



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
" Z A R A G O Z A "

EFFECTO DEL ESTIERCOL BOVINO SOBRE LAS PROPIEDADES QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DEL SUELO Y LOS RENDIMIENTOS DE MAIZ EN TIZAYUCA, HIDALGO.

Tesis que para obtener el título de:

BIOLOGO

Presenta:

ROGELIO CARRILLO GONZALEZ

1984

México, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

		Pág.
I	Introducción -----	1
II	Antecedentes -----	3
III	Revisión bibliográfica -----	5
IV	Objetivos -----	11
V	Hipótesis -----	12
5.1	Postulados -----	12
VI	Materiales y métodos -----	14
6.1	Zona de estudio -----	14
6.1.1	Localización -----	14
6.1.2	Climatología -----	14
6.1.3	Suelos -----	15
6.1.4	Geforma -----	15
6.1.5	Hidrología -----	16
6.1.6	Vegetación -----	16
6.1.7	Uso actual -----	17
6.2	Material -----	22
6.3	Selección de parcelas -----	23
6.4	Muestreo -----	24
6.5	Análisis de suelo -----	24
VII	Resultados -----	28
7.1	Acerca de la construcción de terrazas -----	28
7.2	Descripción de parcelas -----	30
7.3	Clasificación de variables -----	32

7.4	Presentación de resultados -----	34
VIII	Análisis de resultados -----	46
8.1	Variación de las propiedades químicas y la conduc- tancia en relación al carbono orgánico -----	46
8.2	Comparación de manera general de los cambios en - la población, la actividad, biomasa y el rendi- - miento, en relación al Carbono orgánico y los nu- trientes -----	55
8.2.1	Con la materia orgánica -----	57
8.2.2	Con el nitrógeno -----	64
8.2.3	Con el fósforo -----	68
8.3	Observaciones en relación a la profundidad del - suelo -----	73
8.4	Observaciones con respecto al tiempo de adición -	85
8.5	Comparación en base al tipo de textura -----	94
8.6	Relación entre las variables microbiológicas y el rendimiento -----	100
IX	Discusión' -----	106
X	Conclusiones -----	121
XI	Recomendaciones -----	123
XII	Bibliografía -----	125

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

	Pág.
Croquis de localización -----	18 y 19
Climodiagrama -----	20
Mapa climático -----	21
Diagrama de la secuencia de trabajo -----	22
 CUADRO No.	
1 Datos generales de la tecnología agrícola utilizada y el rendimiento -----	35
2 Características químicas de las parcelas -----	39
3 Propiedades físicas de las superficies en observación -----	41
4 Características microbiológicas determinadas en los suelos -----	43
5 Variación de las propiedades químicas y la conductancia del suelo en relación a la materia orgánica -----	47
5.A Variación respecto al tiempo de las propiedades químicas y la conductancia -----	51
5.B Comparación de las características químicas en suelos delgados -----	52
5.C Comparación de las características químicas en suelos profundos -----	54

6	Comparación de manera general de los cambios en - las propiedades microbiológicas con respecto a la materia orgánica -----	56
7	Variación de las características microbiales y la producción con respecto al contenido de nitrógeno	65
8	Efecto del fósforo sobre las propiedades microbia les y el rendimiento -----	69
9	Variación de las propiedades microbiales y el ren dimiento respecto a la materia orgánica, el nitró geno y el fósforo en relación al espesor del sue lo -----	73
10	Variación de las propiedades microbiales y el ren dimiento en relación al tiempo de adición -----	84
11	Comparación en cuanto al tipo de estiércol en par celas abonadas aproximadamente con la misma canti dad de materia seca -----	92
12	Comparación entre clase textural de la variación- en las propiedades microbiológicas con respecto - al aumento de materia orgánica y los nutrientes -	95
13	Ecuaciones de las curvas: variables microbiológi cas - versus - rendimiento, en la que se encon tró comportamiento lineal -----	101

I INTRODUCCION.

Existe una gran variedad de técnicas agronómicas ideadas para incrementar la producción de los cultivos, entre las cuales y al parecer una de las de mayor auge, es el uso de fertilizantes inorgánicos y abonos ó enmiendas orgánicas; entre éstas últimas el estiércol ha sido usado a través del tiempo, reconociéndose en la actualidad su valor como adicionador de nutrientes al suelo y como agente capaz de modificar algunas de sus propiedades.

La composición y características de los estiércoles están en función de la especie animal de la cual son obtenidos; de la alimentación que a éstas se les proporciona y del manejo, almacenado y procesado que se les dé.

Debido a la diversidad de estiércoles que existe, se hace necesaria la evaluación de la forma en que van a afectar al suelo, así como la determinación de la dosis a adicionar a cada tipo de suelo, para aprovechar óptimamente las bondades que trae consigo la utilización de estos productos y para promover el uso de ellos entre los agricultores, es decir, para generar la tecnología de utilización más adecuada de esos insumos.

A partir de ésto surgió la inquietud de la realización de este trabajo, con estiércol producido en el CAIT (Complejo Agrícola Industrial de Tizayuca) aplicado en suelos típicos de la zona con el fin de obtener información de su efecto en el suelo; potencial de abastecimiento de nutrientes, la actividad y la biomasa microbial del mismo,

así como en el rendimiento. Partiendo de la suposición de que la concentración de nutrientes aplicados al suelo disminuyen gradualmente -- conforme transcurre el tiempo desde la adición, lo mismo que el rendimiento. Además que existe una notable diferencia entre el efecto sobre el suelo del estiércol fresco y semi-seco.

La calidad del estiércol del CAIT se determinó en este trabajo mediante la medición de los elementos disponibles para las plantas, como son el nitrógeno y el fósforo; sin embargo, la actividad de los micro-organismos y su crecimiento poblacional se emplean como una herramienta adicional para tal finalidad. Además se toman observaciones de rendimiento en términos de forraje verde y seco, tomando en consideración el tiempo transcurrido desde la aplicación del abono.

La realización de este trabajo fué durante el ciclo agrícola de temporal 1982 en el área de influencia del CAIT. Se llevó a cabo con el apoyo del Colegio de Postgraduados y de PRODEL (Programa de Descentralización de las Explotaciones Lecheras del Distrito Federal), y con la colaboración de campesinos de la localidad de Santa Ana Tlachiahualpa, Hgo. y los Reyes Acozac, Edo. de México.

II ANTECEDENTES.

Dentro del Complejo Agrícola Industrial de Tizayuca (CAIT) se está produciendo una gran cantidad de estiércol, más de 400 000 - tons/año. Este material es producido en tres formas: Estiércol fresco, recién salido del establo conteniendo gran cantidad de agua (75 a 90%) y es potencialmente fermentable; Estiércol semi-seco, denominado así porque ya ha sido desecado al aire y la cantidad de humedad ya es del orden del 50%, y por último: Estiércol seco o composta que además de expuesto al medio ambiente, ha pasado por un proceso en el cual se tritura y se propicia la aireación para favorecer la pérdida de agua más rápidamente, siendo el contenido de humedad final de 6 a 35 por ciento.

El estiércol es considerado como un subproducto de la cuenca lechera y al que como alternativa más rentable, se le ha destinado para venderlo a los agricultores de las zonas aledañas. En la actualidad sólo se distribuye a 10 Kms. a la redonda en forma crediticia, para ser empleado como enmienda orgánica o abono en terrenos de temporal en su mayoría, incorporando estiércol y produciendo forraje que después de ensilado, es usado como alimento para el ganado de la cuenca lechera.

En la región se está aplicando principalmente los primeros dos tipos de estiércol de los arriba mencionados, por ser los que en mayor cantidad se producen y son de menor precio. Por una parte se aplican en terrenos que tienen cierto tiempo de ser cultivados y por

otra en terrenos donde se han realizado o mejor dicho, se están llevando a cabo trabajos de conservación de suelos. Estos trabajos están dentro de un programa (convenio entre el Programa de Descentralización de las explotaciones Lecheras del Distrito Federal y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) llamado "Reincorporación de tierras a la producción". Las dosis que se están usando están en base a una recomendación hecha para otra región y otro tipo de estiércol, - siendo de 150 y 50 tons. por hectárea de estiércol fresco y semi-seco respectivamente. A menudo no son bien distribuidas ni rápidamente incorporadas al suelo o mezcladas con el tepetate, por lo que existe cierta incertidumbre de cuán adecuada es. Resulta por lo tanto lógica la necesidad de obtener información del efecto que está teniendo en las características del suelo y en el rendimiento del cultivar con la idea de evaluar y fomentar el uso de este producto.

III REVISION BIBLIOGRAFICA.

Recientemente el estudio sobre desechos orgánicos como basuras urbanas, aguas cloacales y estiércoles, se ha enfocado a la evaluación del procesamiento a que pueden ser sometidos para el establecimiento de alternativas viables para la generación de energía, tratando que concomitante a ello, se reduzca en lo posible los problemas de contaminación que se generan cuando es alta la concentración de estos productos, siendo relativamente pocos los estudios que se han hecho sobre los efectos de su aplicación en el suelo.

El estiércol es concebido de manera general como un producto compuesto por combinaciones de origen vegetal fermentadas ó fermentables, destinadas al mantenimiento o mejora del volumen de la materia orgánica del suelo (Gros, A. 1981), con baja concentración de nutrientes, los cuales se encuentran en forma orgánica y debido a ello deben pasar por un proceso de mineralización para que sean potencialmente asimilables por los vegetales.

La composición promedio del estiércol del CAIT. es como sigue (comunicación personal, Hernández, E.V., 1982).

MATERIAL	E. FRESCO	E. SEMISECO
Materia seca	21.78 %	72.18
Nitrógeno	2.9	3.85
Fósforo	0.49	0.83

Barver, L.D. y Harper (1935), Barver, L.D. (1935), Aldrfer y Markle en 1942 citados por Rodríguez, P. (1967), establecieron relaciones entre el contenido de materia orgánica, el contenido de arcilla y la capacidad para formar agregados en suelos con texturas finas. Estas observaciones fueron corroboradas por Elson en 1947 loc cit, quién encontró que el estiércol es un acondicionador del suelo al mejorar la estabilidad de los agregados.

Emerson, W.W. en 1959, en Rodríguez, P. (1967), propuso un modelo que explica el desarrollo de la estructura de los agregados donde distingue cuatro tipos de enlaces primarios.

Cuarzo	-	Mat. Org.	-	Cuarzo
Cuarzo	-	Mat. Org.	-	Láminas de arcilla
Arcilla	-	Mat. Org.	-	Arcilla
Arcilla	-	Arcilla	-	(arista - cara)

Rodríguez, P. en 1967 estudió las variaciones que tienen los suelos de la cuenca lechera del Valle de México como consecuencia de la adición de estiércol bovino bajo diferentes dosis (60 a 300 tons. por ha.) y tiempos desde la última aplicación (1 a 4 años). El contenido de materia orgánica se elevó de un rango de 0.5 - 1.5% a 2.04% con una aplicación de 60 tons. por ha., a 2.85% con 120 - 150 tons. por ha. y hasta 3.94% con 220 tons. por ha. En suelos migajón arcillo-limoso, franco y migajón arenoso, se incrementa la formación de agregados. También se encontró relación directa entre la materia orgánica y la densidad aparente, a excepción de cuando se aplican bajas dosis. El estiércol también aumenta la humedad aprovechable, lo

cual se observó mejor cuando el contenido de arcilla es bajo. Los mejores rendimientos de maíz se obtuvieron al combinar fertilizante químico y estiércol.

Swaby, R. J. en 1950 demostró que las proteínas y poliuronidos tienen efectos agregantes, todos ellos como producto de la acción microbiana.

El estiércol disminuye la viscosidad del suelo húmedo y su densidad aparente, actúa como un retardador de la evaporación, principalmente cuando la dosis excede a las sesenta tons. por ha. (Fernández G.R. 1982).

Mathers, C.A., Stewar, B.A. en 1979 subrayan que si bien el estiércol aumenta el potencial de abastecimiento de nutrientes, en ocasiones debido a su alto contenido de sales solubles, 50 Kg. por ton. - puede tener una acción detrimental.

Gilberton, B.G. en 1979 encontró que la cantidad de nitrógeno perdido por volatilización, es afectado por el método de aplicación del estiércol, los análisis de la cantidad volatilizada a los 4 días de aplicación en seis tipos de desechos de tres especies, demuestran esta aseveración.

El estiércol hace más asimilables para las plantas ciertos elementos nutritivos nativos, como el fósforo, y por su acción quelatante propicia la disponibilidad de elementos como el fierro. Se ha propuesto el concepto de series de mineralización para entender el proceso de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, después de la -

aplicación de estiércol, así por ejemplo para un estiércol con 1.5% de nitrógeno se ha propuesto la serie de 0.25, 0.1, 0.5, 0.05, lo que significa que el primer año se mineraliza el 25% de nitrógeno; el segundo año el 10% del sobrante y así sucesivamente (Gilberton, C., et al 1979 Ing. agr. asoci., ed., 1982).

Martín en 1959 citado también por Rodríguez, P. 1967, encontró que la influencia de los microorganismos puede ser directa o indirecta sobre las características del suelo. Durante períodos de intensa actividad biológica, las células y filamentos de los organismos como los hongos, pueden mecánicamente mantener unidas las partículas del suelo y de esta manera en forma directa, ayudan a la agregación. Dicha acción puede ser efímera puesto que las sustancias aglutinantes producidas por las células, así como los micelios envolventes, pueden ser a su vez atacados por subsecuentes, acción microbiana; debido a esto, si se quiere mantener un nivel alto de agregación, se requieren hacer adiciones periódicas de residuos orgánicos.

Según Gros, A. (1981), la incorporación de estiércol favorece la actividad biológica al estimular el crecimiento de las poblaciones microbianas ya existentes en el suelo y al diversificar aquellas por la introducción de otras nuevas, que se manifiesta en un mejoramiento de la calidad del suelo.

Ferrat, S. en 1972 evaluó el rendimiento de grano y forraje en maíz bajo riego a diferentes densidades de siembra con estiércol y fertilizante químico y encontró que el mayor rendimiento económico de

producción, se obtuvo con el tratamiento de fertilizante bajo la dosis 100 - 120 - 50 Kg/ha. con 72000 plantas por hectárea, y en segundo lugar los tratamientos con estiércol más fertilizante con dosis de 100 - Kg/ha. de N, 120 Kg/ha. de P_2O_5 y 50 Kg/ha. de K,. No se consideró el efecto residual de los tratamientos con estiércol.

