo en

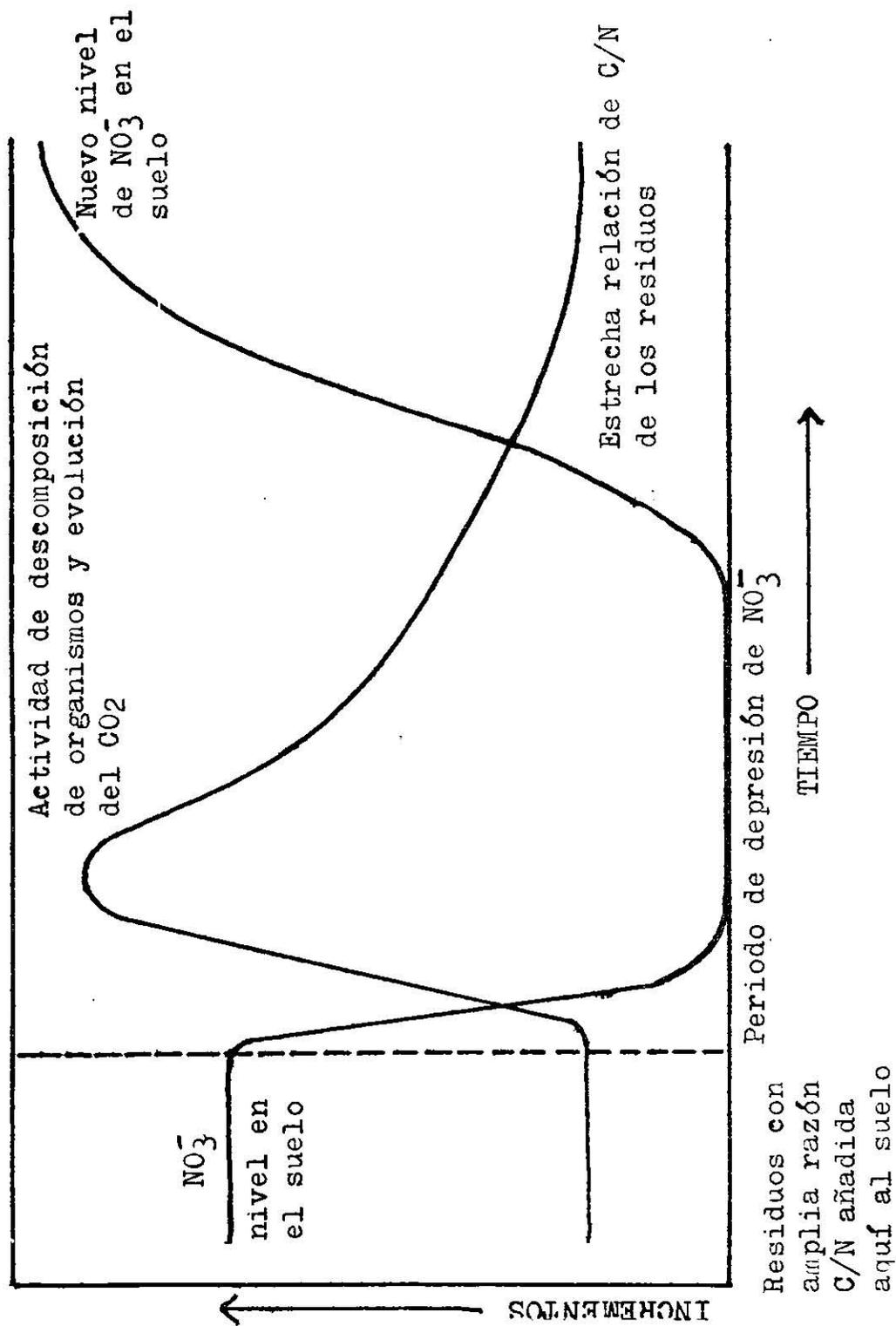


Figura 11 Relación cíclica entre el estado de descomposición de residuos orgánicos y la presencia del nitrógeno del suelo. Fuente: Buckman (2).

cantidad y las condiciones originales prevalecen de nuevo, - excepto algún tiempo después en que el suelo es ya rico tanto en nitrógeno como en humus. La razón C:N en los suelos -- templado-húmedo, sobre todo si están cultivados, se estabiliza corrientemente cerca de 10 a 12:1.

Período de la depresión de los nitratos.

El intervalo puede ser largo o corto según las condiciones. El ritmo de degradación puede alargar o acortar el período, según los casos y desde luego, aplicando mayores cantidades de residuos, será alargado el tiempo de nitrificación. También a menor relación de C:N de los residuos aplicados, - habrá un acortamiento del ciclo en su curso.

Relación C:N en los suelos.

Está bien establecido que la razón C:N tiende a disminuir en los suelos de las regiones áridas, al revés de las húmedas cuando las temperaturas anuales son aproximadamente -- las mismas. Es menor en las regiones más cálidas que en las más frías, siempre que las lluvias sean casi de igual magnitud. También la razón es menos en los subsuelos, en general que para los correspondientes pisos superficiales. La razón C:N en la materia orgánica de un suelo cultivado casi siempre es de 8:1 a 15:1, siendo el término medio de 10 a 12:1. Según Tamhane (17) al descomponerse la materia orgánica de -- los suelos, se convierte en humus con una relación C:N aproximada de 10:1. Los suelos chernoceno (suelos negros lateríticos), tienen una proporción C:N más baja que los suelos -- podzol a causa del pH más elevado del chernoceno.

Cuando se agregan al suelo residuos con una proporción C:N alta, aumenta la población microbiana del suelo en especial la de los amonificadores y fijadores de nitrógeno, ade-

más se libera una gran cantidad de bióxido de carbono. En este proceso, todo el nitrógeno mineral, amoniacal y del nitrato se inmoviliza porque está empleado para la síntesis de las proteínas del cuerpo de los microorganismos. Cuando la descomposición de los residuos orgánicos frescos ha continuado hasta el grado que la proporción C:N se reduce 20:1, más o menos, y tiende a aumentar el nitrógeno disponible en el suelo. La Fig. 12 muestra el efecto de la alfalfa con una proporción C:N reducida (13:1) y de la paja de avena con una proporción C:N amplia (80:1) sobre la disponibilidad del nitrógeno. Cuando se agrega al suelo paja de trigo o de avena, se reduce el nitrógeno disponible. Este tiempo, por supuesto, varía con la humedad, la temperatura y la fertilidad general del suelo. Si el cultivo se siembra durante este período, el desarrollo se reducirá.

El cultivo de la alfalfa ayuda a liberar con más rapidez nitrógeno disponible en unas dos semanas, siempre que sean óptimas las condiciones de humedad y temperatura.

Relación C:N en la mineralización y humificación.

Fassbender (6) explica que la relación C:N es variable en el sustrato a mineralizarse de acuerdo con las especies y la edad de las mismas. Plantas jóvenes y gramíneas generalmente presentan relaciones C:N alrededor de 20:1; al madurar un tejido baja el contenido de proteínas y minerales, aumenta el de lignina; el resultado: un incremento de la relación C:N a valores mayores de 30:1. Así decrece la susceptibilidad del sustrato a la mineralización.

Ortiz V. (12) ejemplifica la forma de como utilizar los datos de la relación C:N en la agricultura.

Para calcular las necesidades de nitrógeno requerido en

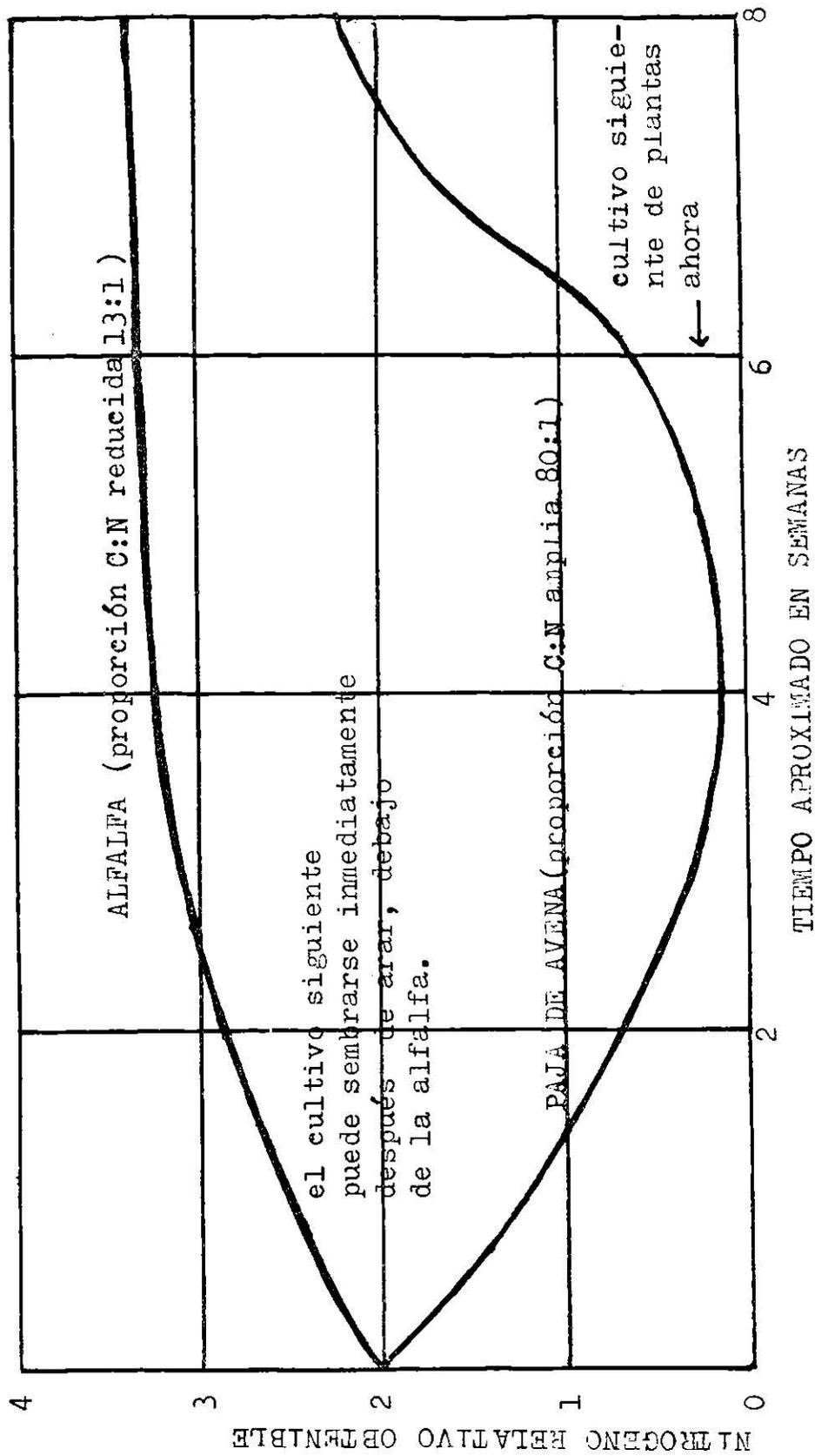


Figura 12 Relación entre la proporción C:N del material vegetal y el nitrógeno disponible después de su incorporación al suelo. Fuente: Tamhane (17)

la descomposición de un material vegetal incorporado al suelo, se considera que:

- 1.- La materia orgánica contiene aproximadamente 40% de carbono.
- 2.- Aproximadamente el 35% del carbono en la materia orgánica se fija en humus.
- 3.- El humus contiene una relación C:N aproximadamente de 10:1.

Ejemplos: Calcular la cantidad de nitrógeno que será mineralizada para el cultivo inmediato siguiente a la incorporación de 1.5 tons. de follaje seco de trébol Hubam que contiene 3% de nitrógeno.

$1500 \times .40 = 600 \text{ Kg. de carbono de materia orgánica.}$

$600 \times .35 = 210 \text{ Kg. de carbono fijado en humus.}$

$210 \times .10 = 21 \text{ Kg. de nitrógeno fijado en humus.}$

$1500 \times .03 = 45 \text{ Kg. de nitrógeno total incorporado.}$

$45 - 21 = 24 \text{ Kg. de nitrógeno mineralizado y que puede ser aprovechado.}$

Calcular la cantidad de nitrógeno que será mineralizada al incorporar al suelo 10.0 tons. de paja de trigo que contiene 0.7% de nitrógeno.

$10000 \times 0.40 = 4000 \text{ Kg. de carbono en la materia orgánica.}$

$4000 \times 0.35 = 1400 \text{ Kg. de carbono fijado en humus.}$

$1400 \times 0.10 = 140 \text{ Kg. de nitrógeno fijado en humus.}$

$10000 \times 0.007 = 70 \text{ Kg. de nitrógeno incorporado.}$

$70 - 140 = -70 \text{ Kg. de nitrógeno.}$

La conclusión es que se requiere un complemento de 70 Kg. de nitrógeno para lograr la completa descomposición de la paja y no habrá mineralización inmediata de la misma. Aproximadamente solo el 2.5% de nitrógeno total contenido en

La materia orgánica del suelo es aprovechable en un ciclo de cultivo.

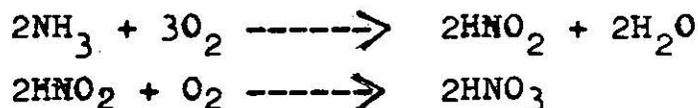
Fassbender (6) explica como influye la temperatura sobre la mineralización de la materia orgánica. La mineralización se inicia a los 10°C y aumenta hasta alcanzar su máximo entre 30 y 40°C . De esto resulta que a temperatura relativamente baja se producen más restos que los que se mineralizan y a temperaturas mayores de $25 - 28^{\circ}\text{C}$, la materia orgánica disminuye lo que implica que la temperatura crítica de aproximadamente 25°C es decisiva en la producción y degradación de los restos vegetales, cuando se presentan temperaturas -- demasiado altas como ocurre en muchas zonas tropicales, se presenta una aceleración de la degradación de los restos vegetales en el suelo que causa graves problemas en su fertilidad.

Los procesos importantes de la mineralización de la materia orgánica son: amonificación y nitrificación. La amonificación según Buckman (2) es la formación de NH_3 por los organismos del suelo, como un producto de la descomposición de compuestos orgánicos nitrogenados. El NH_3 se forma por organismos como hongos, actinomicetos y bacterias aerobias y anaerobias. La proporción de la amonificación depende de las condiciones del suelo, naturaleza de la materia orgánica y de la naturaleza de la población microbiana.

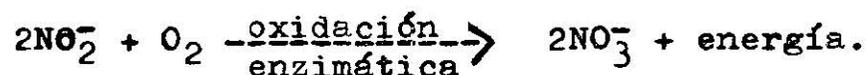
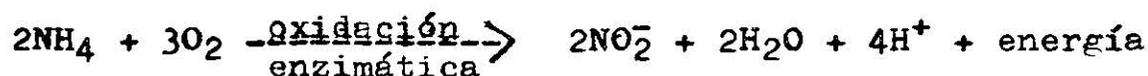
Fassbender (6) dice que los aminoácidos resultantes pueden ser considerados como sigue:

- 1) metabolizados por los microorganismos (inmovilización); --
- 2) absorbidos por arcillas formando complejos organominerales
- 3) incorporados en la fracción de humus; 4) utilizados por las plantas; 5) mineralizados hasta transformación en amonio.

Ortiz V. (12) explica la nitrificación: Es la conversión de nitrógeno amoniacal a nitrógeno nítrico. Esto es conducido principalmente por dos tipos específicos de bacterias, referidas como nitrificantes que son más activas en los suelos ricos. La conversión del amonio a nitrato incluye dos -- procesos distintos, según las reacciones siguientes:



En la primera reacción intervienen las nitrosomas y los nitrosococcus y en la segunda nitrobacter. Los ácidos nítrico y nítrico no existen como tales pero están combinados con elementos básicos formando sales. La reacción óptima para -- los nitrificadores son los pH 7.0 a 8.0 . Buckman (2) representa la nitrificación como sigue:



Las transformaciones se producen más fácilmente cuando el calcio correspondiente está presente.

Las reacciones nos muestran que la nitrificación tiende a aumentar la acidez del suelo.

Según Tamhane (17) la agregación de fosfato favorece el proceso de nitrificación. Los organismos nitrificadores son aerobicos y tienen una necesidad elevada de oxígeno. La temperatura es de 37°C y el proceso tiende a menos de 5°C y a más de 55°C. Existen varios procesos de descomposición de -- diferentes materiales de la materia orgánica del suelo, entre ellos están la oxidación del azufre:

Ortiz V. (12) el azufre es liberado de su combinación orgánica y eventualmente aparece en forma inorgánica, usualmente como H_2S y quizá como azufre libre. Estos productos -- inorgánicos son oxidados por bacterias específicas a H_2SO_3 y H_2SO_4 .

La transformación de azufre orgánico a inorgánico es la que se llama oxidación del azufre. Cuando el ácido sulfuroso se forma usualmente se combina con algunos elementos mineral es del suelo para formar sulfitos de Ca, Mg, Na y K. Estos -- son luego oxidados a SO_4 . Grandes cantidades de azufre en -- forma de sulfato se pierden por lixiviación.

Otro proceso en la descomposición es la oxidación y reducción del fierro y del manganeso. Grupos específicos de -- organismos intervienen en la oxidación de éstos. El manganeso oxidado es menos soluble y menos aprovechado.

Conservación de la materia orgánica del suelo en regiones -- húmedas.

Tamhane (17) explica que la conservación de la materia orgánica es difícil en todas partes y bajo una labranza continua es casi imposible. Cuando se desarrollan cultivos, el sistema de cultivo proyectado para conservar la materia orgánica ha de incluir aquellos cultivos que den por resultado aumentos de materia orgánica. La Fig. 13 muestra que los cultivos más labrados, como con el maíz, dan por resultado una pérdida de materia orgánica de 2% al año. El trébol rojo da un 2% de aumento en la materia orgánica cada año. Por consiguiente un año de trébol rojo y un año de cereales conservan la materia orgánica del suelo. Esto es eficaz si se dejan -- los residuos del cultivo en el suelo.

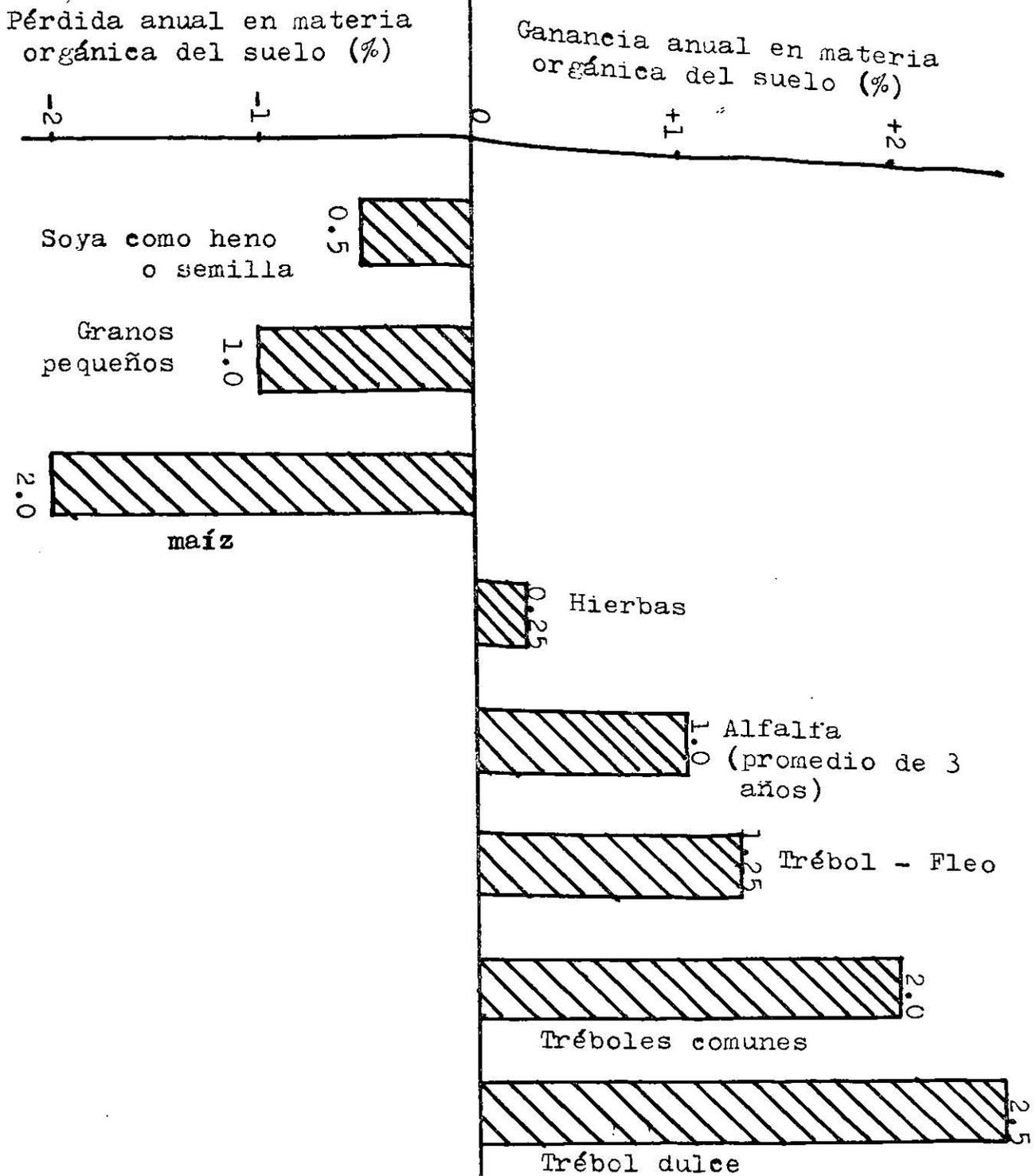


Figura 13 Ganancia o pérdida de materia orgánica del suelo en diferentes sistemas de cultivo. Fuente: Tamhane (17).