Mathers y Stewar, 1980, iniciaron estudios (en 1969) para evaluar los efectos de fertilizantes y diferentes tasas de adición de abono, sobre la cantidad y rendimiento del maíz y sorgo entre otros cultivos, encontrando que la densidad aparente disminuyó al aumentar el porcentaje de materia orgánica, ocurrió lo mismo con la conductividad eléctrica del suelo, el nitrógeno intercambiable aumentó y también la producción del cultivo. Las adiciones altas proveen mejores condiciones físicas al suelo, pero no aumentan más la producción.

Nambu, S. and Gemma, T. en 1980, investigaron los efectos del purín (lechada) de cerdo y vacuno, cuando son aplicados al suelo inyectándolo a diferentes profundidades (18 a 20 cm.), combinando los resultados con diferentes dosis de fertilizante comercial y combinaciones de purín con fertilizante en suelos derivados de cenizas volcánicas, observaron que la combinación entre purín y fertilizante redituó mejores rendimientos.

Safley, M.J., Lessma, M.G., Wolf, D.J. y Smith, C.M. en 1980 compararon los efectos que tenía el modo de aplicación del purín en la producción de maíz, lo aplicaron en la superficie en un caso y en el otro lo inyectaron, El rendimiento fué mayor cuando lo inyectaron.

En suelos de ando de la región agrícola de Michoacán, México se han logrado incrementos espectaculares en el rendimiento con iósis de 2.5 a 5 tons. por ha. de gallinasa, teniéndose incrementos hasta de 5 tons. por ha. en cultivos de maíz (Fernández, G., 1982 *idem.*).

IV OBJETIVOS.

El objetivo del presente trabajo es el de obtener información acerca del efecto que tiene el estiércol bovino del CAIT, sobre el potencial de abastecimiento de nutrientes del suelo y la actividad microbiana que genera, así como sobre el rendimiento del cultivo en parcelas con diferentes tiempos de adición de este producto.

Los objetivos específicos son:

Determinar el efecto en las propiedades químicas siguientes: contenido de nitrógeno, de fósforo, porcentaje de materia orgánica y sobre el pH.

Evaluar el papel que juega el estiércol en la actividad microbiana y en la biomasa del suelo.

Determinar su efecto sobre las poblaciones microbianas de hongos, bacterias y actinomicetes.

Evaluar el efecto del estiércol sobre el cultivar con base en la determinación del rendimiento de grano y forraje en parcelas de agricultores.

V HIPOTESIS.

La cantidad de nutrientes potenciales asimilables por las plantas, la biomasa y la respiración microbial, son proporcionalmente mayores en suelos fertilizados con estiércol fresco, que en aquellos donde se aplica estiércol semi-seco.

La cantidad de nutrientes disponibles para las plantas se hace menor conforme pasa el tiempo después de la adición del estiércol.

Manteniendo a todos los factores de la producción constantes, el rendimiento del cultivar es notablemente mayor el año en que se adiciona el estiércol que en los años subsecuentes; esto es semejante con las tasas de respiración microbial.

Los postulados fundamentalmente son:

La aplicación de estiércol produce un notable incremento en la actividad biológica, en el primer año, conforme pasa el tiempo, esta reacción va disminuyendo hasta alcanzar una cierta estabilidad.

La disponibilidad de nitrógeno asimilable en el suelo, va disminuyendo año con año, debido al proceso de mineralización que sufre el nitrógeno incorporado, de tal manera que la fertilidad es menor con relación al primer año de adición.

Al incrementar el contenido de materia orgánica del suelo, se incrementa la actividad biológica, lo que se traduce en un incremento del fósforo y nitrógeno, que da lugar al mejor desarrollo de las -

plantas.

La incorporación de estiércol al suelo, favorece el aumento de las poblaciones microbiales, tanto por introducción de nuevas especies, como por propiciar el desarrollo de las nativas.

La cantidad de nitrógeno incorporado al suelo por el estiércol, está en función del tiempo transcurrido entre el tiempo en que se excreta y el tiempo en que es incorporado.

VI MATERIALES Y METODOS.

6.1 ZONA DE ESTUDIO.

6.1.1 LOCALIZACION.

Las parcelas experimentales están ubicadas una parte al sureste de la población de Tizayuca, Municipio del Estado de Hidalgo, a una distancia de 10 a 12 Kms. en las laderas del cerro "de Paula". pertenecen al Ejido de Sta. Ana Tlachiahualpa. Otras están localizadas al oeste del Municipio Los Reyes Acozac, Estado de México, dentro de pequeñas propiedades.

Se localiza a una altitud aproximadamente de 2300 a 2400 mm. con las siguientes coordenadas: 19° 48' de latitud norte y 98° 59' de longitud oeste. (figs. 1 y 2).

Son terrenos con un alto grado de erosión ocasionada por la acción de las lluvias que producen fuertes acarreos del terreno original, así como por la acción de los vientos.

6.1.2 CLIMATOLOGIA.

El clima que predomina en la zona de trabajo es un C - (Wo) (W) b (i') templado subhúmedo con precipitación media anual de 590 a 600 mm. con régimen de lluvias en verano, iniciándose el período lluvioso en mayo y terminando en septiembre, y con menos del 5% de lluvia en invierno. Poca oscilación de temperatura (entre 5 y 7°C)

con heladas a principios de Octubre que desaparecen en Enero o inicios de Febrero y con una temperatura media anual de 14.9° C. (Ver figura 3).

6.1.3 SUELOS.

Los suelos de las parcelas de Santa Ana Tlachiahualpa son someros, con profundidades de 5 a 20 cms. Texturas medias a gruesas - con pedregosidad superficial y afloramientos de roca y tepetate.

En la zona de los Reyes Acozac, los suelos tienen de 5 a 20 cms. Texturas medias a gruesas como en los anteriores, con algunos - afloramientos de tepetate.

La compactación del material que soporta a los suelos no permite el libre desarrollo de las raíces, salvo algunas excepciones.

6.1.4 GEOFORMA.

En Santa Ana Tlachiahualpa son lomeros muy pequeños forma- dos por lóbulos de flujos de lava basáltica y escorias insertadas, te- niendo una pendiente general de 8 a 12% (Martínez, D.D., 1982).

En los Reyes Acozac son laderas interfluviales convexas con pendiente ligera de 4 a 10 por ciento.

En el área dominan las rocas del cenozoico y pleistoceno, representadas en el basamento rocoso por brecha volcánica con rocas ex- trusivas básicas en algunas zonas y afloraciones de basalto, en las -

partes bajas, menores a 2400 msnm. Se encuentra un basamento de arenisca-toba.

6.1.5 HIDROLOGIA.

En Santa Ana Tlachiahualpa existen formaciones de corrientes superficiales torrenciales durante el período lluvioso, en el estío la humedad es muy deficiente.

En los Reyes Acozac son sitios donadores con drenaje superficial moderado. Período húmedo sólo en la época lluviosa. Período seco más allá del estío.

6.1.6 VEGETACION.

La vegetación establecida en el cerro de Paula, está compuesta de matorral crasicale y pastizal antropógeno (Rzendowsky, J. - 1972), donde la acción del pisoteo es un factor importante de perturbación. En períodos largos de sequía toma una coloración amarillo pajizo.

Se pueden distinguir tres estratos.

El estrato arbóreo constituido por pirú (*Schinus molle* L.).

El arbustivo, en el cual predominan especies como nopal cardón (*Opuntia streptenta* L.), maguey pulquero (*Agave s p* L.), abrojo o cholla (*Opuntia s p* L.), mezquite (*Prosopis juliflora* L.).

El estrato herbáceo constituido principalmente por gramíneas

anuales, entre ellas están los géneros (*Aristida* sp) y (*Buchloë* sp).

6.1.7 USO ACTUAL.

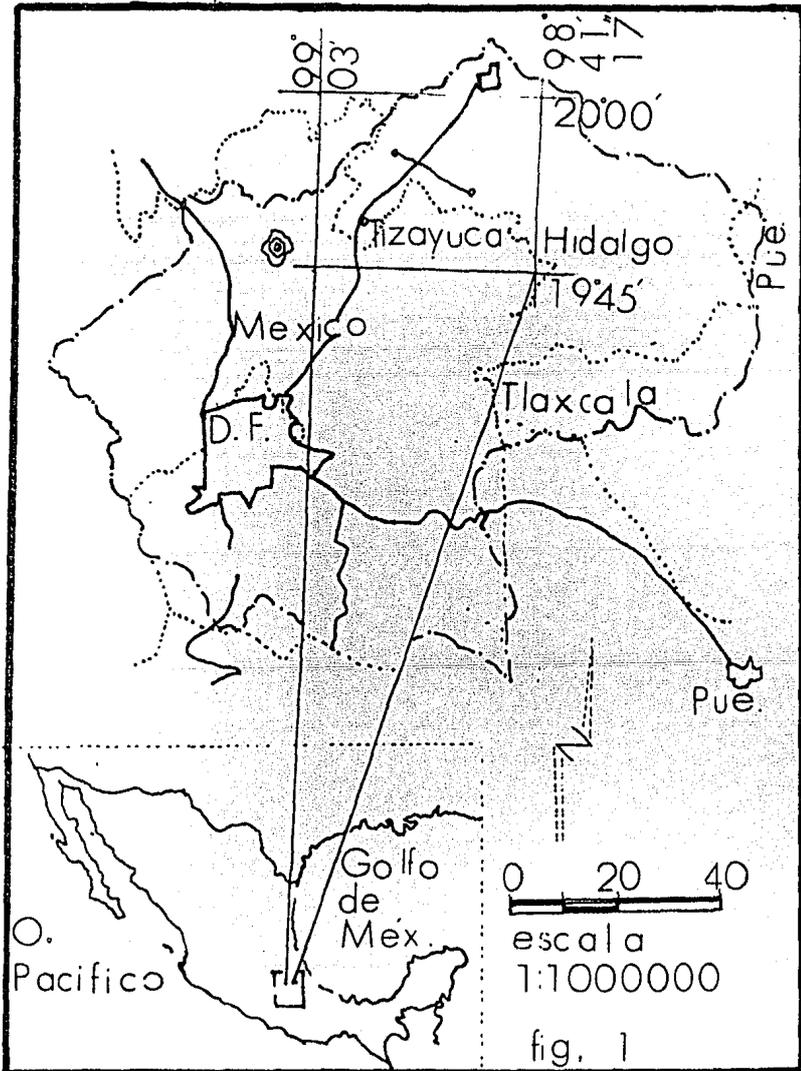
Los cultivos tradicionales de la zona de estudio son: maíz (*Zea mays* L.), que se destina principalmente para autoconsumo y ocupa la mayor superficie de terreno dedicado a la agricultura básicamente - de temporal. También se siembra frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sólo o asociado con maíz ocasionalmente imbricado en el tiempo. Cuando el temporal se retrasa la haba (*Vicia faba* L.), también se asocia con el maíz.

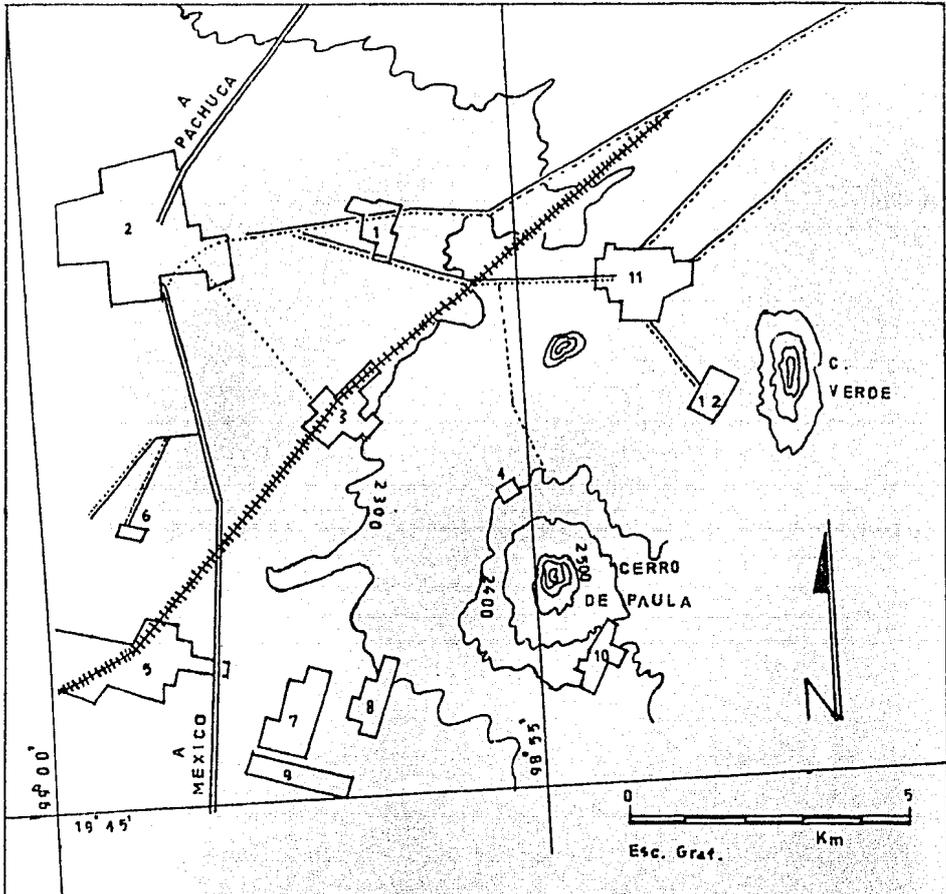
La explotación del nopal y del maguey pulquero es de poca importancia, limitándose a nivel familiar y a usarlo como lindero de parcelas.

Las superficies de terreno que no se han dedicado a la agricultura, se utilizan para la ganadería trashumante de hatos mixtos.

El sobre pastoreo principalmente en época de sequía, ha traído como consecuencia el desnudamiento de algunas partes de la superficie del terreno, favoreciendo la erosión hídrica cuando se inician las lluvias, fenómeno del cual no se percata el agricultor, hasta que hay afloramientos del sustrato rocoso o incluso formación de carcavas.