Conservación de la materia orgánica del suelo en regiones -- semiáridas y áridas.

Tamhane (17) es difícil conservar la materia orgánica -- en los suelos que están en estos climas debido a la continua temperatura elevada. En la Fig. 14 se muestra las pérdidas -- de materia orgánica del suelo bajo sistemas diferentes de -- cultivo en Dakota del sur E.U.A.

El suministro de residuos orgánicos en la agricultura -- es limitado y la mayor parte de estos materiales se oxidan -- con bastante rapidez. Se ha concluido que la cantidad y la -- naturaleza de los coloides inorgánicos del suelo influyen -- sobre el índice de pérdida de carbono y sobre la cantidad de humus formada de materiales vegetales que se descomponen con facilidad.

León (10) recomienda aplicación en forma gradual de ma- terial nutriente a largo plazo como son: residuos de cosech- as, pulpa de café, residuos de empacadoras, deshechos de ca- ña, compost urbano y estiércoles.

Tamhane (17) dice que todos saben de la importancia de los abonos al suelo, pero no saben como emplearlos con más -- eficacia; por ejemplo si se agrega paja al suelo sin que se haya descompuesto primero, crearía una escases de nitrógeno disponible a causa de la actividad microbiana y el cultivo -- siguiente padezase las deficiencias.

Buckman (2) explica el problema de la regulación de la materia orgánica y lo divide en partes:

Fuente de reserva.- Una de las formas de añadir materia orgánica es enterrando plantas verdes en estado jugoso (es tiercol verde) y es una práctica muy satisfactoria cuando -- puede incluirse en la rotación.

Otra fuente es el estiércol de granja.- Cuando se aplican de 22 a 23 toneladas por hectárea durante la rotación quinquenal, se incorporan de 1100 a 1700 Kgs. de materia seca - por hectárea y por año en el suelo. Otras fuentes son el rastrojo, el segundo corte y los restos de raíces.

Rotación de cultivos en relación con el mantenimiento del humus.- Los cultivos en surcos se asocian a la depreciación del nitrógeno, en lugar de una estabilización económica, y con la reducción de humus en vez de su acumulación. Las semillas pequeñas están en la misma categoría como trigo y avena. El uso de una rotación conveniente, junto con el estiércol y fertilizantes comerciales se puede ver en la siguiente Tabla.

Tabla 6 Contenidos de materia orgánica y de nitrógeno de terrenos con suelos no fertilizados de Wooster, Ohio, E.U.A., después de ser cultivados de varias maneras durante 32 años. Fuente: Buckman (2).

Cultivos	Materia orgánica toneladas por hectárea.	Nitrógeno Kg. por hectárea
Terreno originario segado	43.2	2.216
Maíz (siega continua)	15.8	0.856
Avena (siega continua)	28.1	1.451
Trigo (siega continua)	27.2	1.339
Maíz, avena, trigo, zulla, trébol	33.1	1.574
Maíz, trigo, zulla (zulla por 29 años)	36.5	1.813

Según León (10) para Francia se han establecido dos coeficientes para el balance de materia orgánica. Se calcula que en los suelos calcareos de clima templado, se pierden --

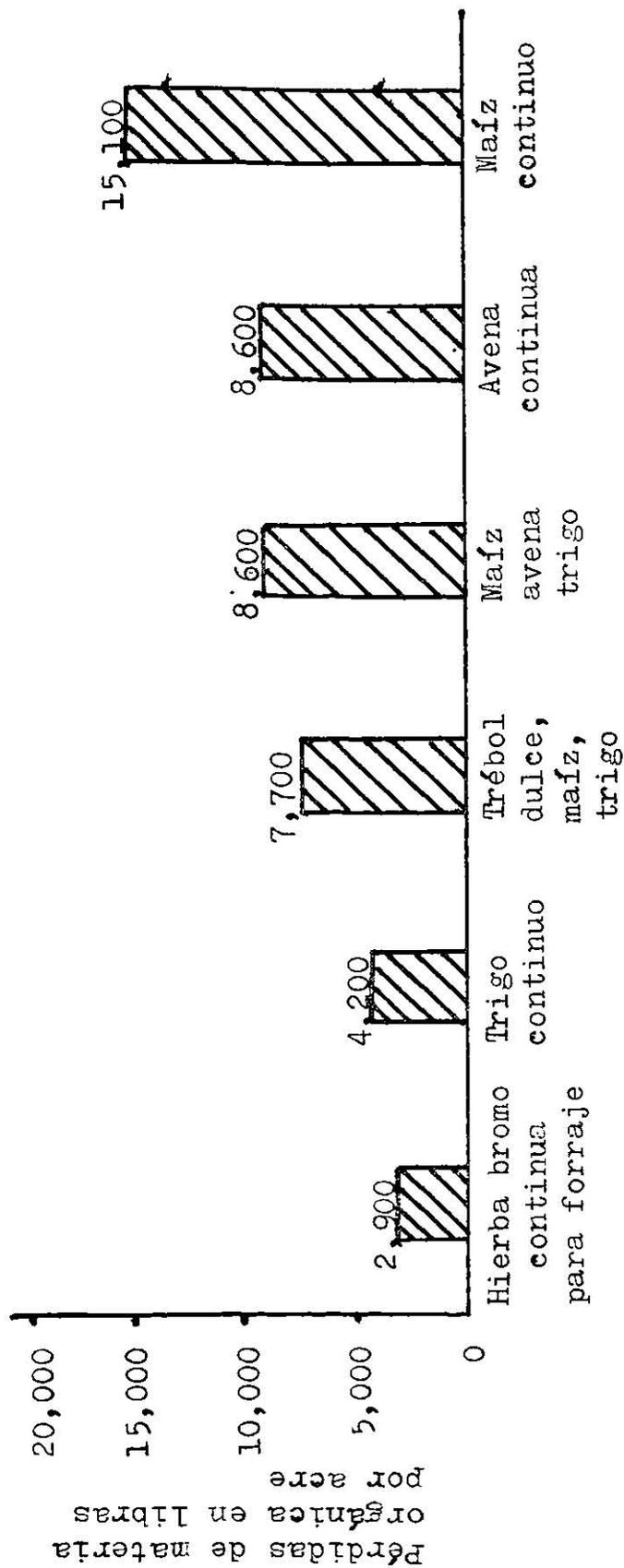


Figura 14 Pérdidas de materia orgánica del suelo durante un periodo de ocho - años bajo sistemas diferentes de cultivo en Dakota del sur. Fuente: Tamhane (17).

anualmente 1500 Kg./Ha.; en frutales en parís se estiman pérdidas de 0.6 a 1.0 ton. de humus estable por hectárea.

La humificación finaliza con la formación de humus estables K_1 en clima templado fresco en 3 años. El humus estable no es un sustrato adecuado para los microorganismos y se descompone de 1 a 2% en clima templado fresco. Siendo el porcentaje de humus mineralizado cada año el K_2 ver Tabla 7.

Tabla 7 Valores de coeficientes utilizados en nuestro medio para el calculo de humificación: fuente Gaucher citado por León.

Material o condición	K_1	K_2
Estiércol de granja bien descomp. (6 meses)	50.0	
Estiércol de granja poco descomp. (5-6 sema.)	32.5	
Paja.....	15-19.0	
Residuos de leguminosas.....	12-18.0	
Alfalfa y abonos verdes.....	20-30.0	
Cultivo en invernadero.....	4.0	
Cultivos hortícolas.....	2.0-3.0	
Suelos irrigados de región cálida.....	2.0	
Suelos arenoso.....	2.0	
Suelos limosos.....	1.5-1.7	
Suelos arcillosos parisinos.....	1.5	

El K_2 depende de las condiciones del medio; lógicamente es más elevado en un clima caliente con suelos bien aereados y de pH neutro o ligeramente alcalino, o en los que sufren laboreo excesivo.

León (10) nos da algunos resultados sobre aplicación de materia orgánica al suelo y son: La aplicación de bagazo de caña no incrementa el contenido de humus de los oxisoles y -

ultisoles, pero en éstos últimos incrementa el contenido de humedad a tensión baja. Cuando el bagazo se quema en el terreno abate casi un 100% el movimiento del agua y se tiene menos humedad a baja tensión.

Cuando se utilizaron hasta 70 toneladas de cachaza en oxisoles, no se incrementó el contenido de materia orgánica, pero en los ultisoles sí fué significativo.

La aplicación de 20 a 27 toneladas por hectárea de frijol terciopelo entre dos períodos de cultivo no se incrementó en contenido de humus en oxisoles. Las hojas de café fueron más efectivas que el zacate pangola para inhibir la toxicidad de aluminio, Debido a la posibilidad de incremento de la capacidad de intercambio de cationes y a un efecto quelatante.

Los oxisoles responden mejor que los ultisoles a la aplicación de abonos verdes, estos últimos tardan más, pero sí incrementan su contenido en humus.

Tamhane (17) habla sobre el abono de corral: El abono de corral incluye la excreta sólida y líquida del ganado, mezcladas con una pequeña cantidad de paja que se utiliza para lecho de los animales. La composición media de nitrógeno, fósforo y potasio de la excreta animal fresca se ve en la tabla 8.

Tamhane (17) Estiércol y agua disponible: Datos de la estación experimental de Rothamsted en Inglaterra mostrados por Tamhane. Se aplicaron 14 toneladas anuales por acre de estiércol de ganado bovino durante 100 años. Una parcela similar no recibió estiércol, los resultados muestran que la capa arable de la parcela abonada es capaz de suministrar 0.7 pulgadas más de agua disponible para los cultivos que la

parcela que no recibió estiércol.

Tabla 8 Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en excretas de diferentes animales. Fuente: Tamhane (17).

Origen		N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Vacas y bueyes	Estiércol	0.30	0.20	0.10
	Orina	1.00	Vestigios	1.40
Ovejas y cabras	Excremento	0.75	0.50	0.45
	Orina	1.35	0.05	2.00
Caballos	Estiércol	0.50	0.30	0.50
	Orina	1.35	Vestigio	1.25
Cerdos	Excremento	0.60	0.50	0.50
	Orina	0.40	0.10	0.30

Es recomendable almacenar correctamente el abono de corral, debido a que la mitad del valor fertilizante del abono se pierde durante varios meses de exposición a la intemperie.

Buckman (2) Los beneficios del abono verde son: En primer lugar es el abastecimiento de la materia orgánica del suelo. También añade nitrógeno y puede ser grande o pequeña la cantidad dependiendo si el cultivo enterrado es leguminosa, mayor es la cantidad de nitrógeno. El abono verde ejerce una influencia conservadora sobre los nutrientes del suelo, ya que proporciona constituyentes solubles que pueden, de otro modo perderse en el drenaje o la erosión. Influye en el aumento de aprovechamiento de los constituyentes inorgánicos del suelo. También actúa como alimento de los organismos del suelo y tiende a estimular cambios biológicos.