CUENCA DEL VALLE DE MÉX. Croquis de localización





Tepojaco	1
Tizayuca	2
Huitzila	3
Hacienda " Paula "	4
Los Reyes Acozac	5
Sta Ma Ajolupan	7
Sta Ana Tlachihualpa	10
Temascalapa	11
Teopancala	12

CROQUIS DE:
Localizacion

FIG: 2

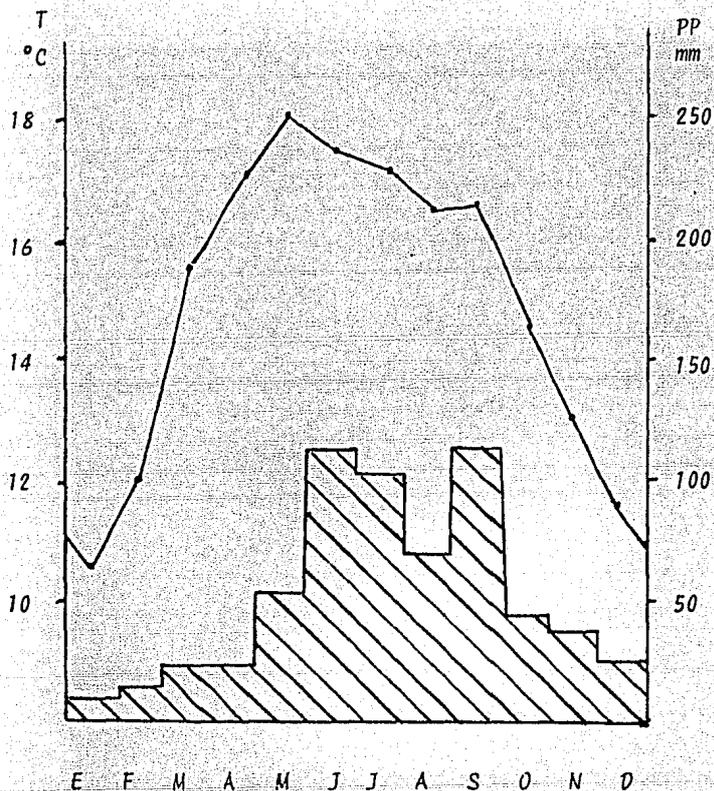


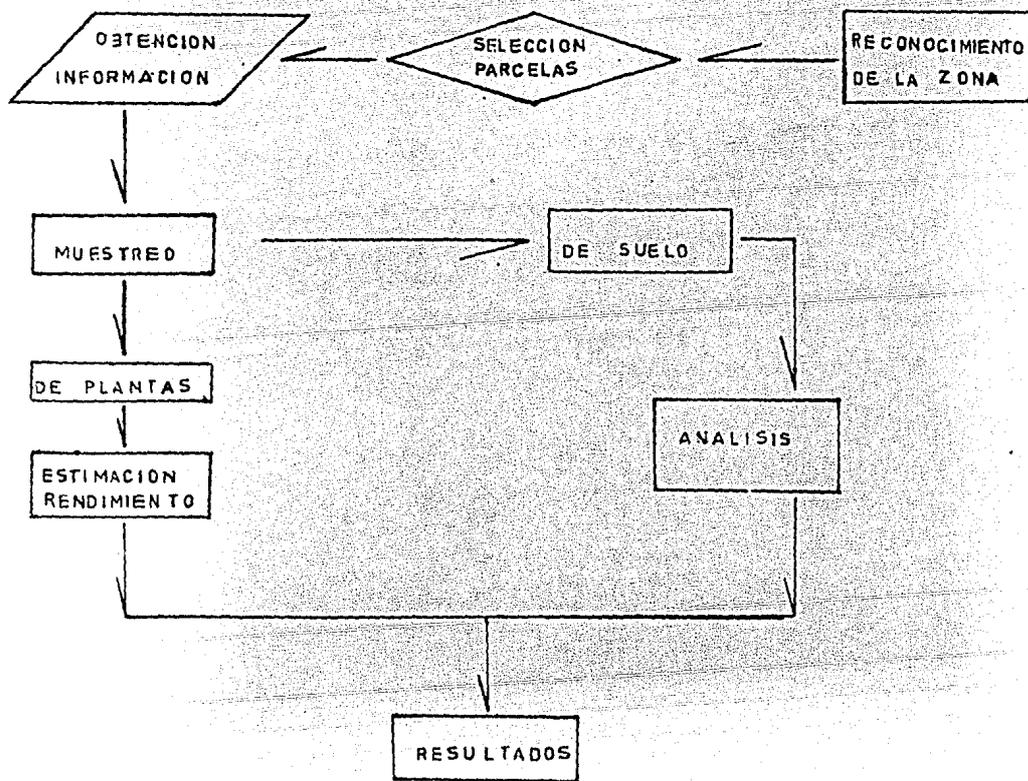
Fig. # 3. CLIMODIOGRAMA DE LA ESTACION DE PAULA.

Las barras muestran los promedios mensuales -
lluvia y la línea que une los puntos, da promedios de temperatu
ra media mensual.

6.2 MATERIAL.

El material para las determinaciones en el laboratorio fué proporcionado por la Sección de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos del Colegio de Postgraduados, con la colaboración del Programa de Descentralización de las Explotaciones Lecheras del Distrito Federal. (PRODEL).

Abajo se representa esquemáticamente la secuencia de trabajo.



6.3 SELECCION DE PARCELAS.

Se decidió trabajar con parcelas temporales a las cuales se les ha aplicado estiércol procedente del CAIT., para lo cual se localizaron las superficies que tuvieran estas características, procediéndose a entrevistarse con los propietarios y/o ejidatarios, para que permitiesen tener las parcelas en observación, así como para que proporcionaran datos sobre ellas.

La selección de parcelas se hizo en función al tiempo de la última aplicación, la dosis y el tipo de estiércol aplicado, fué como sigue: Se eligieron parcelas cuya aplicación fuera hace uno, dos y tres años y también con diferentes dosis (87 y 144 tons. por ha., en promedio de materia seca) y de estiércol. Se consideraron dos tipos de estiércol: el semi-seco y el fresco. Finalmente también se contempló como variable el espesor del suelo, reconociéndose dos profundidades diferentes.

Se eligieron parcelas con uno, dos y tres años, desde la última aplicación del estiércol semi-seco y un testigo, cuyo grosor de suelo era de 10 a 20 cms.

Por otra parte se consiguió una parcela de un año de adición de estiércol fresco, con la misma profundidad de suelo de 10 a 20 cms.

Solo se trabajó una parcela con un año de adición de estiércol semi-seco, con su testigo sin estiércol; ambos con suelo delgado. (con afloramiento de tepetate).

Esto fué debido a restricciones de recursos como transporte y tiempo. Además de otras limitaciones como lo errático del temporal de la zona, pues aunque se consiguieron parcelas con dos, tres y - hasta cuatro años desde la aplicación de estiércol fresco, no se contemplaron en el trabajo porque se roturaron después de dos meses aproximadamente de ser sembradas, ya que las plantas estaban completamente secas. Otras parcelas con suelo esquelético y con aplicación de diferentes dosis de estiércol y tipos de los mismo no fueron cultivadas este año, por lo que aunque reunían las características, no se tomaron en cuenta.

6.4 MUESTREO.

El tipo de muestreo del suelo fué sistemático, sacando veinte muestras por hectárea (a una profundidad de 0 - 20 cms.) para de ellas - sacar una muestra compuesta. Se optó por esta técnica debido a la - heterogeneidad del suelo "por se", y a la distribución del estiércol - pues había áreas sin nada de este material.

En el muestreo de plantas se eligieron cinco plantas por hectárea cuando el cultivar tenía una cierta homogeneidad, de otra manera, se tomaron diez plantas procurando que las mismas fueran tanto robustas como poco desarrolladas.

6.5 ANALISIS DEL SUELO.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire, tamizadas y analizadas en base a la siguiente metodología.

Textura por el método descrito por Day, R.P. (1965 en Black, C.A.). modificado por Ortíz, S.C.A. (1978).

Densidad aparente por el método de la probeta, pues en estos suelos no se encontró mucha susceptibilidad a formar terrones, además de la influencia de las recientes roturaciones.

La reacción se obtuvo usando el potenciómetro en diluciones del 1:2.5 con agua destilada y 1:2.5 solución 1 N de (KCl) cloruro de potasio, con la finalidad de observar tanto el efecto en el pH como en la acidez aparente de la aplicación de estiércol.

El nitrógeno se determinó con el método de arrastre de vapor para nitrógeno inorgánico (intercambiable) en forma de amonio (NH_4^+), Ho, C.L. & Bremner, L.M. (1960) en Black, C.A. (1965). Se usó este método porque el nitrógeno ya en forma mineral es asimilable por las plantas al pasar de NH_4^+ a NO_3^- . Además de alguna manera esta determinación nos da una idea del nitrógeno total del suelo. El nitrógeno total no se determinó.

Fósforo mediante el método de Olsen, S.R. et al 1954 en Black, C. A. 1965, para la determinación de fósforo disponible, debido a que el pH de los suelos es moderadamente alcalino.

La conductancia se determinó en mmhos/ cm^2 / a 25° C de temperatura, en el extracto de saturación siguiendo el método propuesto por Richard, L.A. (1954).

Contenido de materia orgánica: se usó la técnica descrita por Walkley and Black, C.A. 1934 en Black, C.A. 1965.

En lo que respecta al aspecto microbiológico, se cuantificó la actividad microbiana usando como índice la evolución de dióxido de carbono. Para ésto se usó la técnica propuesta por Rodríguez Kabanana. 1967 (ver Bond, H.J. and Fribourg, A.H. 1972), que consiste en un sistema con flujo continuo de aire, sin control de temperatura. - También se usó la técnica descrita por Elkan, G. y Moore, W.A. (1962) en la cual a diferencia de la anterior, se controla la temperatura - manteniéndola de 28 a 30° C y no hay flujo de aire.

La biomasa se cuantificó usando la técnica desarrollada por Jenkinson, S.D. and Powison, S.D. (1975) modificada por Anderson and Domsch (1978). Después de diez días de incubación a veinte grados centígrados, se determinó el porcentaje de humedad de las muestras, - secándolas al aire.

El recuento de hongos, bacterias y actinomicetes se hizo - con la técnica de diluciones en placa de agar (Johnson, C. 1960, - Black, C.A. 1965, Bond H.J. and Fribourg, A.H. 1972), utilizando los medios de cultivo: *Agar nutritivo*, *Czapeck Vox* y *agar de papa y dextrosa*, para actinomicetes, bacterias y hongos respectivamente, las diluciones preparadas fueron en el mismo orden: 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} ; - 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} ; 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} , incubándose las placas a temperatura ambiente protegidas de la luz y corrientes de aire por - siete días. Los conteos se hicieron a los tres, cinco y siete días después de la inoculación.

Hay que aclarar que para hacer las determinaciones microbiológicas, no se secó ni se tamizó el suelo.

A las muestras de las plantas se les determinó el porcentaje de humedad secándolas a 105° C hasta peso constante, para proceder a hacer la estimación de la producción de forraje.

La estimación del rendimiento se hizo a los 3.5 meses de la siembra en base al muestreo descrito anteriormente, en términos de forraje verde y seco, considerando el total de la parcela útil. La determinación de grano no se hizo, pues no se cosechó, ya que la poca lluvia que se presentó fué el factor más limitante de la producción. Sin embargo, aunque ésto sea sólo una estimación, nos dá una idea del efecto del estiércol sobre el rendimiento.

VII RESULTADOS.

7.1 ACERCA DE LA CONSTRUCCION DE TERRAZAS.

El Complejo Agrícola Industrial de Tizayuca (CAIT), en colaboración con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, está llevando a cabo un programa denominado "Reincorporación de tierras a la producción" el cual consiste de la construcción de terrazas para conservar el suelo y el agua, complementando los trabajos con la adición de estiércol que se usa como enmienda o abono para el suelo, o incluso para propiciar la formación del suelo propiamente dicho, al mezclarlo con el tepetate que aflora en las parcelas con suelos muy delgados, o en las superficies que se preparan para ser cultivadas, ampliando así la frontera agrícola. Esto beneficia al Programa de Descentralización de las explotaciones Lecheras (PRODEL), porque se tiene asegurado el lugar en donde utilizar el estiércol, que viene siendo un producto secundario del Complejo, y así disminuir el problema que se tiene para desecharlo, sirviendo a su vez como un nexo para propiciar la producción de forraje en la zona y asegurar parte de los insumos de la cuenca.

El tipo de terrazas que se construyen son de banco. El orden de la realización de estos trabajos de conservación es como sigue:

Trazado o levantamiento topográfico. Con la finalidad de delimitar los lugares donde deben ir los bordos, procurando que la pendiente no exceda el 4%. La distancia entre los bordos por lo regular se deja en base a las necesidades o preferencias del agricultor, -

de modo que no hay un control estricto a este respecto.

Desmante. Este se realiza sólo en parcelas donde es necesario, por ejemplo, donde hay que eliminar árboles o arbustos procurando respetar aquellos que coinciden con los trazos para que queden alineados en el bordo.

Subsoleo o roturación profunda. Se realiza a 40 ó incluso a 60 cms. de profundidad, dependiendo del material parental, con un Caterpillar.

Adición de estiércol. La distribución de estiércol se hace comunmente a voluntad del agricultor, aplicándose por lo general, en las partes con mayor afloramiento del material original, o en una superficie menor de la que se supone debe abonarse con el estiércol.

Incorporación y/o esparcimiento del estiércol. Se hace con una rastra y a veces lo hace el propio agricultor con sus herramientas.

Los pasos arriba mencionados no se siguen estrictamente en ese orden, incluso algunos no se hacen, como es la adición de estiércol o la incorporación del mismo; o como en el caso del bordeo que no se hace si no se considera necesario, pues hay varias parcelas que ya tienen muros filtrantes construidos por el propietario y reforzados con plantas de maguey o arbustos que a su vez sirven de lindero.

La construcción de las terrazas adolece de algunas fallas, -

como es la falta de planeación de el espaciamiento. Carecen además de un sistema de drenaje bien organizado, incluso se han construido bordos y se ha subsoleado bloqueando los sistemas de drenaje natural lo que en un momento dado propiciará que los bordos sean arrastrados por el agua. Algunas terrazas están muy espaciadas favoreciendo que el agua tome velocidad y pueda minar los bordos.