Las características deseables de un abono verde son:

1.- Un crecimiento rápido; 2.- Follaje abundante y succulento y 3.- Habilidad de crecer bien en suelos pobres.

El uso práctico del abono verde: 1.- En regiones de poca lluvia se debe tener precaución debido a que la humedad disponible para el cultivo que seguirá es utilizada por el abono verde o por procesos de descomposición y el suelo queda ligero y abierto. 2.- Se deben de enterrar los abonos -- verdes cuando su succulencia está al máximo.

Tamhane (17) habla de los abonos y los rendimientos de los cultivos: dice que todos los cultivos responden al uso de los abonos en masa. La respuesta real varía según las condiciones. En la India y Paquistán se ha obtenido una respuesta del 25% al 50% en los arrozales mediante el empleo de estiércol bovino, a razón de 40 libras de nitrógeno por acre (4046.0 m²). (por supuesto, se hallarían presentes otros nutrientes). La respuesta ha sido similar con el trigo, la caña de azúcar y otros cultivos. El abono de algodón a razón de 7000 Kgs. por acre, aumentará el rendimiento del arroz -- palay en un 45% en el estado de Maharashtra.

Ochse(13) nos dice que las leguminosas son preferidas como cultivos de cobertura debido a que agregan nitrógeno al suelo y generalmente sus raíces no compiten seriamente con el cultivo principal.

Vergara C. (19) menciona algunas ventajas del establecimiento de leguminosas: Fijan nitrógeno atmosférico. Evita la erosión por escurrimiento de agua y por acción del viento; retiene la humedad en el suelo propiciando una infiltración y almacenamiento de agua, disminuye la evaporación del agua porque los rayos del sol no inciden directamente en el suelo,

por su agresividad ahogan o eliminan las malas hierbas; aumentan la capacidad de intercambio de bases del suelo lo que permite el aprovechamiento máximo de los fertilizantes en la nutrición de las plantas. Se aumenta la nitrificación en la capa del suelo enriquecido por los abonos verdes. Hay aumento de actividad microbiana.

Leguminosas recomendadas para incrementar la materia orgánica del suelo.

Algunas leguminosas recomendadas por Vergara (19) son: Veza común o hebo (Vicia sativa L.) y Veza velluda (Vicia villosa Roth.) para suelos arenosos, sembrándose a principios de primavera o en otoño, es para climas fríos y debe sembrarse al voleo. Kudzu (Pueraria phaseoloides) de rápido crecimiento, impide la erosión del suelo en terrenos accidentados, su germinación es muy deficiente. Debe establecerse por guía a 1.5 mts. entre plantas y surcos. Pica Pica Manza o Nescafé (Mucuna aterrima H.), leguminosa muy agresiva que acaba con malezas en el sureste de Veracruz, se debe establecer a 2.0 mts. entre plantas y surcos.

Los resultados de aplicar Pica Pica Manza en el sureste de Veracruz son: Se ha incrementado de 1.5 tons. de maíz sin uso de leguminosas, a 3.0 tons. por hectárea con el uso de la misma.

Vergara (18) trabajó con la Pueraria phaseoloides (Kudzu) como cobertura en plantaciones de hule (Hevea brasiliensis); concluye: A los 18 meses de edad de la Pueraria se obtuvo un rendimiento de materia seca de 8500 Kgs., a los 36 meses se obtuvo un rendimiento de materia orgánica seca de 11200Kgs. por hectárea.

La Pueraria aumenta el pH en los horizontes de 0 a 30 - cms.,. También su contenido en materia orgánica, en nitrógeno y en la capacidad de intercambio catiónico. La cobertura controla las malas hierbas y reduce los costos de mantenimiento de la plantación. Las plantas de hule crecieron más con la Pueraria, de 9 a 14% que sin ella.

MATERIALES Y METODOS

Se efectuó una investigación en la región de Tuxtepec, - Oaxaca, Ejido San Bartolo, esta región se encuentra situada en la latitud norte $18^{\circ} 05'$ y la longitud $96^{\circ} 08'$ al oeste de Greenwich. La altitud sobre el nivel del mar es de 19.0 - mts.. El clima (8) según el criterio de Köppen es: Aw 2 ah.

El significado de la simbología es:

Aw.- Clima sub-húmedo.- (lluvias en verano) por lo menos 10 veces mayor la cantidad de lluvia al mes más húmedo de la -- mitad del año.

W2 .- La relación P/T mayor que 55.3 el más húmedo de los -- subhúmedos.

a .- Verano cálido .- temperatura del mes más caliente mayor de 22°C .

h .- Caliente con temperatura media anual superior a 18°C .

Las temperaturas media mensual y anual se observan en - la siguiente tabla.

Tabla 9 Promedio de temperaturas mensuales y anual en grados centígrados. Fuente: Ituarte (8).

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	-
21.3	22.3	24.5	27.2	28.3	27.9	26.5	26.9	26.5	25.3	
NOV.	DIC.		anual	años obs.						
23.5	21.9		25.2	23						

En la Fig. 15 se establece la temperatura media anual - para la región. El promedio de las precipitaciones para Tuxtepec se muestra en la Tabla 10. En la Figura 16 se muestran curvas de la precipitación media anual para la región.

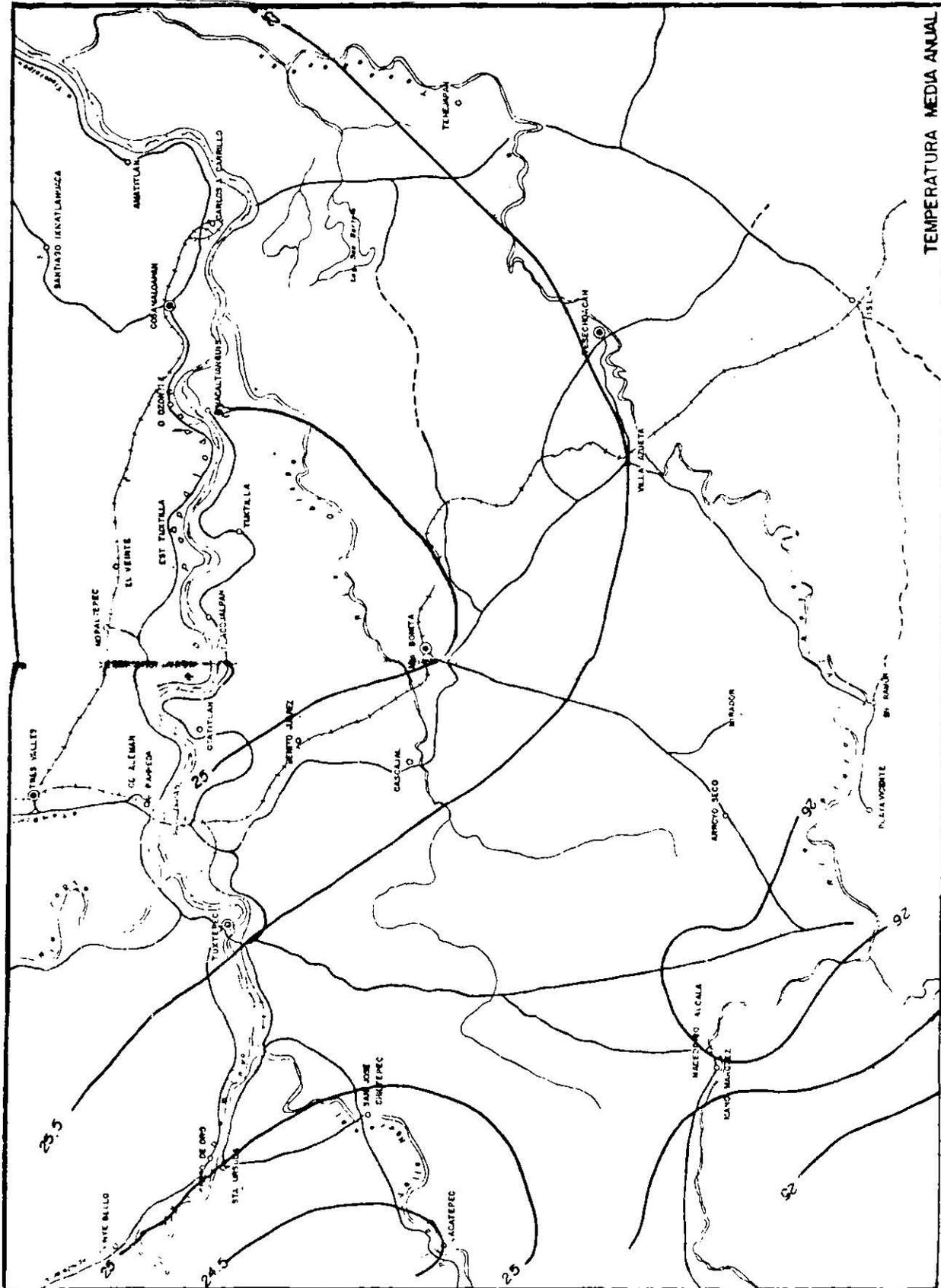


Figura 15 Curvas de temperatura media anual. Fuente: Tzucarte (8).

Tabla 10 Promedio de lluvia mensual y anual en mm. en la zona de tuxtepac. Fuente:Ituarte (8).

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.
32.0	38.6	42.7	38.9	83.2	380.3	572.5	398.9
SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	anual		años obs.	
430.0	230.0	84.5	60.9	2383.8		19	

En cuanto a suelos de la región Hernández (7) encontró suelos de encinares en la zona de Tuxtepec con las siguientes características: El tipo es laterítico rojo (inmaturum), de topografía: ligeramente ondulada con pendientes de 0 a 2%, de exposición horizontal, con drenaje bueno y origen probable de aluviones antiguos, con un espesor de materia orgánica (O₁ y O₂) 10 cm. El horizonte A₁ tiene las siguientes características: Tiene una profundidad de 0 a 30 cms. y el color 7.5 YR 4/2 (café oscuro), la textura al tacto: limo arenoso, de estructura terronosa muy débil (2cm.), no hay reacción al HCL, el drenaje es regular y la cantidad de raíces es regular no hay grava presente y existen concreciones de color negro, duras y pequeñas.

La Secretaria de Programación y Presupuesto por otra parte clasifica los suelos de la región de San Bartolo Tuxtepec, como feozem haplicos predominantes y regosol eutricos como secundarios, de textura media y de fase física gravosa. (16).

Los resultados de los análisis de un pozo agrologico de ese lugar son como a continuación se presenta: El horizonte "A" es de profundidad de 0 a 23 cm., la textura tiene 14% de arcilla, limo 18% y arena 68%; la clase textural es migajon

arenoso y el color seco = 10YR 4/2 y húmedo = 10YR 3/1, la conductividad eléctrica es menos de 2 mmhos. En el pH se usó la relación agua suelo 1:1 = 4.8. El porcentaje de materia orgánica es de 3.0. La capacidad de intercambio de cationes de 6.8 .