7.2 DESCRIPCION DE LAS PARCELAS.

Se trabajó con un total de siete parcelas. Dos de ellas con una aplicación de 200 tons. por ha. aproximadamente de estiércol fresco; las otras poseen suelo profundo. A estas parcelas se les hizo trabajos de subsoleo, reforzamiento de bordos, rastreo y aplicación de estiércol. Las dosis tan elevadas que se usaron, se debe a que la cantidad de estiércol que compró este agricultor fué para una superficie mayor y la aplicación en realidad se hacía en un tercio del terreno total, de manera que el primer año que compró estiércol lo aplicó en una parte del terreno; el segundo en otra y el tercer año, (estiércol fresco) en la parte restante donde no había aplicado. Las tres superficies las sembró con maíz con alta densidad de población. Estas están localizadas en los Reyes Acozac, Edo. de México.

Las otras cuatro parcelas se localizan en las laderas del Cerro de Paula; una de ellas fué tratada con 120 tons/ ha. de estiércol semi-seco para el ciclo agrícola 1982 y se le practicó trabajos de subsoleo y rastreo en la parte con suelo más delgado. No se hizo bordeo porque posee un muro filtrante que ha detenido la erosión. En esta parcela que tiene suelo profundo, el agricultor practica asocia-

ciones e intercalaciones de especies. La más usual es la asociación maíz - frijol y calabaza, pero también siembra tomate, papa, e incluso a hecho intentos por cultivar chile (*Capsicum spp*).

Para estas cuatro parcelas con suelo profundo, se usó como testigo una superficie localizada en el Cerro de Paula, en la cual sólo se han hecho trabajos de subsoleo y bordeo.

De las dos parcelas restantes que son poseedoras de un suelo muy delgado con afloramientos de tepetate, sólo a una de ellas se le aplicó estiércol semi-seco en una proporción de 110 a 120 tons/ha. sin embargo, no se incorporó completamente quedando extendido en la superficie y en algunas partes amontonado, la otra parcela sin aplicación de estiércol, se utilizó como testigo de la primera. A ambas superficies se les hicieron trabajos de subsoleo, rastreo y bordeo.

En todas las parcelas se observa que existe necesidad de nivelarlas para que tengan superficies más homogénea y con ello lo sea también la captación de humedad.

Inicialmente se contaba ya con treinta y siete parcelas que se ajustaban a los requerimientos deseados, pero sólo se utilizaron siete, pues de las restantes algunas ni siquiera fueron sembradas y otras se roturaron cuando se vió perdido el cultivar por falta de agua, con la esperanza de sembrar otra especie o porque tenían que cumplir con las condiciones que impone el contrato con el "Banco", para que se les pague el seguro.

La forma más conveniente de trabajo, hubiera sido con parcelas de uno, tres, o más años desde la última aplicación de estiércol - con la misma dosis para una serie, y así tener varias series, al tener diferentes dosis. Otra variable a manejar sería el tipo de estiércol; dos en este caso semi-seco y fresco.

El espesor del suelo y el tipo textural, serían dos variables más a manejar. Además de mantener dos o tres repeticiones de este caso.

Otra variable a manipular son: el régimen hídrico, el aspecto topológico y la densidad de población de los cultivos.

7.3 CLASIFICACION DE VARIABLES.

De las variables que se manejaron, hay que hacer notar que se pueden diferenciar en cuatro grupos: por un lado están las variables independientes dentro de las cuales está el tipo de estiércol utilizado; fresco y semi-seco y la materia orgánica del suelo, que aunque es consecuencia directa de la cantidad de abono aplicado al suelo, nos dá el valor más aproximado a la realidad de la cantidad de estiércol que quedó incorporado al sustrato, de tal manera que para fines funcionales, es un valor más fino que utilizar los valores de las dosis ocupadas, pues si se tomaran las cantidades con que se dosificó como base para el análisis, la posibilidad de error aumenta, ya que la aplicación no se hizo ni el mismo año ni con el mismo período de tiempo antes de la incorporación.

El segundo tipo de variables son las condicionantes dentro de las cuales se incluye el espesor de suelo; somero (0 a 10 cm.) y profundo (10 a 20 cm.) y el tiempo de aplicación distinguiéndose en este punto las que tienen uno, dos y tres años desde la aplicación de estiércol. A éstas se les ha llamado así por considerarse que de alguna manera condicionan que haya una respuesta determinada del suelo a la aplicación del estiércol.

Por otro lado están las variables dependientes intermedias - como son : la cantidad de nitrógeno, de fósforo, el pH, la evolución del dióxido de carbono y la biomasa. Estas dependen del tipo y cantidad de estiércol aplicado más o menos de la siguiente forma: El incremento de la fuente de nutrientes en forma orgánica como consecuencia de la aplicación de estiércol, propicia un mayor desarrollo de los organismos tanto en número como en diversidad, traduciéndose esto en aumento de la cantidad de dióxido de carbono desprendido al ser mayor el metabolismo del suelo, además se incrementa la cantidad de nutrientes mineralizados como son: el fósforo y el nitrógeno.

Por último están las variables dependientes finales que son: la producción de forraje verde y seco. Se han calificado de esta manera por ser determinadas en forma directa por las dependientes intermedias, de modo que es más fácil explicar el comportamiento del cultivo en términos de producción como consecuencia de los niveles de concentración de nutrientes disponibles que existen en el suelo, que si se intenta hacerlo considerando el tipo y dosis de estiércol y las cantidades de nutrientes que teóricamente fueron aplicadas con él.

7.4 PRESENTACION DE RESULTADOS.

En el cuadro número uno se presentan datos generales sobre la tecnología agrícola utilizada en las parcelas, observándose que solamente en una de ellas se aplicó estiércol fresco, sin embargo, la cantidad que se usó, en términos de materia seca, es equivalente a la aplicada en otras parcelas donde se dosificó con estiércol semi-seco, lo que nos permite usar este dato como patrón de comparación. Las dosis usadas son del orden de 86 a 144 tons. por ha., lo que significa una cantidad 2.5 a 4.2 veces mayor a la recomendada. Por otro lado, existe una marcada diferencia entre la dosis usada en las parcelas con 2 y 3 años desde la aplicación de estiércol (144 tons. por ha.) y la que se aplicó en el ciclo agrícola de 1982 (86 - 87 tons./ha. de mat. seca). La aplicación de estiércol se hace de 2 a 5 meses antes de la siembra, aunque la incorporación es de manera bastante irregular y por ello el tiempo que el material está expuesto al medio es muy variable.

En lo que se refiere a la siembra, la fecha en que se realiza está en función principalmente del inicio del temporal que particularmente en esta región es muy errático. En las parcelas observadas empero, no hubo una variación mayor de quince días en la fecha de la siembra, por lo que este factor no se traduce en una diferencia significativa en el desarrollo vegetativo de las plantas de los diferentes cultivares. Solo en dos parcelas el maíz se asoció con el frijol y solamente en una de estas últimas se tuvo la asociación maíz-frijol - calabaza, lo que aparentemente no interfirió en los resultados obtenidos (rendimiento).

CUADRO No. 1 DATOS GENERALES DE TECNOLOGIA AGRICOLA -
UTILIZADA Y EL RENDIMIENTO.

CLAVE	ESTIERCOL			SIEMBRA			DENS. PPH	[FORRAJE]X10 ³	
	TIPO	DOSIS	APLIC.	FECHA	S.P.P.	FORMA		verde	seco
1	SEMI- SECO	200 ⁺ 22 144 ⁻ 15	1980	20 V82	MAIZ	CHORRI- LLO	80 000	4.01	0.56
2	=	=	1981	20	=	"	80	4.8	1.06
3	FRESCO	=	1982	20	=	=	70	7.1	1.0
4	SEMI- SECO	120 ⁺ 14 86 ⁺ 10	1982	10	MAIZ FRIJOL CALABAZA	MATEADO	43	4.0	0.79
5 TEST	-----	-----	----	10	MAIZ	=	45	1.75	0.37
6	SEMI- SECO	120 ⁺ 14 14	1982	15	-----	=	36	3.5	0.59
7 TEST	-----	-----	----	15	MAIZ [FRIJOL]	=	40	0.9	0.11

En lo que respecta a la forma de siembra, en tres de las parcelas se hizo en forma de chorrillo, lo que dá una alta densidad de plantas por ha., en las cuatro restantes se sembró en forma mateada - dejando una distancia de 65 a 80 cms. entre cada mata, con un promedio de 2.5 a 3.5 semillas por golpe, reflejándose esta variación en la densidad de población que es semejante en las parcelas que pertenecen a un mismo agricultor.

En los cultivares con altas densidades de plantas, se manifiesta un desarrollo vegetativo rápido en las primeras fases de crecimiento, que puede deberse a que se aprovecha óptimamente la luminosidad y el bióxido de carbono desprendido por la respiración del suelo, pero en las fases finales de crecimiento, la competencia por la iluminación se vuelve un factor limitante adicional para el cultivo. Sin embargo, en las parcelas abonadas y con bajas densidades, el crecimiento de las plantas fué ligeramente mayor que en las otras, lo que quizás se deba a que como hay un mayor espaciamiento entre las plantas, la iluminación no se convierte en un factor limitante cuando éstas crecen, por lo que el medio no se vuelve más restrictivo para su desarrollo.

Se usó semilla criolla en todas las parcelas, del tipo chalqueño chico de período corto. Es una variedad adaptada a las condiciones de la zona, seleccionada por el propio agricultor. El uso de la semilla responde a las condiciones del temporal, así por ejemplo, - la semilla chica es sembrada cuando el temporal se retrasa, que es la mayoría de las veces, y la semilla grande que es de período largo, la

ocupan cuando se considera que las condiciones del temporal le permiten completar su desarrollo. Las semillas híbridas son de uso incipiente.

En lo que se refiere al rendimiento, éste es notablemente mayor en las parcelas abonadas que en las testigo, de la misma manera se nota una mayor cantidad de forraje producido en las superficies con suelos profundos, que en aquellas con suelo delgado. Esto es, a la postre, evidencia del beneficio que tiene el uso del estiércol como fertilizante.

En el cuadro No. 2 se presentan las determinaciones químicas hechas a las muestras de suelo, como es el porcentaje de materia orgánica cuyos valores van de 0.47% y 1.18% en las parcelas testigo - con suelos delgados y profundos correspondientemente hasta 1.38 y - 3.95% en suelos tratados, lo que significa incrementos de 2.9 a 3.3 - veces en el contenido del carbono orgánico, como consecuencia de la - aplicación de estiércol. El contenido de nitrógeno amoniacal en - mg por 100 gr de suelo también varía enormemente entre los testigos y los suelos tratados. Los primeros tienen un contenido promedio de - 24.2 a 26.6 mg, mientras que en las parcelas tratadas la concentra- ción es hasta de 77.5 mg/100 gs. de suelo, lo que significa una dispo- nibilidad de hasta 1937 kg. de nitrógeno amoniacal por ha., cantidad - más que suficiente para el desarrollo del cultivo.

La cantidad de fósforo también cambia de valores muy bajos - en las parcelas testigo, como es 12.7 Kg/ha. a valores relativamente altos, como es 579.6 Kg/ha. de pentaóxido de fósforo. La alta - concentración de nitrógeno y de fósforo manifiesta su bondad en el re- dimiento del forraje.

En lo que respecta a la reacción del suelo como es típico en el área, se presenta un pH moderadamente alcalino dentro de un rango de 8.0 a 8.5, observándose la tendencia a disminuir el pH al adicionar se el estiércol. Sin embargo, no se observa esta tendencia en la - acidez potencial, pues los valores de ella son de 7.3 a 7.5, lo que nos muestra que no existe un comportamiento claro en favor de que se - aumente la cantidad de complejos absorbentes, por lo que habría que - hacer más estudios a este respecto.

CUADRO No. 2 CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS PARCELAS.

	% M.O.	% C. organ.	N (NH ₄ ⁺) ₄ mg/100g S	Fósforo		pH	acd.A
				ppm/100gS	P ₂ O ₅		
1	+1.954 -0.046	+1.136 -0.028	+77.58 - 0.59	+0.488 -0.42	223.1	8.2	7.4
2	+3.973 -0.023	+2.31 -0.009	+53.78 - 0.063	+1.438 -0.26	579.6	8.05	7.35
3	+2.758 -0.48	+1.603 -0.88	+37.60 - 0.03	+0.693 -0.021	316.8	8.05	7.35
4	+3.12 -0.02	+1.811 -0.001	+49.50 - 0.11	+0.678 -0.57	310.16	8.25	7.35
5 ⁺	+1.18 -0.72	+0.582 -0.26	+26.65 - 0.014	+0.0278 -0.015	12.68	8.25	7.30
6	+1.386 -0.11	+0.806 -0.48	+47.13 - 0.02	+0.709 -0.26	526.21	8.5	7.5
7 ⁺	+0.476 -0.18	+0.270 -0.10	+24.27 - 0.043	+0.0277 -0.014	12.68	8.8	7.3

+ Testigo.

En el cuadro No. 3 se representan las propiedades físicas de las parcelas, como es la clase textural de las cuales sólo se diferenciaron dos: migajón arenoso y migajón limoso, que están dentro del grupo de texturas medias. Las dos superficies que presentaron texturas M. limoso, son terrenos que tienen varios años de ser cultivados y a los que les han sido construidos muros filtrantes, con lo que no sólo se ha logrado disminuir la erosión, sino que ha propiciado la acumulación del material arrastrado de las parcelas más altas, teniendo como consecuencia, un suelo más profundo. La conductancia en estos suelos presenta valores relativamente bajos, sobre todo en las parcelas testigo que van de 0.73 a 0.88 mmhos, mientras que en los suelos con estiércol el valor más alto que se obtuvo fue: 2.54 mmhos, que de cualquier manera está dentro del rango que se considera normal. Aquí habría que distinguir algo peculiar. En el suelo con mayor espesor el incremento de la conductancia no es tan marcado como el que se observa en las parcelas con menos profundidad, ya que el cambio es de 0.73 mmhos en el testigo a 1.22-1.71 mmhos en los suelos abonados, mientras que en los delgados el testigo presentó una conductancia de 0.885 y la parcela tratada tuvo: 2.54 mmhos, que es el valor más alto que se registró, lo que pone de manifiesto el potencial problema de salinidad debido al enriquecimiento de sales por la adición de estiércol y al poco espesor del suelo que reduce la capacidad del mismo, para amortiguar la acumulación de sales en la superficie. En el cuadro también se presentan los valores de densidad aparente que fluctúan entre 1.038 y 1.23 gr./cc, lo que los coloca dentro de los suelos llamados pesados. La adición de estiércol puso de relieve la tendencia a disminuir la densidad aparente en los suelos, lo que se traduce en -

CUADRO No. 3 PROPIEDADES FISI-
CAS DE LAS SUPERFICIES EN OBSERVACION.

	CLASE TEXTURAL	Conductancia		Dens. Apte.	% E. poroso
		mmhos	% sat.		
1	M. arenoso	1.220	38.2	1.212	54.26
2	M. arenoso	1.710	45.8	1.204	54.56
3	M. arenoso	1.465	40.1	1.226	53.73
4	M. limoso	0.817	45.0	1.038	60.83
+ 5	M. limoso	0.731	31.2	1.183	55.34
6	M. arenoso	2.593	40.1	1.072	59.54
+ 7	M. arenoso	0.885	35.5	1.230	53.58

+ Testigos.

un aumento de la porosidad del mismo, como se observa en el cuadro. - Así por ejemplo en los suelos delgados, el testigo tiene 53.58% de es pacio poroso, mientras que el suelo tratado tiene 59.54%; sin embargo, a este respecto cabe aclarar que la influencia de la adición de - abono al suelo sobre la porosidad del mismo es un tanto difusa por el efecto inmediato que tiene el subsoleo y rastreo, sobre la misma propiedad.

CUADRO No. 4 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DETERMINADAS EN LOS SUELOS.

	Evol. CO ₂ l	B I O M A S A . C - CO ₂				Conteo de organis- mos X 10 ⁶ .			% Hum.	Peso ton/ha
		mg C/ 100gs.	Kg C/ ha	% C org.T	% C en biom.	Actn.	Bact.	Hong.		
1	11.91	125.7	3050	1.136	11.07	5.99	172.6	2.076	23.0	2424
2	19.74	172.4	4150	2.31	7.46	7.83	193.9	2.83	22.5	2408
3	16.43	188.16	4614	1.60	19.56	7.19	184.4	1.877	23.0	2452
4	16.49	188.08	3904	1.81	10.37	7.47	173.8	2.383	24.5	2076
+ 5	9.0	42.67	1010	0.58	7.33	1.74	129.0	1.222	24.0	2366
6	10.09	109.06	2350	0.80	13.6	4.7	155.9	1.38	25.00	2144
+ 7	8.46	31.27	770	0.27	11.3	1.64	8.1	0.09	19.5	2400

+ Testigos. 1)CO₂ en meq/100g S/hs x 10^{- 2}

En el cuadro No. 4 se reportan los datos microbiológicos, como es el contenido de biomasa microbial en el suelo, determinada cuando los cultivos estaban en su más rápido crecimiento. En la biomasa lo mismo que en la producción de dióxido de carbono, se observaron mayores valores en todas las parcelas tratadas con estiércol, siendo el rango para estas últimas de 109.65 a 188.08 mg. de biomasa como carbono orgánico.

Por cada 100 gs. de suelo, la actividad de los mismos en términos de producción de bióxido de carbono en: meq de $C/CO_2 \times 10^{-2}$ X 100 gs de suelo, es de 10.09 a 19.74, mientras que en los testigos de biomasa varía de 31.27 a 42.67 mg. de C/100 g de suelo, lo que pone de manifiesto en que medida es favorecida la biota edáfica, como consecuencia de la adición de estiércol. Esto se hace más evidente, si observamos que del porcentaje de carbono total presente en el suelo el porcentaje de carbono que está constituyendo la biomasa es mayor en los suelos abonados con respecto al testigo; de manera que mientras en las parcelas no abonadas, el porcentaje de carbono total que forma parte de la biomasa es de: 10 a 19.5%. En las parcelas estercoladas es de 7.3 a 11.2%, y si consideramos que esta comparación está en relación al contenido de carbono de la parcela, nos dá una idea de la escasa actividad que hay en los suelos.

Lo anteriormente expuesto es apoyado aún más por los valores obtenidos en el conteo poblacional, en el cual es más sencillo observar la enorme diferencia que existe entre las poblaciones de los testigos y de las parcelas abonadas. En el caso de las parcelas con suelo delgado, mientras en el testigo los números poblacionales son 0.09×10^6 de hongos; 1.64×10^6 de actinomicetes y 8.1×10^6 de bacterias en la parcela tratada son: 1.38, 4.7 y 155.9×10^6 de hongos, bacterias y actinomicetes, que son cantidades mucho mayores.

Por otra parte, las parcelas con suelo profundo, aunque también presentan incrementos fuertes en el caso de las bacterias y de los hongos, no son pronunciados como los de los suelos delgados, pero

en la población de actinomicetes la diferencia mínima es igual de significativa, siendo el cambio de 1.74×10^6 en el testigo a 5.99×10^6 , en la parcela con mayor población de entre las que se abonaron.

El cuadro presenta también los porcentajes de humedad de las muestras, a las que se hizo la cuantificación de la biomasa y la actividad biológica, así como el peso promedio de una hectárea a 20cm de profundidad.

VIII ANALISIS DE RESULTADOS.

8.1 VARIACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS Y LA CONDUCTANCIA EN -
RELACION AL CARBONO ORGANICO.

En el cuadro No. 5 se muestran los rangos aproximados de materia seca aplicada, el contenido de materia orgánica en el suelo, y la variación con respecto a esta última, del contenido de nitrógeno inorgánico en forma amoniacal (NH_4 mg/100 g de suelo), de fósforo disponible (ppm/100 g de S) y en forma de P_2O_5 en kg/ha; del tipo de reacción y la conductancia en mmhos.

CUADRO No. 5 VARIACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS Y LA CONDUCTANCIA DEL SUELO EN RELACION A LA MATERIA ORGANICA.

Estiércol M.S.ton/ha	% M.O.	N (NH mg/100)	P ppm	P ₂ O ₅ kg/ha	pH H ₂ O	KCl 1:2.5	Conduc. mmhos
test.	0.47	24.3	0.027	4.32	8.8	7.30	0.88
test.	1.18	26.6	0.0278	4.32	8.25	7.30	0.731
86 ± 10	1.38	47.1	0.709	113.4	8.5	7.50	2.59
144 ± 15	1.95	77.6	0.488	78.08	8.2	7.40	1.22
87 ± 12	2.75	37.6	0.693	110.8	8.05	7.35	1.46
86 ± 10	3.12	49.5	0.678	108.5	8.2	7.35	0.817
144 ± 15	3.97	53.8	1.438	229.0	8.05	7.35	1.71

En relación al contenido de materia orgánica del suelo, se observa - en el cuadro No. 5 - que existe un incremento de nitrógeno al aumentar el contenido de carbono, pero sin encontrarse una relación específica; ello se debe a varios factores como son el tiempo que transcurre entre la adición y la incorporación del estiércol, pues en este lapso ocurren pérdidas de nitrógeno mineral. También depende del tiempo transcurrido entre la aplicación y la toma de la muestra, - a esto se suman las condiciones en que queda hecha la incorporación, - pues si no hay una buena mezcla del suelo con el estiércol, o queda éste último en la superficie, habrá más partes donde sea más fácil la pérdida de nitrógeno en forma de N_2 ó NH_3 . Otro factor que influye es el hecho que el nitrógeno determinado de esta manera, en forma amoniacal, se ve afectado por la humedad del suelo.

Se buscó la relación que existe entre el pH, el fósforo y la conductancia con el contenido de materia orgánica, sacando su coeficiente de determinación para cada caso, ya que se observó que éstas propiedades presentaban una tendencia determinada en relación a la materia orgánica. Los valores de dichos coeficientes son los siguientes:

variables		coef. de ecuación		observaciones:
dep.	indep.	determ.		
P	M.O.	0.87	$Y = -0.15 + 0.34 X$	de manera general
P	M.O.	0.91	$Y = -0.067 + 0.38 X$	textura M. arenosa
pH	M.O.	0.84	$Y = -8.68 - 0.19 X$	" " "

En caso del fósforo disponible se observa que hay un incremento en relación con la materia orgánica, tanto de manera general como discriminando valores en base a la clase textural, teniéndose coeficientes de determinación $r^2 = 0.87$ y 0.91 correspondientemente este comportamiento era esperado, ya que si se incrementa el fósforo orgánico del medio, es factible esperar que el aprovechable por las plantas también se incremente. De manera que por cada unidad de materia orgánica que se incremente en el suelo (en por ciento) se espera un incremento de 50 kg. por ha. de $P_2 O_5$.

Las adiciones de materia orgánica tienden por lo contrario, a bajar en pH, observándose la tendencia a disminuir el valor al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo. En los suelos con textura migajón arenosa existe una correlación alta ($r^2 = 0.82$) de manera que por cada uno por ciento de materia orgánica que se aumente en el suelo, podría esperarse que el pH se abata aproximadamente en 0.2 unidades.

La conductancia en mmhos/cm² a 25° C, aumenta al incrementarse la materia orgánica, esto se debe a que el estiércol es un material rico en sales. Sin embargo, aunque se observa este incremento en la conductancia no se encontraron valores muy altos (mayores a 4 mmhos que son considerados normales), lo que significa que las adiciones de abonos pueden hacerse con cierta confianza pero sin descuidar este efecto en el suelo para prevenir problemas de salinidad que en un momento dado se pueden propiciar, dada la escasa precipitación y la alta evaporación, aunado al poco espesor del suelo.

Por otro lado, las pequeñas adiciones de iones como NO_3^- , SO_4^- , PO_4^- , favorecen la actividad microbial, ya que mientras éstos acepten iones H^+ , la actividad será propiciada y se seguirá desprendiendo dióxido de carbono. (Blasco, M. 1970).

Aunque las dosis aplicadas de estiércol no fueron las mismas en las parcelas con diferente tiempo desde la aplicación, se observa la tendencia a disminuir la cantidad de materia orgánica del suelo conforme pasa el tiempo y a aumentar la cantidad de nitrógeno amoniacal. Esto se explica si se considera que la actividad microbial se mantiene ininterrumpidamente y que la extracción de nitrógeno por parte de los vegetales no es siempre la misma, ni todo el nitrógeno que se mineraliza escapa del suelo. (Ver cuadro 5 - A).

El fósforo no presenta ningún comportamiento determinado en relación con el tiempo de aplicación, sin embargo, los valores de los dos últimos años y en particular de la parcela que tiene dos años desde la adición de estiércol, presenta valores altos en comparación con la de tres años, lo que haría suponer que en el primer y segundo año se aumentaría la cantidad de fósforo disponible, claro, en relación al fósforo orgánico y del tercer año en adelante, los aportes de fósforo disponible al mineralizarse el fósforo orgánico, son muy pequeños, por lo que se observa un decremento del fósforo al ser mayor la extracción por parte de los vegetales y su fijación, por lo que lo más conveniente sería incrementar el fósforo al terminar el segundo o tercer año desde la aplicación, para mantener una tasa de mineralización relativamente alta y mejorar la concentración de fósforo útil para las plantas en la solución del suelo.

CUADRO No. 5-A VARIACION RESPECTO AL
TIEMPO DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS Y LA CONDUCTANCIA.

Tiempo	% M.O.	N mg	P ₂ O ₅ Kg/ha	P ppm	pH	Cond. mmhos
1 año	3.12	53.8	108.5	0.678	8.2	0.817
2	3.97	49.5	229	1.438	8.05	1.71
3	1.95	77.6	78.08	0.488	8.2	1.22

N (NH_4^+) mg/100 g de suelo.

El cuadro 5 - A muestra las mismas variables que el cuadro -
No. 5, pero ordenadas de acuerdo al tiempo desde la aplicación del es-
tiércol.

CUADRO No. 5-B COMPARACION -
DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN SUELOS DELGA
DOS.

Tiempo	% M.O.	N	P ₂ O ₅ Kg/ha	pH	Condc. mmhos
test.	0.47	24.3	4.32	8.8	0.885
1 año	1.18	47.1	113.40	8.5	2.59

N (NH_4^+) en mg/100g de suelo.

El cuadro 5 - B es una comparación de las propiedades químicas y la conductancia de los suelos delgados, comparando al testigo con el abonado.

Observando los valores de las parcelas con suelos delgados - se aprecia que la materia orgánica aumenta casi el triple de la testigo, el nitrógeno aumenta casi el doble y el fósforo se incrementó enormemente. También la conductancia fué mayor en la parcela abonada.

En cuanto a los suelos profundos, con un año de adición se hace menos evidente el efecto del estiércol en la concentración nitrógeno y del fósforo disponibles, es decir, no se observa exactamente la misma tendencia en la concentración de ambos elementos, sin embargo el incremento del potencial de abastecimiento de nutrientes es bastante alto con respecto al testigo, como se observa en el cuadro 5 - C.

CUADRO No. 5-C COMPARACION DE -
LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE SUELOS PROFUNDOS.

	% M.O.	N	P ₂ O ₅ Kg/ha	pH	Condc. mmhos
Test.	1.18	26.6	4.32	8.25	0.731
E. fresco	2.75	37.6	110.8	8.05	1.46
E. seco	3.12	53.8	108.5	8.2	0.817

N (NH₄⁺) mg/100g de suelo.

La parcela tratada con estiércol fresco, tuvo un contenido menor de materia orgánica que la tratada con la misma cantidad de materia seca proveniente de estiércol semi-seco, lo que implica que la incorporación final de carbono, es menor en el primer caso; esto se debe a que es un material que fermenta más rápidamente.

De estas observaciones se desprende que parece ser que lo más conveniente es hacer las adiciones de estiércol dos o tres años después de la primera, cuando la dosis inicial sea de 150 tons. por ha. de materia seca aproximadamente, manteniendo esta periodicidad de aplicación. Pero para dosificar a parcelas con suelos delgados, las dosis bajas (80 tons por ha.), y en forma consecutiva parece ser lo más recomendable.

Además el contenido de nitrógeno es ligeramente menor en la parcela tratada con estiércol fresco, que en la que se aplicó semise-co y el fósforo es un poco mayor, por otra parte, el pH fué menor, en base a esto se puede argumentar que el estiércol fresco manifiesta más rápidamente su efecto en las variables dependientes intermedias, y como consecuencia en las finales.

8.2 COMPARACION DE MANERA GENERAL DE LOS CAMBIOS EN LA POBLACION LA ACTIVIDAD, BIOMASA Y RENDIMIENTO, EN RELACION AL CARBONO ORGANICO Y LOS NUTRIENTES.

El cuadro No. 6 muestra las variaciones de las poblaciones microbiales, la actividad biológica como desprendimiento de dióxido de carbono (medido por las dos técnicas descritas), la biomasa y la

CUADRO No. 6 COMPARACION DE MANERA GENERAL DE LOS CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS CON RESPECTO A LA MATERIA ORGÁNICA.