Horizonte "B": su profundidad es de 23 a 46 cms., la textura tiene 14% de arcilla, limo 18% y arena 68%; su clase textural es migajon arenoso. El color del suelo: seco = 10YR 5/6 y húmedo 7.5YR 4/4; su conductividad eléctrica es menor de 2mmhos., en el pH se uso la relación 1:1 = 4.2, el porcentaje de materia orgánica es de 0.7% y la capacidad de intercambio de cationes es 3.0.(16).

Una característica muy importante de los suelos de Tuxtepec es el alto contenido de restos marinos en el subsuelo, principalmente conchas y caracoles, lo que puede provocar un alto contenido de carbonato de calcio en el suelo y pH neutros o alcalinos.

Los materiales que se requirieron en este trabajo fueron los siguientes: cinta métrica, pala tipo espada, estacas, bolsas de plástico, etiquetas y cubetas. En la metodología se localizaron tres lotes donde se encontraban parcelas cultivadas de maíz y sin cultivar en cada uno de estos, se pretendía que los lotes fueran diferentes en cuanto a textura de suelo para encontrar diferencias en contenido de materia orgánica. En cada parcela de estos lotes que estaban cultivados y sin cultivar se establecieron cuatro parcelitas de 4 X 4 mts. (ver Fig. 17) y se hicieron en cada parcelita 6 pozos en zig zag (ver Fig 18), donde se tomaron muestras de 0 - 15 cm (suelo) y 15 - 30 cm (subsuelo) de profundidad, se

pusieron en cubetas las muestras de cada profundidad y despues se mezclaron, de donde se tomaron muestras compuestas - de aproximadamente 2.0 Kgs. por profundidad en cada parcelita. Esto se realizo en la semana del 16 al 23 de febrero de 1985 cuando el maiz tenia 2 meses aproximadamente. Se analizaron en el laboratorio 40 dias despues y se determino:

- 1.- Materia organica por el metodo Walkley-Black. Jackson -- (9).
- 2.- El pH del suelo por el metodo del extracto de pasta saturada. Jackson (9).
- 3.- La conductividad electrica por el metodo del extracto de pasta saturada. Jackson (9).
- 4.- Textura por el metodo de la pipeta. Palmer (14).
- 5.- Densidad aparente por el metodo de la parafina. Aguirre (1).
- 6.- Capacidad de intercambio de cationes por el metodo de la trietanolamina. Jackson (9).
- 7.- Color del suelo con la carta de colores munsell.

Los tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera:

Tret. #	Descripciones	Profundidad cms.
1	Lote 1 con cultivo	0 - 15
2	Lote 1 con cultivo	15 - 30
3	Lote 1 sin cultivo	0 - 15
4	Lote 1 sin cultivo	15 - 30
5	Lote 2 con cultivo	0 - 15
6	Lote 2 con cultivo	15 - 30
7	Lote 2 sin cultivo	0 - 15
8	Lote 2 sin cultivo	15 - 30

9	Lote 3 con cultivo	0 - 15
10	Lote 3 con cultivo	15 - 30
11	Lote 3 sin cultivo	0 - 15
12	Lote 3 sin cultivo	15 - 30

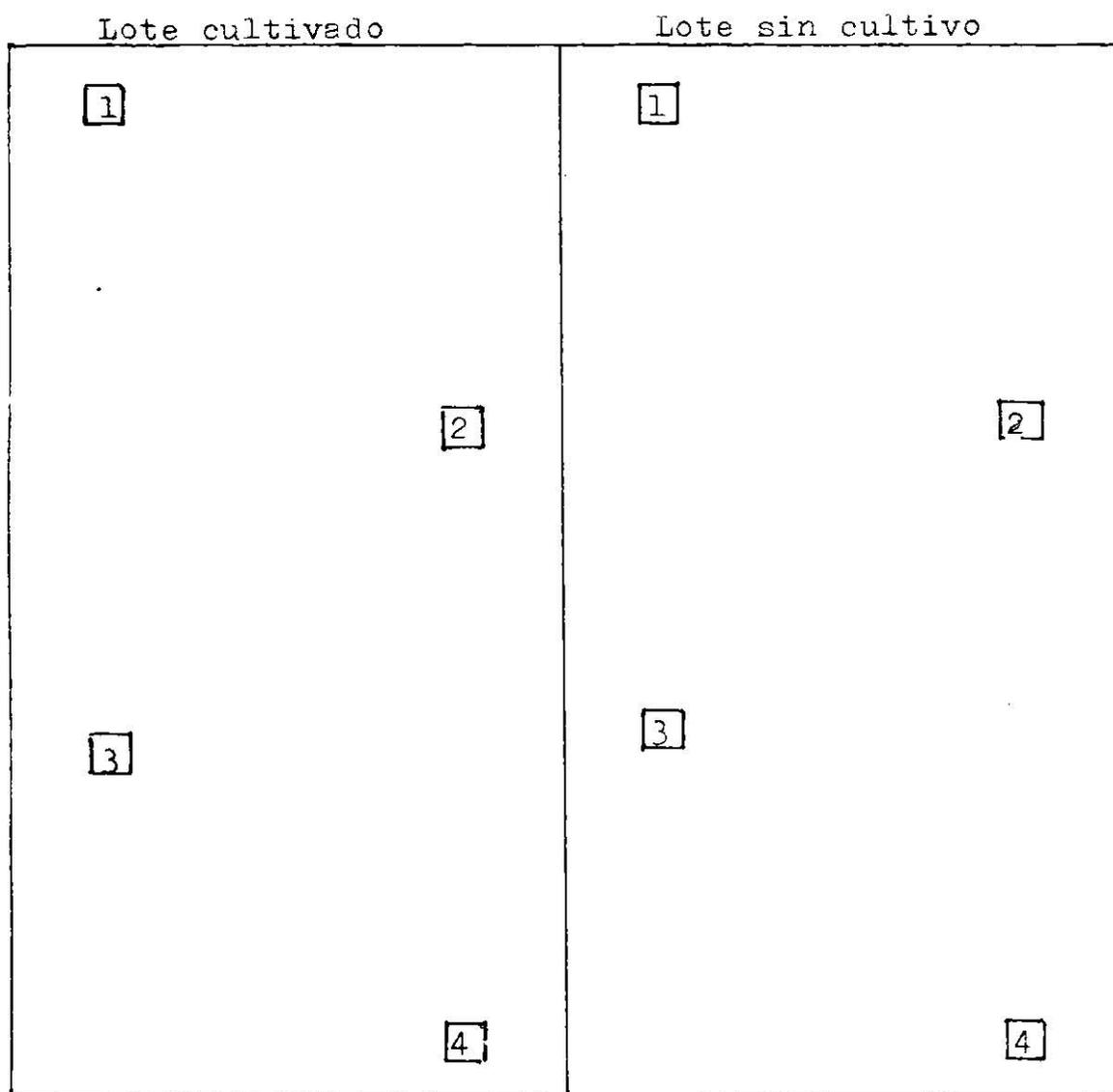


Figura 17 Lote con parcelas cultivadas y sin cultivo, - aproximadamente de 1 hectárea cada una y sus sitios de muestreo donde cada muestra representa la media de 6 -- pozos.

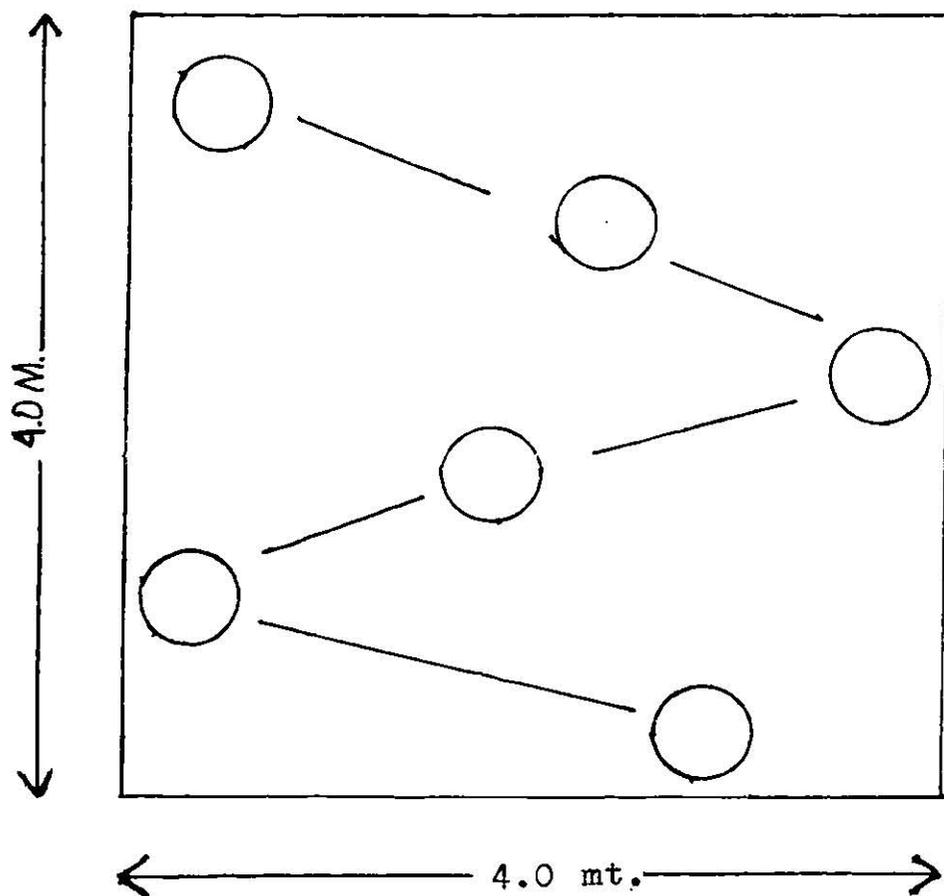


Figura 18 Sitio de muestreo de 4.0 X 4.0 mts donde se tomaron 6 muestras de suelo y subsuelo para formar la muestra compuesta.

Las formula utilizada para determinar correlación en este trabajo son:

$$r = \frac{\sum (d_x \cdot d_y)}{\sqrt{\sum (d_x)^2 \cdot \sum (d_y)^2}}$$

para interpretar la mayor o menor significación de "r" se utilizo la formula:

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

R E S U L T A D O S

Para el contenido de materia orgánica (tabla 11) el análisis de varianza (tabla 12) muestra que la diferencia entre lotes es altamente significativa, y para el suelo y subsuelo es significativa. Al efectuarse la prueba de D.M.S. se encontro que en cuanto a lotes, el primero tenia mayor cantidad de materia orgánica que el segundo y el tercero, pero entre el segundo y el tercero no existio diferencia. Para suelo y subsuelo, el suelo tenia mayor contenido de materia orgánica. (Ver Figura 17).

Para el contenido de arcilla (Tabla 13) el análisis de varianza (Tabla 14) reporta que hay diferencia altamente significativa entre lotes. Al efectuarse la prueba de D.M.S. muestra que el primer lote tiene mayor cantidad de arcilla que los otros dos lotes, en cambio entre los lotes 2 y 3 no hay diferencia. (Ver Fig. 18).

En cuanto a capacidad de intercambio de cationes (Tablas 15 y 16) indica que habia diferencia altamente significativa entre lotes, y en la interacción lotes, con o sin cultivo era significativa. Al efectuarse la prueba de D.M.S. dio por resultado que la cantidad de miliequivalentes era mayor en el lote 1 que en los otros dos, pero entre el 2 y 3 no hay significancia. (Ver Fig. 19). Para la interacción lotes, con o sin cultivo resulto: El lote 1 sin cultivo tenia mayor cantidad de meq., siendo estadisticamente igual al lote 1 con cultivo, pero diferente a los demás, para un nivel de significancia de 0.05. El lote 2 con cultivo es diferente a los demás a nivel de significancia de 0.05, pero a un nivel de 0.01 es igual a los que tienen menor capacidad. Los demás lotes son estadisticamente iguales. (Ver Fig. 20).

Para pH del suelo (Tabla 17) el análisis de varianza -- (Tabla 18) muestra que solo hubo diferencia significativa -- en la interacción lotes, con suelo y subsuelo. Al efectuarse la prueba de D.M.S. muestra que el lote 2 con suelo solo es diferente estadísticamente al lote 1 con suelo, pero igual a los demás, a un nivel de significancia de 0.05. (Ver Fig. - 21).

Para densidad aparente (Tabla 19) el análisis de varianza (Tabla 20) muestra que no hay diferencia significativa.

Para conductividad eléctrica (Tabla 21) el análisis de varianza (Tabla 22) muestra que hubo diferencia altamente -- significativa entre el suelo y el subsuelo, y es significativa en la interacción lote, cultivado o sin cultivo, y suelo o subsuelo. Al efectuarse la prueba D.M.S. se encontro que -- el suelo tenia mayor conductividad eléctrica que el subsuelo. Para la interacción, el tratamiento 9 es igual estadísticamente al 1 y 7, pero diferente a los demás para un nivel de -- significancia de 0.05. El tratamiento 1 a un nivel de significancia de 0.05 es igual estadísticamente a los tratamientos 7, 5, 11, 12, 4, 3, y diferente a los demás, pero a un nivel de 0.01 es igual estadísticamente al 7, 5, 11, 12, 4, 3, 10 y 2, pero diferente a los demás. El tratamiento 7 a un nivel de 0.05 es igual a los tratamientos 5, 11, 12, 4, 3, 10, 2 y diferente a los demás, para un nivel de 0.01 es igual a los tratamientos 5, 11, 12, 4, 3, 10, 2 y 6, y diferente a -- los demás. Los tratamientos 5, 11, 12, 4, 3, 10, 2, 6 y 8 -- son estadísticamente iguales. (Ver Fig. 22).

Los análisis de correlación muestran que entre materia orgánica y arcilla no es significstiva, pero para materia --

orgánica y capacidad de intercambio de cationes es significativa con "r" positiva = 0.43 comprobándose con la prueba de "t" a un nivel de 0.05; entre arcilla y capacidad de intercambio de cationes es significativa con "r" positiva = 0.54; entre materia orgánica y pH no es significativa; entre materia orgánica y conductividad eléctrica no es significativa.

Los datos del contenido de limo se encuentran en la tabla 23, y color del suelo en la tabla 24.

DISCUCION.

Una vez realizados los análisis se obtuvo que el contenido de materia orgánica en los lotes fué diferente pero no tenían correlación con los contenidos de arcilla, por lo que se puede decir que estén en relación a otros factores. Fassbender (6) cita a Jenny que indica que los contenidos de materia orgánica están en relación al clima, la vegetación, el relieve, el material parental, el tipo y duración de la explotación de los suelos y sus características químicas, físicas y microbiológicas.

Los contenidos promedio de materia orgánica de los lotes, usando la tabla 3 de clasificación, se clasifican como pobre el lote 1 y muy pobres los lotes 2 y 3. Fassbender (6) indica que el contenido de materia orgánica en los suelos tropicales es bajo predominando entre 1.0 y 2.5% de carbono. Explica que aproximadamente a temperaturas mayores de 25°C se presenta una aceleración de degradación de la materia orgánica, pero la producción de los restos a mineralizar sigue siendo constante y no aumenta, esto provoca una disminución en el contenido de materia orgánica; para la región de tuxtepec las temperaturas (tabla 10) en 6 meses del año son superiores a 25°C. y la media anual es de 25.2°C., por lo anterior se puede decir que esta es una de las causas del bajo contenido de materia orgánica en los suelos analizados.

Para el análisis del contenido de materia orgánica entre el suelo y subsuelo se encontró que en el suelo fué mayor esto es debido a que los residuos orgánicos siempre son depositados en la superficie del suelo. Buckman (2) muestra en la tabla 5 que el contenido de materia orgánica en los =

suelos es mayor que en los subsuelos.

60

Para el análisis de correlación entre materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico es muy baja pero positiva. Entre arcilla y capacidad de intercambio de cationes muestran que es positiva de esto Fassbender (6) explica que los fenómenos de capacidad de intercambio de cationes se deben a las propiedades específicas del complejo coloidal del suelo que tienen cargas electrostáticas y una gran superficie.

El pH del suelo no tuvo correlación con el contenido de materia orgánica, siendo el pH de neutro a alcalino principalmente. Tmahane (17) dice que los ácidos orgánicos liberados de la materia orgánica en descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos. Esto no se realiza en los suelos analizados y se debe principalmente al bajo contenido de materia orgánica y a la gran cantidad de restos marinos que al descomponerse dejan grandes cantidades de carbonato lo cual fué confirmado por otros autores (12)

En cuánto a conductividad eléctrica el contenido de sales es mayor en el suelo que el subsuelo, esto es debido a que el mes de febrero la precipitación es baja (38.6MM.), ver tabla 11 y las temperaturas son medias (Tabla 10). Por lo anterior la evaporación del agua del suelo aumenta, lo que ocasiona un acarreo de sales a la parte superior del suelo.

CONCLUSIONES

- 1.- Los contenidos de materia orgánica fueron mayores en el suelo que en el subsuelo y es debido principalmente a que los residuos orgánicos siempre son depositados en la superficie del suelo.
- 2.- Los aumentos en el contenido de materia orgánica provocarán aumentos en la capacidad de intercambio de cationes debido a la gran superficie de los coloides orgánicos y a sus cargas negativas residuales.
- 3.- Los suelos están clasificados como pobres y muy pobres por su contenido bajo en materia orgánica.
- 4.- Los aumentos en los contenidos de arcilla provocaron aumentos en la capacidad de intercambio de cationes, debido a que las arcillas tienen, una gran superficie y cargas negativas residuales.
- 5.- La correlación, entre la materia orgánica y el pH no fué significativa, pues el pH estuvo influido en parte por los residuos de conchas y caracoles marinos, los que dejan principalmente cantidades grandes de carbonato de calcio al descomponerse.

R E S U M E N

La materia orgánica es importante para la producción agrícola, ya que aumentos de esta provocan aumentos en la productividad del suelo; debido a esto, se realizó el presente trabajo.

El experimento se estableció en la región de Tuxtepec - Oaxaca, en el ejido San Bartolo, el mes de febrero de 1985, se utilizaron tres terrenos situados en diferentes lugares, los cuales se dividían en cultivados con maíz y sin cultivo, en donde se establecieron 4 parcelas y se tomaron muestras de suelo (0-15 cm) y subsuelo (15-30 cm) en cada parcela.

Se analizó en laboratorio el porcentaje de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, textura, densidad aparente, capacidad de intercambio de cationes y color del suelo.

El diseño experimental usado para el análisis estadístico fue un trifactorial; considerando como tratamiento los tres lotes (L), presencia de cultivo (C), suelo y subsuelo (S), y las interacciones correspondientes entre ellos.

Los resultados muestran que la materia orgánica fue diferente entre lotes, entre suelo y subsuelo. La arcilla solo muestra diferencia entre lotes. La capacidad de intercambio catiónico muestra diferencia entre lotes y en la interacción lotes por cultivo. El pH del suelo muestra diferencia en la interacción lotes por suelo y subsuelo. En cuanto a la densidad aparente no existieron diferencias estadísticas. Para conductividad eléctrica solo hubo diferencias entre suelo y subsuelo y la interacción lotes por cultivado y sin cultivo.

Los análisis de correlación fueron positivos entre mat-

eria orgánica y capacidad de intercambio de cationes con $r = 0.43$, y entre arcilla y capacidad de intercambio de cationes con $r = 0.54$. Sin embargo la arcilla, el pH, y la conductividad eléctrica no mostraron ninguna correlación con el contenida de materia orgánica.

S U M M A R Y

Organic matter is important to agricultural yield, as increases of it cause increases in soil productivity; this work was done upon that base.

The experiment was established in the zone of Tuxtepec, Oaxaca, in the San Bartolo community, in February, 1985. Three sites in different locations were used, which were divided in non-cultivated and corn-cultivated, where 4 plots were established and samples of the soil (0-15 cm) and subsoil - (15-30 cm) were taken from each plot.

Percentage of organic matter, pH, electric conductivity, texture, apparent density, cation interchange capacity and soil color were laboratory analyzed.

The experimental design used for statistical analysis was - three-factorial; considering as treatment the three plots - (L), presence of cultivation (C), soil and subsoil (S) and the corresponding interactions between them.

The results show that organic matter was different between plots and between soil and subsoil. The clay shows only difference between plots. The cationic interchange capacity - shows difference between plots and in the plot interaction cultivation. The soil pH showed difference in the plot interaction per soil and subsoil. As for the apparent density there appeared not any statistical differences. For electric conductivity there were only differences between soil and - subsoil and the plot interaction for cultivated and non-cultivated.