% M.O.	No. de organis. X 10 ⁶			Evol. CO ₂		Bioma. Kg/ha	Rendm. X 10	
	Act.	Bact.	Hongos	Rog.	Elkan		F.ver.	F.sec.
0.47	1.64	8.1	0.09	8.46	13.13	770	0.9	0.11
1.18	1.79	129.0	1.222	9.0	11.69	1010	1.75	0.375
1.38	4.7	155.9	1.38	10.09	25.66	2350	3.45	0.59
1.95	5.99	172.6	2.076	11.91	13.96	3050	4.01	0.56
2.75	7.19	184.4	1.877	16.43	18.94	4614	7.16	1.00
3.12	7.47	173.8	2.383	16.49	18.86	3904	4.05	0.79
3.97	7.83	193.9	2.82	19.74	16.62	4150	4.86	1.06

CO₂ en meq. x 10⁻² /100 g S/h. Rend. en ton/ha.

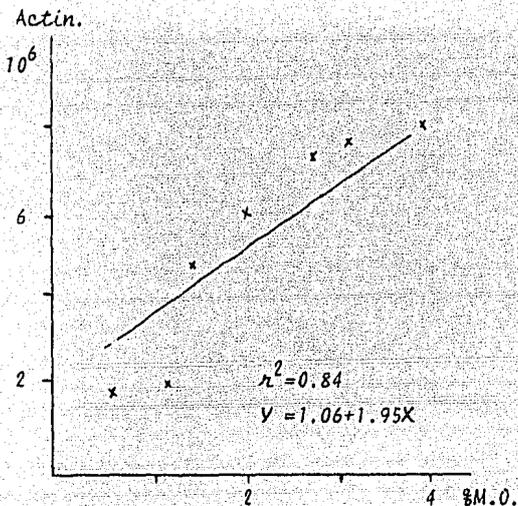
producción estimada con respecto al aumento de materia orgánica del suelo.

8.2.1 Comparando en forma general la cantidad de materia orgánica que existe en el suelo (en por ciento) con el número de microorganismos (actinomicetes, bacterias y hongos), se puede apreciar que existe un aumento del número de individuos en los tres grupos conforme la materia orgánica se ve aumentada (ver cuadro No. 6). De ellos el que menor incremento presentó fué el de los actinomicetes, siendo desde 2.1 hasta 4.7 veces más la cantidad de organismos en suelos tratados que en aquellos donde no se aplicó estiércol, existiendo una relación lineal entre la materia orgánica del suelo y el número de organismos, particularmente actinomicetes presentes en el mismo, de manera que si se eleva la cantidad de carbono orgánico, se garantiza un mayor número en esta población. (graf. 1). En este caso se presentó una cierta independencia entre el tipo de estiércol aplicado y el número de actinomicetes encontrados en el suelo, pues aunque el estiércol fresco es más rico en este tipo de organismos que el semi-seco, en la parcela donde se aplicó el primero, la población de estos microorganismos (7.19×10^6) fué semejante a la que se obtuvo en parcelas donde se aplicó el segundo de aquellos. (7.47×10^6). Esto se debe a que una vez incorporado el estiércol en el suelo, sólo algunas se adaptan al medio e incluso un cierto número poblacional (más favorecido por las condiciones del ambiente) que se relaciona más con la cantidad de carbono orgánico del suelo.

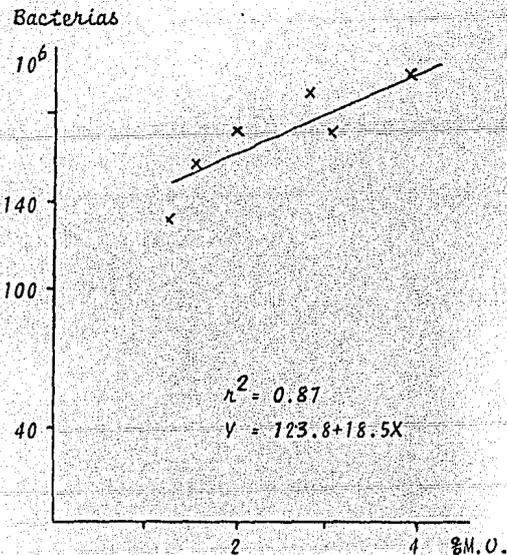
En lo que se refiere a la población bacteriana, ésta sería aumentada considerablemente con la aplicación de estiércol, encontrándose incremento de hasta 2.3 veces más el número de bacterias, cuando la materia orgánica se aumentó en 3.36 veces. Sin considerar la parcela más pobre en carbono orgánico, se encontró un comportamiento lineal del número poblacional de las bacterias con respecto a la cantidad de materia orgánica del suelo, esto se puede ver en la gráfica No. 2.

Gráfica 2. Influencia de la materia orgánica en la población de bacterias.

La población de hongos también se incrementó en forma notable, encontrándose aumentos hasta de 2.3 veces

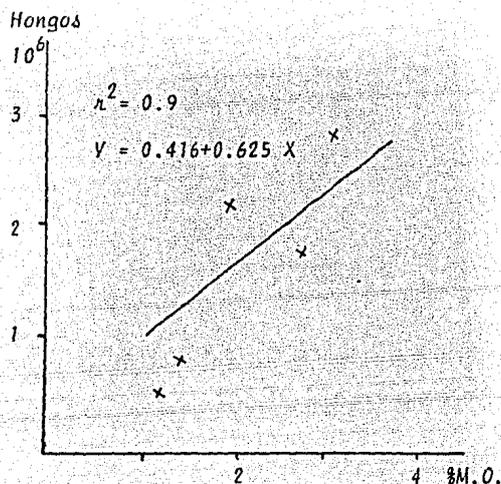


Gráfica 1. Influencia de la materia orgánica en la población de actinomicetes.

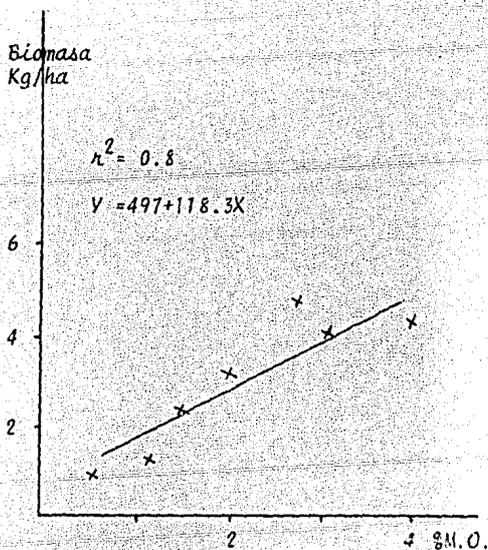


cuando se aumentó la materia orgánica en 2.36 veces, con respecto a la parcela testigo, (gráf. 3). De igual manera que en caso de las bacterias se observó que existe correlación con la materia orgánica al descartar los valores de la parcela más pobre en esta última. Las bajas poblaciones en esta parcela se explica por las condiciones de materia orgánica, además de que es una superficie con afloramientos de tepetate, lo que no proporciona condiciones ideales o apropiadas para un florecimiento microbial.

La gráfica No. 4 que relaciona el porcentaje de materia orgánica con la biomasa, muestra que el aumento de esta última es grande, cuando los incrementos de materia orgánica no pasan del 2.75% y en parcelas donde el contenido del



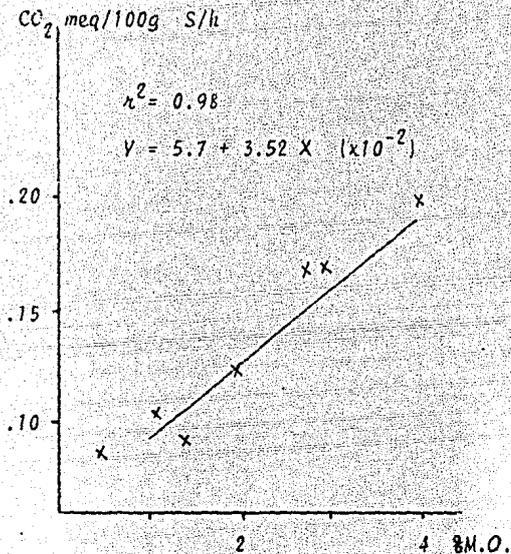
Gráfica 3. Efecto de la materia orgánica en la población de hongos.



Gráfica 4. Influencia de la materia orgánica sobre la biomasa microbial.

mismo material es de 2.75 a 3.47%. Los incrementos en la biomasa se hacen pequeños, sin embargo se calculó por simplicidad una relación de tipo lineal, obteniéndose un coeficiente de regresión de 0.80.

La sospecha de que exista un valor máximo de la biomasa, se explica si se considera la influencia restrictiva de la humedad del suelo que es determinante para el desarrollo de los microorganismos, la calidad del abono incorporado, pues como se mencionaba arriba, algunas de las especies que son introducidas con éste, son capaces de adaptarse a las condiciones del suelo, otras sólo subsisten mientras están unidas a las partículas de estiércol. El tipo de abono usado pues en el caso del estiércol fresco contiene mayor cantidad de compuestos fácilmente degradables, lo que propicia el desarrollo de un número de organismos, y una mayor velocidad de degradación de compuestos en comparación con el estiércol semi-seco que ya ha sufrido un proceso de fermentación y tiene mayor cantidad de compuestos estables y más difíciles de desdoblarse, éste conduce a una acción microbiana lenta.

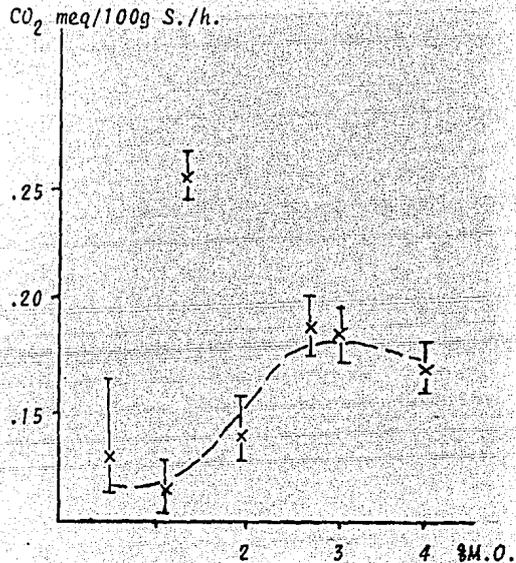


Gráfica 5. Efecto de la materia orgánica en la evolución de CO₂. Téc. Rodríguez, K. (1967)

La evolución de dióxido de carbono también presenta una relación directa con respecto a la cantidad de materia orgánica, es decir, al aumentar ésta última, también la producción de CO_2 lo hace.

En los datos obtenidos usando la técnica descrita por Rodríguez, K., se observa que existe una relación lineal con respecto a la cantidad de materia orgánica, mientras que usando la técnica propuesta por Elkan, se ve que la producción de CO_2 llega a un valor máximo de producción, el cual no es rebasado aunque aumente el carbono orgánico.

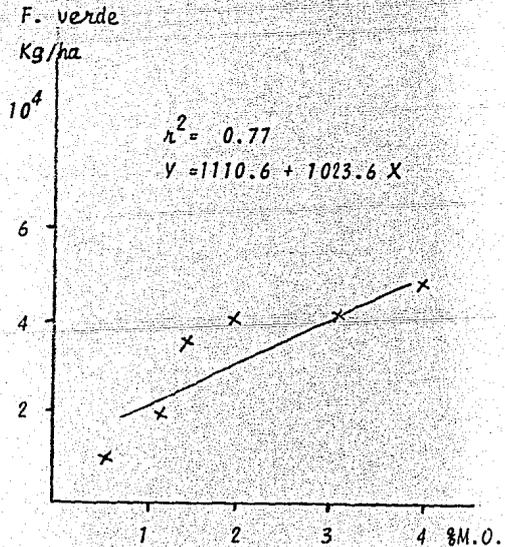
Esto se explica si se considera que en el primer caso, dadas las condiciones en que se hace la determinación, el suelo está sujeto a variaciones constantes de temperatura, por lo que la producción de dióxido de carbono no llega al nivel máximo que pueda tener, debido a las restricciones que existen, mientras que en la otra técnica, el suelo se pone en condiciones como temperatura constante, generándose condiciones que favorecen en un momento dado una mayor actividad. Ahora bien



Gráfica 6. Contenido de materia orgánica -vs- evolución de CO_2 . Téc. Elkan, G. (1962).

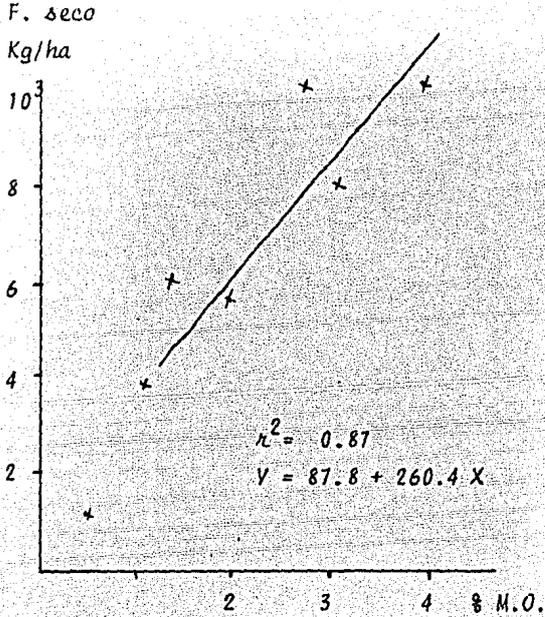
el hecho de que la curva no tome un comportamiento lineal o exponencial se debe a la participación de otros factores restrictivos, como es la fuente de nutrientes necesarios para su metabolismo o incluso, debido a la época del año en que se tomó la muestra, pues no siempre hay la misma actividad ni están actuando el mismo tipo de organismos.

En lo que se refiere a la producción de forraje verde y seco; en ambos casos se observó un incremento al aumentarse la materia orgánica del suelo (gráfs. 7 y 8). El valor hallado en el caso particular de la parcela con 2.75% de materia orgánica, que es la que mayor producción presenta, se puede explicar si consideramos que la densidad de población en ella fué mayor que en las otras que tenían más porcentaje de materia orgánica, además de que el cultivar fué más homogéneo en comparación con las otras donde el tamaño y el vigor de las plantas fué muy heterogéneo, encontrándose algunas plantas con 1 a 1.2



Gráfica 7. Efecto de la materia orgánica en el rendimiento de forraje verde.

mts. de altura y otras de 1.8 a 2 mts., esto es probablemente el resultado de la mala distribución del estiércol en la superficie cultivada. Además de que esta parcela fué tratada con estiércol fresco, que dada la cantidad que se aplica, proporciona más nitrógeno que el estiércol semi-seco y es más rápidamente mineralizado quedando mayor cantidad de nutrientes disponibles.



Gráfica 8. Efecto de la materia orgánica en la producción de forraje seco.

8.2.2 Al relacionar la cantidad de nitrógeno mineral (ver cuadro - No. 7), en forma amoniacal, en mg de N por 100 g de suelo, con las poblaciones microbiales se observa que en todos los casos existe la tendencia a aumentar la población microbiana al aumentar el contenido de nitrógeno, empero, este aumento no presentó algún comportamiento determinado, sino que sólo se presentan los incrementos esporádicamente, de manera que no se puede establecer algún valor estimado de organismos - que pudiera esperarse para una concentración dada de nitrógeno amoniacal en el suelo.

CUADRO No. 7 VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS MICROBIALES Y LA PRODUCCION CON RESPECTO AL CONTENIDO DE NITROGENO.

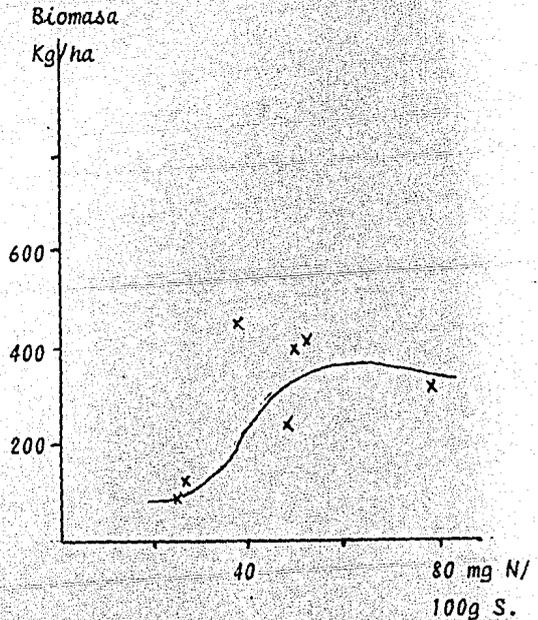
N NH ₄ mg/100g	Biom. kg/ha	No. organismos X 10 ⁶			Evol. CO ₂		# Forraje X 10	
		act.	bact.	hong.	Rodg.	Elkan	verde	seco
24.3	770	1.64	8.1	0.09	8.46	13.13	0.9	0.11
26.6	1010	1.79	129.0	1.222	9.0	11.69	1.75	0.375
37.6	4614	7.19	184.4	1.877	16.43	18.94	7.76	1.00
47.1	2350	4.7	155.6	1.38	10.01	25.66	3.45	0.59
49.5	3904	7.47	173.08	2.383	16.49	18.86	4.05	0.79
53.8	4150	7.83	193.9	2.82	19.79	16.62	4.86	1.06
77.6	3050	5.99	172.6	2.076	11.91	13.96	4.01	0.56

CO₂ en meq. x 10⁻² /100 g de suelo / hora. + tn/ha.

La biomasa también se incrementa al aumentar la cantidad de nitrógeno amoniacal en el suelo, pero no de manera directa (gráf. 9) - aunque el comportamiento tiende a hacerse lineal (coeficientes de - determinación = 0.69) si se elimina el valor de biomasa de 3050 kg de C/ha. que corresponde a la parcela con más alto contenido de nitrógeno existe la tendencia a alcanzar valores en un rango determinado, el comportamiento es similar al que - se presenta en la gráfica de ma - teria orgánica contra biomasa - es decir, que la pendiente de - la curva se hace muy ligera - cuando el nitrógeno aumenta.

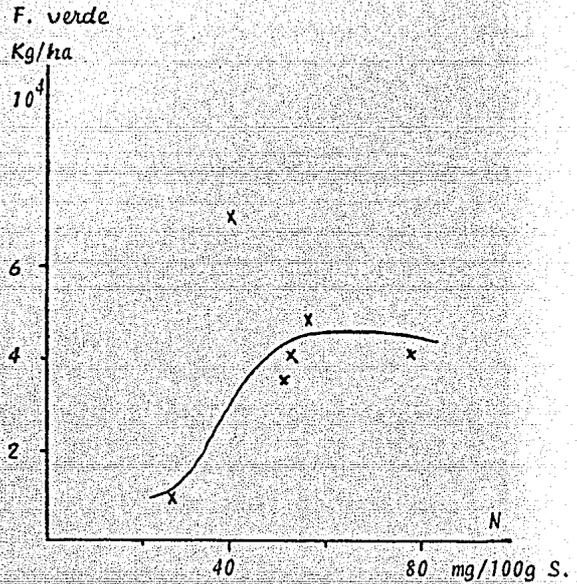
La evolución de bióxi do de carbono tiende a aumentar al incrementarse la cantidad de nitrógeno, siendo los cambios - hasta de el doble de la produc- ción promedio de CO_2 de los tes- tigos, sin embargo, no se pre- senta ningún comportamiento de- terminado, es decir, no se en- contró correlación entre las va riables.

El rendimiento se in- crementó notablemente al ser -



Gráfica 9. Influencia del nitrógeno sobre la biomasa.

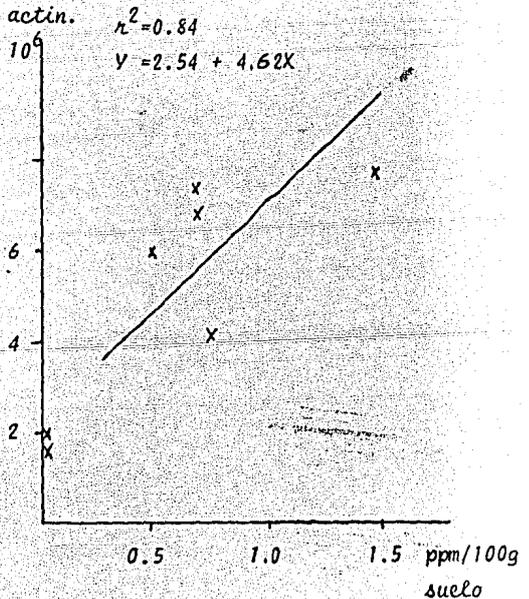
mayor la cantidad de nitrógeno. En la curva de nitrógeno contra forraje verde, se observa la tendencia de ser mayor el rendimiento cuando es mayor la cantidad de nitrógeno amoniacal (ver gráfica 10), pero no de manera lineal, sino que se llega a un punto donde empieza a ser asintótica.



Gráfica 10. Efecto del nitrógeno sobre la producción como forraje verde.

El cuadro 8 muestra las variaciones de las poblaciones microbiales, la actividad biológica, la biomasa y el rendimiento con respecto al aumento del fósforo.

8.2.3 Relacionando el contenido de fósforo del suelo determinado por el método descrito por Olsen, con las poblaciones microbiales (Ver cuadro No. 8), se observa que al incrementarse el contenido del fósforo aumenta el número poblacional, este comportamiento tiende a ser lineal para el caso de los actinomicetes, (gráfica 11), en el caso de no considerarse el valor de la parcela con 0.709 ppm de P/100 g de suelo, pues si se toma en cuenta el valor del coeficiente de determinación, disminuye ($r^2=0.71$) el comportamiento de la población de actinomicetes en esta parcela se debe a que el suelo de la misma es delgado, además de que la incorporación del estiércol fue muy heterogénea.



Para el caso de las bacterias y los hongos, no se observa una relación clara, únicamente se nota una tendencia a ser mayor el número de organis-

Gráfica 11. Influencia del fósforo sobre la población de actinomicetes.

CUADRO No. 8 EFECTO DEL FOSFORO SOBRE LAS PROPIEDADES MICROBIALES Y EL RENDIMIENTO.

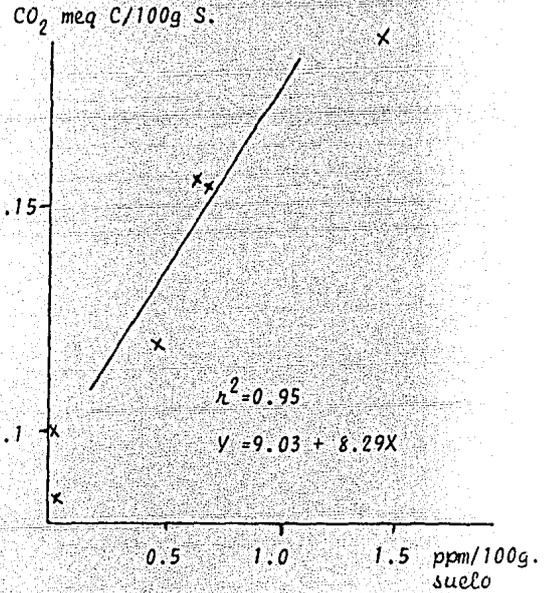
ppm	No. de Organs.			Evol. CO ₂		Biom. kg/ha	Forraje X 10	
	act.	bact.	hong.	Rodr.	Elkan		F.v.	F.s.
0.027	1.64	8.1	0.09	8.46	13.13	770	0.9	0.11
0.027	1.74	129.01	1.222	9.0	11.64	1010	1.75	0.375
0.488	5.99	172.6	2.076	11.91	13.96	3050	4.01	0.56
0.678	7.47	173.8	2.383	16.49	18.86	3904	4.06	0.79
0.693	7.19	184.4	1.877	16.43	18.94	4614	7.16	1.00
0.709	4.7	155.9	1.38	10.01	25.66	2350	3.45	0.59
1.438	7.83	193.8	2.82	19.73	16.62	4150	4.86	1.06

Tn/ha

mos para cada uno de los grupos al aumentar el fósforo disponible.

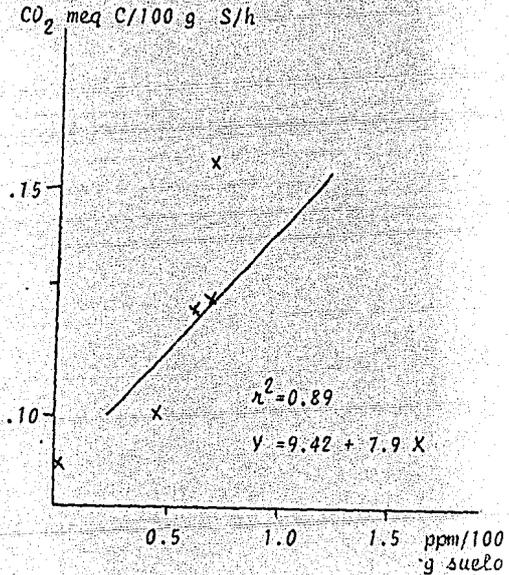
La biomasa microbial del suelo se incrementa al aumentar el contenido del fósforo siendo este comportamiento esperado, pues el número de organismos, para cada uno de los grupos, alcanza mayores valores. Sin considerar el valor de biomasa que corresponde a la parcela con mayor contenido de fósforo, (1.438 ppm/100 g. de S.), se observa un comportamiento con tendencia lineal del incremento de biomasa con respecto al contenido de fósforo, de otra manera, se observaría un comportamiento asintótico a valores altos de fósforo.

La evolución CO_2 se incrementa cuando es mayor la cantidad de fósforo, teniendo valores que duplican al de las



Gráfica 12. Efecto del fósforo en la evolución de CO_2 . - -
Téc. Rodríguez, K. 1967.

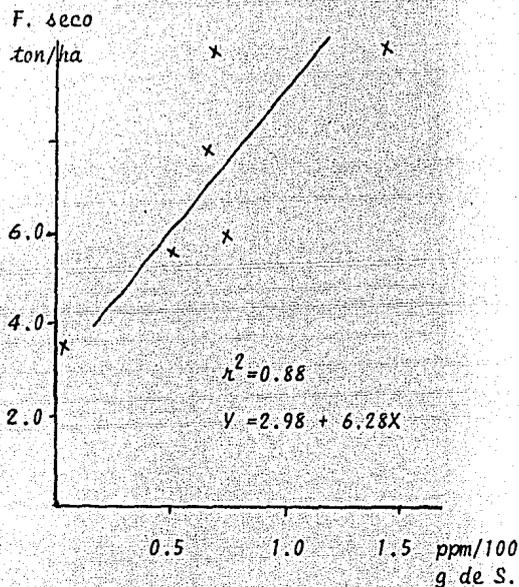
parcelas no abonadas, observándose una tendencia a mantener una relación lineal, la cual se obtiene al no considerar el valor de CO_2 para la parcela con 0.709 ppm de fósforo (ver gráfica 12), ésto es utilizando la técnica propuesta por Rodríguez, K., y en la determinación hecha usando la técnica de Elkan, G. & Moore, W. se observa el comportamiento lineal al descartarse el valor de evolución que corresponde a la concentración más alta de fósforo. (ver gráfica 13), teniéndose bajo estas condiciones un coeficiente de determinación de 0.9



Por otra parte, la producción de forraje también se aumenta, si la cantidad de fósforo se eleva, aunque no se encontró correlación entre ambas variables, existe la tendencia en los valores a tomar un comportamiento asintótico, es decir, aun-

que se aumente la cantidad de fósforo, los valores de producción no continúan aumentando, sino que presentan la tendencia a caer dentro de cierto rango de valores, en otras palabras, la producción no aumenta ni disminuye rápidamente.

En el caso del forraje seco, el comportamiento es semejante aunque eliminando el valor de forraje más bajo en relación al contenido de fósforo. (0.709 ppm) que es alto, se presenta una relación lineal. (ver gráfica 14).



Gráfica 14. Efecto del fósforo en la producción de forraje seco.

6.3 OBSERVACIONES EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD DEL SUELO.

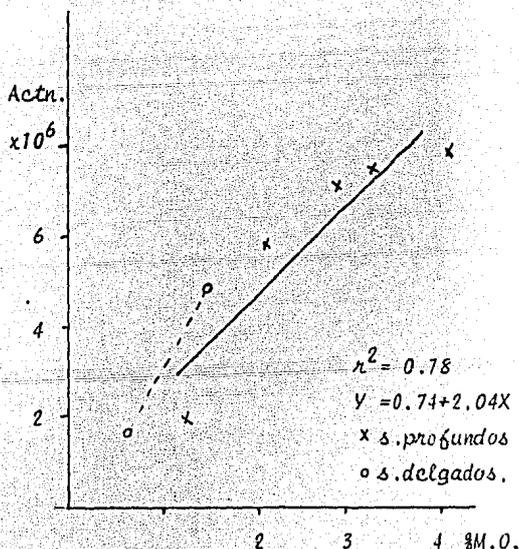
CUADRO No. 9 VARIACION DE LAS PROPIEDADES MICROBIALES Y EL RENDIMIENTO RESPECTO A LA MATERIA ORGANICA, AL NITROGENO Y AL FOSFORO, EN RELACION AL ESPESOR DEL SUELO.