The correlation analysis were positive between organic matter and cation interchange capacity with $r=0.43$ and between clay and cation interchange capacity with $r=0.54$. Nevertheless, the clay, pH, and electrical conductivity did not --- show any correlation with the contents of organic matter.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aguirre Cossio, J.E. 1982 Practicas de campo y laboratorio para analisis de suelos. U.A.N.L. Facultad de agronomia.
- 2.- Buckman H, O. y Brady N,C. 1977 Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial M.S. España.
- 3.- Collins G.N., Davey B.G., Smiles D.E. 1971 Suelo, atmosfera y fertilizantes. Primera edición. AEDOS. - España.
- 4.- Comisión del Papaloapan. 1977 Boletin hidrometrico. S.A.- R.H. México.
- 5.- De la Loma, J.L. 1982. Experimentación agricola. 2a. edición. UTEHA. México.
- 6.- Fassbender, Hans W. 1975 Química de suelos. Instituto --- Interamericano de ciencias agricolas. Turrialba, Costa Rica.
- 7.- Hernandez X., E. 1977 Vegetación.Recursos Naturales de la cuenca del papaloapan. S.A.R.H. y Comisión -- del Papaloapan Tomo I. México.
- 8.- Ituarte Olivo J.F. 1977 Aguas subterráneas. Recursos --- Naturales de la cuenca del papaloapan. S.A.R.H. y Comisión del Papaloapan. Tomo I. México.
- 9.- Jackson M.L. 1976 Análisis químico de suelos. Tercera -- edición. Omega.
- 10.- León A.R. 1984 Nueva edafologia. Primera edición. GACETA México.
- 11.- Ortega E. 1978. Química de suelos. PATENA. México.
- 12.- Ortiz V. B. y Ortiz S., C.A. 1980 Edafologia. Edita Departamento de publicaciones de la dirección de -- difución cultural U.A.Ch. Chapingo México.
- 13.- Ochse J.J., Soule Jr. M.J., Dijkman M.J., Wehlburg C. - 1980 Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. LIMUSA. Cuarta reimpreción. --- Vol. I México.

- 14.- Palmer R.G., Troeh. F.R. 1977 Introducción a la ciencia del suelo. Manual de laboratorio. Segunda edición EDITOR S.A.
- 15.- Reyes C. 1978 Diseño de experimentos agrícolas. Primera edición. TRILLAS. México.
- 16.- S.P.P. Carta edafológica, Región Orizaba. Carta E 14-6. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Méx.
- 17.- Tamhane R.V., Vali Y.P. 1983 Suelos su química y fertilidad en zonas tropicales. DIANA. Tercera Impresión. México.
- 18.- Vergara C.A. 1964 La Pueraria phaseoloides como cobertura en plantaciones de Hevea brasilensis en el -- Palmar Ver. Tesis M.c., C.P.E.N.A. Chapingo --- México. Tesis no publicada.
- 19.- Vergara C.A., Sanches M.J., Reyes M.R. (sin fecha) Las Leguminosas como una alternativa para mejorar la productividad de los suelos del trópico húmedo - veracruzano. Dirección general de agricultura de estado de Veracruz. Xalapa Ver. México.

A P E N D I C E

Tabla 11 concentración de datos de porcentaje de materia orgánica en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con cuatro sitios de muestreo.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	1.33	0.84	1.28	0.87	
1	con	15-30	1.18	0.82	0.92	0.61	
1	sin	0-15	1.71	1.37	1.68	1.69	
1	sin	15-30	1.61	0.91	1.28	0.97	
2	con	0-15	0.68	0.68	0.63	0.73	
2	con	15-30	0.21	0.42	1.45	0.53	
2	sin	0-15	0.73	0.77	1.45	0.53	
2	sin	15-30	0.24	0.47	0.68	0.29	
3	con	0-15	1.14	1.14	0.35	1.02	
3	con	15-30	0.15	0.77	0.77	0.92	
3	sin	0-15	0.43	1.27	1.39	0.20	
3	sin	15-30	1.16	0.92	0.92	0.56	

Nota: Cada media representa muestras combinadas de 6 sitios muestreados.

Tabla 12 Análisis de varianza para el contenido de materia orgánica.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F. Teórica	
					0.05	0.01
Total	47	3.4317	0.1794			
Lotes	2	2.4163	1.2084	10.896 ⁺⁺	3.32	5.39
Con o sin cul.	1	0.2993	0.2993	2.698	4.17	7.56
Suelo o subs.	1	0.5526	0.5526	4.933 ⁺	4.17	7.56
Int. L X C	2	0.4340	0.2170	1.957	3.32	5.39
Int. L X S	2	0.0937	0.0463	0.422	3.32	5.39
Int. C X S	1	0.0335	0.0335	0.303	4.17	7.56
Int. L X C X S	2	0.3019	0.1509	1.361	3.32	5.39
Error	33	3.6587	0.1109			

+ Significativo

++Altamente significativa

Int. = interacción

L = lotes

C = con o sin cult.

S = suelo o subste.

Nivel de significancia

Factor	\bar{X}	0.05	0.01
Lote 1 =	1.19		
Lote 2 =	0.82	I	I
Lote 3 =	0.65	I	I

Figura 19 Comparación de medias para materia orgánica entre lotes ordenados por su magnitud, la prueba usada fue D.M.S., las líneas indican que los tratamientos unidos por estas son estadísticamente iguales.

Tabla 13 Concentración de datos del porcentaje de arcilla en tres lotes, cultivados y sin cultivar, a dos profundidades -- con cuatro sitios de muestreo.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	27.4	25.1	21.8	21.0	
1	con	15-30	12.6	24.2	26.0	40.9	
1	sin	0-15	5.0	19.0	24.6	29.6	
1	sin	15-30	3.2	25.0	14.2	26.2	
2	con	0-15	12.1	17.0	18.7	18.4	
2	con	15-30	7.6	20.3	9.0	1.0	
2	sin	0-15	16.2	18.6	4.0	12.0	
2	sin	15-30	7.8	4.3	7.4	8.2	
3	con	0-15	8.5	9.3	9.3	7.0	
3	con	15-30	7.0	8.2	10.0	7.6	
3	sin	0-15	8.1	8.4	7.5	4.8	
3	sin	15-30	9.4	9.4	8.6	6.6	

Nota: Cada media representa muestras combinadas de 6 sitios muestreados.

Tabla 14 Análisis de varianza para el contenido de arcilla.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F. Teórica	
					0.05	0.01
Total	47	3431.21	74.10			
Sitios	3	210.31	70.10	1.80	2.92	4.46
Lotes	2	1580.08	793.04	20.42 ⁺⁺	3.32	5.39
Con o sin cult.	1	139.75	139.75	3.60	4.17	7.56
Suelo o subs.	1	49.41	49.41	1.27	4.17	7.56
Int. L X C	2	72.57	36.28	0.93	3.32	5.39
Int. L X S	2	116.76	58.33	1.50	3.32	5.39
Int. C X S	1	0.32	0.32	0.02	4.17	7.56
Int. L X C X S	2	23.75	11.87	0.30	3.32	5.39
Error	33	1281.76	38.84			

++ Altamente significativa

Int. = interacción

L = lotes C = con o sin cult. S = suelo o subsuelo

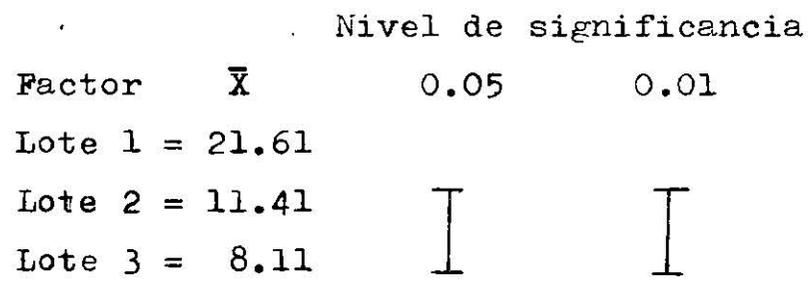


Figura 20 Comparación de medias con prueba D.M.S. para contenido de arcilla entre lotes ordenados por su magnitud, las líneas indican que los tratamientos unidos por estas son estadísticamente iguales.

Tabla 15 Concentración de datos de capacidad de intercambio catiónico en miliequivalentes por 100 gramos de suelo, en tres lotes, cultivados y sin cultivar, a dos profundidades - con cuatro sitios de muestreo.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	20.62	24.87	29.48	20.14	
1	con	15-30	29.40	22.70	24.83	23.20	
1	sin	0-15	27.51	28.98	28.66	28.80	
1	sin	15-30	23.57	25.52	30.81	21.56	
2	con	0-15	13.00	23.07	19.04	6.99	
2	con	15-30	26.03	16.28	19.00	13.51	
2	sin	0-15	17.98	10.16	1.16	14.11	
2	sin	15-30	2.87	10.52	15.59	9.45	
3	con	0-15	7.98	26.93	7.08	8.99	
3	con	15-30	8.35	10.01	10.01	12.12	
3	sin	0-15	17.76	10.34	10.90	7.75	
3	sin	15-30	9.06	10.78	11.84	8.59	

Nota: Cada media representa muestras combinadas de 6 sitios muestreados.

Tabla 16 Análisis de varianza para capacidad de intercambio catiónico.

P. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F. Teórica	
					0.05	0.01
Total	47	3153.64	67.10			
Sitios	3	90.98	30.33	1.17	2.92	4.51
Lotes	2	1924.42	962.21	37.08 ⁺⁺	3.32	5.39
Con o sin cult.	1	32.44	32.44	1.25	4.17	7.56
Suelo o subs.	1	5.74	5.74	0.22	4.17	7.56
Int. L X C	2	134.52	92.26	3.55 ⁺	3.32	5.39
Int. L X S	2	19.59	9.79	0.33	3.32	5.39
Int. C X S	1	20.15	20.15	0.78	4.17	7.56
Int. L X C X S	2	19.33	9.69	0.37	3.32	5.39
Error	33	356.42	25.95			

+ Es significativo

++ Altamente significativa

Int. = interacción

L = lotes C = con o sin cult. S = suelo o subsuelo

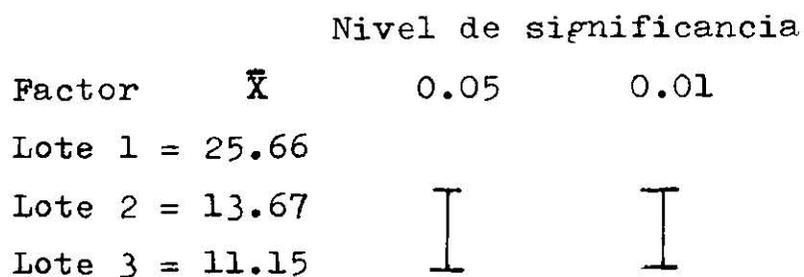


Figura 21 Comparación de medias con la prueba D.M.S. para capacidad de intercambio de cationes en meq., entre lotes ordenados por su magnitud, las líneas indican que los tratamientos unidos por estas son estadísticamente iguales.

Descripción	\bar{X}	Nivel de significancia	
		0.05	0.01
Lote 1 sin cultivo = 26.93		I	I
Lote 1 con cultivo = 24.40		I	I
Lote 2 con cultivo = 17.11			I
Lote 3 con cultivo = 11.43		I	I
Lote 3 sin cultivo = 10.88		I	I
Lote 2 sin cultivo = 10.22		I	I

Figura 22 Comparación de medias con la prueba D.M.S. para -- capacidad de intercambio catiónico en meq. en la - interacción lote X cultivo o sin cultivo, ordenados por su magnitud, la línea a un lado indica que son estadísticamente iguales.

Descripción	\bar{X}	Nivel de significancia	
		0.05	0.01
Lote 1 sin cultivo = 26.93		I	I
Lote 1 con cultivo = 24.40		I	I
Lote 2 con cultivo = 17.11			I
Lote 3 con cultivo = 11.43		I	I
Lote 3 sin cultivo = 10.88		I	I
Lote 2 sin cultivo = 10.22		I	I

Figura 22 Comparación de medias con la prueba D.M.S. para -- capacidad de intercambio catiónico en meq. en la - interacción lote X cultivo o sin cultivo, ordenados por su magnitud, la línea a un lado indica que son estadísticamente iguales.

Tabla 17 Concentración de datos de pH en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con cuatro sitios de muestreo.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	8.2	8.1	8.1	7.0	
1	con	15-30	8.0	8.0	8.0	7.9	
1	sin	0-15	8.3	7.7	6.9	6.8	
1	sin	15-30	8.2	8.2	7.8	7.6	
2	con	0-15	8.4	7.8	8.2	8.4	
2	con	15-30	8.4	7.9	7.8	8.4	
2	sin	0-15	8.0	8.4	8.4	8.4	
2	sin	15-30	7.3	7.3	7.0	8.0	
3	con	0-15	7.6	7.9	8.0	6.7	
3	con	15-30	8.4	8.2	7.6	8.0	
3	sin	0-15	8.2	8.2	8.1	8.2	
3	sin	15-30	8.2	7.8	7.7	8.2	

Nota: Cada media representa muestras combinadas de 6 sitios muestreados.

Tabla 18 Análisis de varianza para el pH del suelo.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F. Teórica	
					0.05	0.01
Total	47	9.62	0.20			
Sitios	3	0.75	0.25	1.67	2.92	4.46
Lotes	2	0.35	0.17	1.13	3.32	5.39
Con o sin cult.	1	0.09	0.09	0.60	4.17	7.56
Suelo o subs.	1	0.00	0.00	0.00	4.17	7.56
Int. L X C	2	0.81	0.40	2.67	3.32	5.39
Int. L X S	2	1.47	0.73	4.87 ⁺	3.32	5.39
Int. C X S	1	0.42	0.42	2.80	4.17	7.56
Int. L X C X S	2	0.90	0.45	3.00	3.32	5.39
Error	33	4.83	0.15			

Int. = interacción

L = lotes C = con o sin cult. S = suelo o subsuelo

+ = Diferencia significativa.

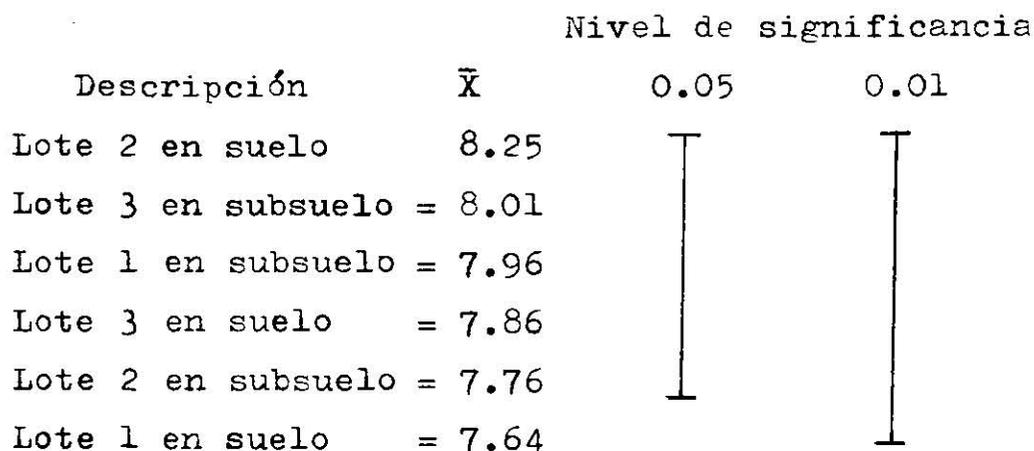


Figura 23 Comparación de medias con la prueba D.M.S para pH en la interacción lotes X suelo o subsuelo ordenados por su magnitud, la línea a un lado indica que son estadísticamente iguales.

Tabla 19 Concentración de datos de densidad aparente del suelo, en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con cuatro sitios de muestreo. Datos en grs./mlt.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	2.04	1.75	1.85	1.69	
1	con	15-30	2.07	1.79	1.70	2.08	
1	sin	0-15	2.04	1.55	1.72	1.89	
1	sin	15-30	2.24	1.88	1.96	1.70	
2	con	0-15	1.67	1.78	1.26	2.31	
2	con	15-30	1.76	1.87	1.77	1.50	
2	sin	0-15	1.82	1.92	1.79	1.93	
2	sin	15-30	1.86	1.82	1.86	1.95	
3	con	0-15	1.89	2.05	1.41	1.50	
3	con	15-30	1.93	2.06	1.41	2.22	
3	sin	0-15	1.43	2.39	2.33	1.61	
3	sin	15-30	1.81	1.97	2.48	1.51	

Nota: Cada media representa muestras combinadas de 6 sitios muestreados.

Tabla 20 Análisis de varianza para densidad aparente.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F. Teórica	
					0.05	0.01
Total	47	3.22	0.07			
Sitios	3	0.12	0.04	0.05	2.92	4.51
Lotes	2	0.06	0.03	0.37	3.32	5.39
Con o sin cult.	1	0.12	0.12	1.50	4.17	7.56
Suelo o subsuelo	1	0.03	0.03	0.37	4.17	7.56
Int. L X C	2	0.03	0.01	0.12	3.32	5.39
Int. L X S	2	0.03	0.01	0.12	3.32	5.39
Int. C X S	1	0.01	0.01	0.12	4.17	7.56
Int. L X C X S	2	0.02	0.01	0.12	3.32	5.39
Error	33	2.80	0.08			

Int. = interacción

L = lotes

C = con o sin cultivo.

S = suelo o subsuelo

Tabla 21 Concentración de datos de conductividad eléctrica - en mmhos/cm, en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con cuatro sitios de muestreo.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	662	621	662		580
1	con	15-30	646	538	538		331
1	sin	0-15	662	464	480		513
1	sin	15-30	580	447	704		397
2	con	0-15	662	497	464		580
2	con	15-30	464	480	497		431
2	sin	0-15	697	513	621		580
2	sin	15-30	397	464	497		431
3	con	0-15	729	745	679		621
3	con	15-30	431	563	538		538
3	sin	0-15	497	538	596		513
3	sin	15-30	497	563	546		538

Nota: Cada media representa muestras combinadas de 6 sitios muestreados.

BIBLIOTECA NACIONAL UANL

Tabla 22 Análisis de varianza para conductividad eléctrica.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F. Teórica	
					0.05	0.01
Total	47	411743.32	8760.50			
Sitios	3	36815.74	12271.91	2.23	2.92	4.51
Lotes	2	21677.33	10833.69	2.02	3.32	5.39
Con o sin cultivo	1	13167.19	13167.19	2.45	4.17	7.56
Suelo o subsuelo	1	90741.03	90741.03	16.89 ⁺⁺	4.17	7.56
Int. L X C	2	13530.37	6765.18	1.26	3.32	5.39
Int. L X C	2	6533.03	3266.51	0.61	3.32	5.39
Int. S X C	1	1544.18	1544.18	0.29	4.17	7.56
Int. L X C X S	2	50452.89	25226.44	4.69 ⁺	3.32	5.39
Error	33	177281.51	5372.17			

+ Es significativo

++ Altamente significativo

Int. = interacción

L = lotes C = con o sin cultivo S = suelo o subsuelo

Trat.				Nivel de signific.	
#	Descripción	Profund.	\bar{X}	0.05	0.01
9	Lote 3 con cultivo	0 - 15 =	693.50		
1	Lote 1 con cultivo	0 - 15 =	631.25		
7	Lote 2 sin cultivo	0 - 15 =	602.75		
5	Lote 2 con cultivo	0 - 15 =	550.75		
11	Lote 3 sin cultivo	0 - 15 =	536.00		
12	Lote 3 sin cultivo	15 - 30 =	536.00		
4	Lote 1 sin cultivo	15 - 30 =	532.00		
3	Lote 1 sin cultivo	0 - 15 =	529.75		
10	Lote 3 con cultivo	15 - 30 =	517.50		
2	Lote 1 con cultivo	15 - 30 =	513.25		
6	Lote 2 con cultivo	15 - 30 =	476.25		
8	Lote 2 sin cultivo	15 - 30 =	447.25		

Figura 24 Comparación de medias con la prueba D.M.S. para -- conductividad eléctrica en la interacción lotes X cultivado o sin cultivo X suelo o subsuelo ordenados por su magnitud, la línea a un lado indica que son estadísticamente iguales.

Tabla 23 Concentración de datos de porcentaje de limo en tres lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con cuatro sitios de muestreo.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	36.2	35.9	54.4	55.8	
1	con	15-30	70.8	48.0	48.2	35.5	
1	sin	0-15	54.8	54.4	58.0	48.8	
1	sin	15-30	26.6	52.0	41.0	46.0	
2	con	0-15	70.6	67.6	67.9	76.6	
2	con	15-30	78.8	71.7	79.6	86.0	
2	sin	0-15	68.4	64.0	68.6	70.7	
2	sin	15-30	50.4	45.7	38.4	56.8	
3	con	0-15	12.4	2.2	9.0	46.4	
3	con	15-30	39.2	36.4	43.4	1.0	
3	sin	0-15	39.3	38.6	5.0	43.4	
3	sin	15-30	44.3	11.0	22.5	39.8	

Nota: Cada media representa muestras combinadas de 6 sitios muestreados.

Tabla 24 Concentración de datos de color de suelo en tres --
 lotes, cultivados y sin cultivo, a dos profundidades con cua
 tro sitios de muestreo. Los datos son de suelo seco.

Lote	Cultivo	Profund. cms.	S	I	T	I	O
			1	2	3	4	
1	con	0-15	10YR4/3	10YR4/4	10YR4/4	10YR5/3	
1	con	15-30	10YR5/4	10YR4/4	10YR5/3	10YR6/4	
1	sin	0-15	5YR4/4	10YR4/3	10YR3/3	5YR2.5/4	
1	sin	15-30	10YR4/3	10YR4/3	10YR5/3	5YR4/4	
2	con	0-15	10YR5/4	10YR6/3	10YR5/4	10YR5/4	
2	con	15-30	10YR5/4	10YR6/4	10YR6/3	10YR5/4	
2	sin	0-15	10YR6/3	10YR6/3	10YR5/4	10YR5/4	
2	sin	15-30	10YR5/4	10YR5/4	10YR5/4	10YR5/4	
3	con	0-15	10YR5/4	10YR5/4	10YR5/3	10YR5/4	
3	con	15-30	10YR5/4	10YR5/3	10YR5/4	10YR5/4	
3	sin	0-15	10YR5/4	10YR5/4	10YR5/4	10YR5/4	
3	sin	15-30	10YR5/4	10YR5/4	10YR5/4	10YR5/4	

Nota: Cada dato representa muestras combinadas de 6 sitios
 muestreados.