	% M.O.	N NH ₄ ⁺	P ppm	No. organis.			Evol. CO ₂		Biom. kg/ha	Forraje	
				act.	bact.	hong.	Rodr.	Elkan		verde	seco
sue	1.18	26.6	0.027	1.79	129	1.22	9.0	11.69	1010	1.75	0.375
los	1.95	77.6	0.488	5.99	172.6	2.07	11.91	13.9	3050	4.01	0.56
pro	2.75	37.6	0.693	7.19	184.4	1.87	16.43	18.9	4614	7.16	1.0
fun	3.12	49.5	0.678	7.47	173.8	2.38	16.49	18.8	3904	4.05	0.79
dos	3.97	53.8	1.438	7.83	193.9	2.82	19.7	16.6	4150	4.86	1.06
=====											
Del	0.47	24.3	0.027	1.64	8.1	.09	8.46	13.13	770	0.9	0.11
dos	1.38	47.1	0.709	4.7	155.9	13.8	10.01	25.66	2350	3.45	0.59

Tn/ha X 10

El cuadro No. 9 muestra una comparación entre suelos delgados y profundos de las variaciones en las características microbiales, y el rendimiento respecto al contenido de materia orgánica, de nitrógeno amoniacal y de la concentración de fósforo.

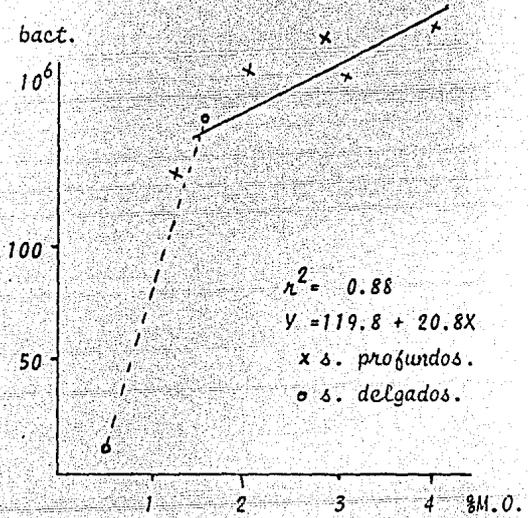
En los suelos profundos como en los delgados, se presenta un incremento en el número de microorganismos. Para el caso particular de los actinomicetes, el incremento se hace más notable en suelos profundos donde además se presenta una relación lineal para con la materia orgánica, teniendo un aumento hasta de 4.17 veces, cuando el carbono orgánico es incrementado en 3.36 veces en comparación con el aumento que sufrieron en suelos delgados, que fué de 2.8 veces cuando la materia se aumentó en 2.93 veces (gráfica 15). Lo inverso ocurre con los hongos y las bacterias, teniéndose aumentos hasta de 2.18 y 1.5 veces de hongos y bacterias respectivamente para suelos profundos, y de 15.33 y 19.24 para suelos delgados, para los mismos incrementos del carbono orgánico.



Gráfica 15. Efecto de la materia orgánica en el número de actinomicetes, en suelos profundos y delgados.

El hecho de que en suelos delgados se note más los incrementos, es porque es un medio que en condiciones "naturales" tiene muy poca cantidad de organismos, por lo que al introducir nuevas especies con el material degradable, se aumenta la diversidad, provocándose grandes cambios en la microfiora nativa; a este efecto se suma la influencia que tiene la roturación profunda que también produce cambios en la comunidad del suelo.

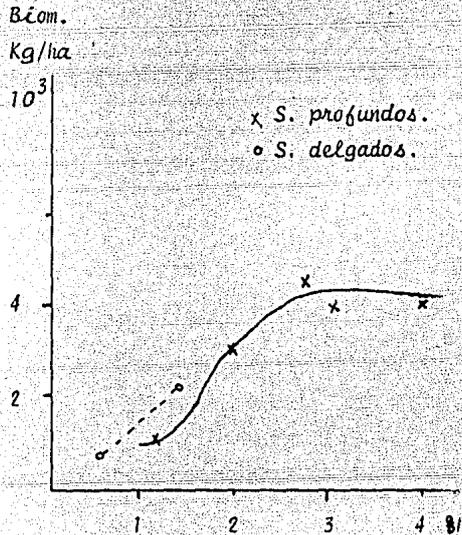
La biomasa se incrementa en forma más notable en los suelos profundos, que en aquellos que son delgados. (ver gráfica 17), así por ejemplo en los profundos el aumento de la biomasa es el doble del aumento de la materia orgánica. En los suelos delgados la relación entre el aumento de la materia orgánica y de biomasa microbial



Gráfica 16. Efecto de la materia orgánica sobre la población bacteriana.

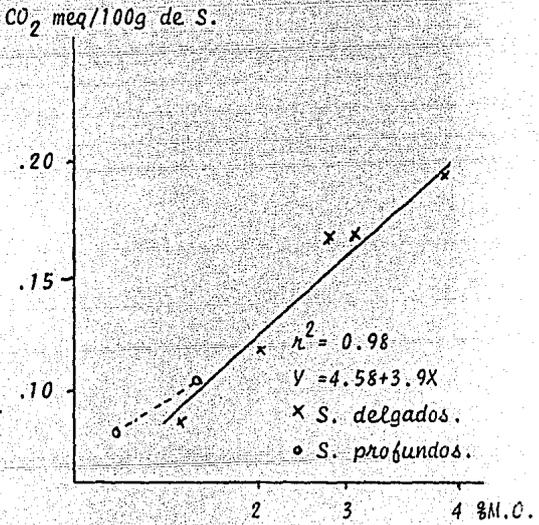
es casi de uno a uno, sin embargo, esta tasa de incremento en la biomasa con respecto a los aumentos de materia orgánica en suelos profundos, no es la misma conforme es mayor la cantidad de esta última, sino que se va haciendo menor de tal manera que la curva tiende a tener pendiente casi de cero.

En lo que respecta a la evolución de CO_2 , se presentan datos hasta cierto punto antagónicos, pues por la técnica propuesta por Rodríguez, K. (1967) - gráfica 18 -, los suelos delgados tienen comparativamente menor producción de este gas que los profundos, mientras que en la determinación hecha con la técnica descrita por Elkan, G. (1962) ocurre lo contrario, los suelos delgados muestran la tendencia a presentar más actividad que los profundos, aunque el rango de los



Gráfica 17. Influencia de la materia orgánica sobre la biomasa, en suelos profundos y delgados.

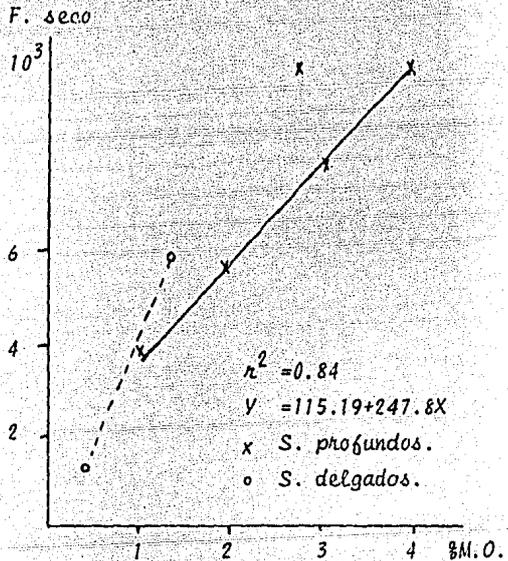
valores para los primeros es muy amplio, siendo de 0.12 a 0.28 meq /100 g de suelo/hora en el testigo, mientras que en la parcela abonada es de 0.24 a 0.29 meq /100g de suelo. Esta última tendencia podría ser explicada si tomamos en cuenta que en los delgados la mayor proporción de organismos que están actuando son introducidos con el estiércol o bien aunque sean autóctonos, están desdoblándolo para alimentarse, por lo que al mantener la temperatura constante y ligeramente alta (28 a 30° C) se hace más fácil la fermentación del material y es mayor la actividad, que si se está sujeto a cambios térmicos. Además en estas condiciones es más fácil que actúen las enzimas introducidas con el estiércol. Por otra parte en estos suelos hay más contenido de carbonatos libres y demás iones oxidantea y por consecuencia, hay más descar



Gráfica 18. Comparación del CO₂ producido en relación al aumento de materia orgánica en suelos profundos y delgados.

boxilación química, lo que nos produce un mayor desprendimiento de carbono en forma de bióxido de carbono.

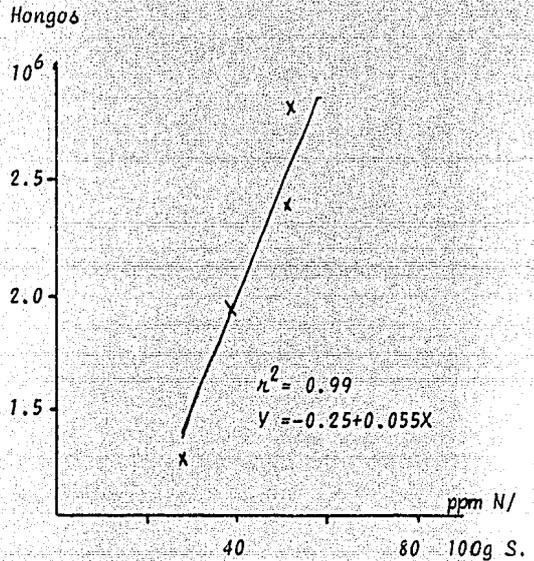
La producción de forraje verde y seco se ve muy favorecida por la adición del estiércol al suelo, obteniéndose desde 2.2 veces más forraje verde para un incremento de 1.6 veces el porcentaje de materia orgánica hasta 2.7 veces, cuando se aumenta en 3.36 veces aquella, para el caso de los profundos abonados con estiércol semi-seco; en la parcela donde se aplicó estiércol fresco, se obtuvo cuatro veces más forraje que en el testigo, para un aumento de 2.3 veces el contenido de materia orgánica, sin considerar este último valor se observa que existe un comportamiento lineal de la producción de forraje con respecto al contenido de materia orgánica del



Gráfica 19. Efecto del estiércol en el rendimiento (forraje seco), en suelos profundos y delgados.

suelo.- ver gráfica 19.-

En relación al contenido de nitrógeno amoniacal se observó un mayor incremento en el número de organismos presentes en suelos profundos que en delgados, estos efectos se hacen más notables en la población de hongos y bacterias, de los cuales sólo los primeros - presentan una relación de tipo lineal en suelos profundos. - (ver gráfica 20). Aunque se aprecia que los números poblacionales son comparativamente mayores en suelos profundos que en los delgados, en estos últimos el incremento en el contenido de nitrógeno se traduce en un aumento de la población microbiana del suelo tratando con respecto al testigo hasta de 2.6 veces mayor en el caso de los actinomicetes; 19.2 en las bacterias y 15.3 para los hongos, cifras bastan



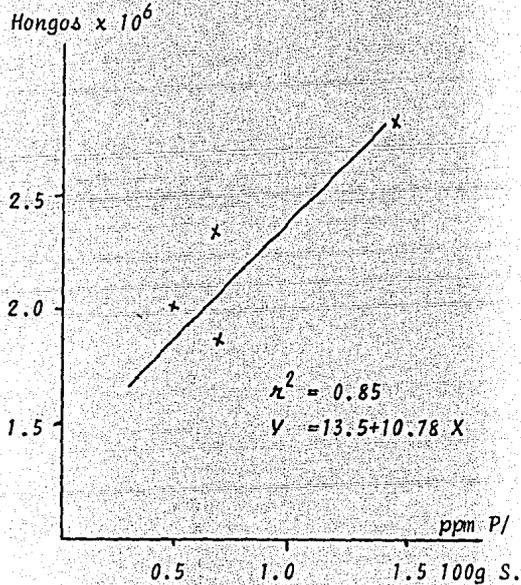
Gráfica 20. Influencia del nitrógeno sobre la población fungal en suelos profundos.

te significativas para las características de estos suelos.

La biomasa se ve aumentada proporcionalmente más veces en los suelos profundos que en los delgados, pero sin que se aprecie una relación definida.

Los valores de forraje seco y verde en parcelas con suelo profundo, están muy por arriba de los registrados en suelos delgados, así por ejemplo, para la parcela con 37.6 mg de N / 100 g de suelo, casi se obtuvo el doble de forraje verde producido en una parcela con suelo delgado, que tenía 47.1 mg de nitrógeno amoniacal.

En relación al tipo de comportamiento que presentan las poblaciones microbiales al aumentar el contenido de fósforo disponible. Los grupos 3:



Gráfica 21. Influencia del fósforo sobre la población fúngica en suelos profundos.

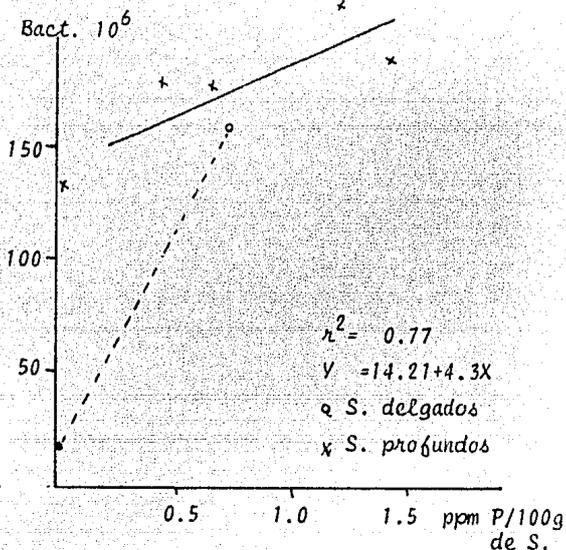
organismos que más se ven afectados por el incremento de nutrientes, son hongos y bacterias que presentan un comportamiento lineal. (ver gráficas 21 y 22).

Los actinomicetes por su parte, presentan un comportamiento que tiende a ser lineal.

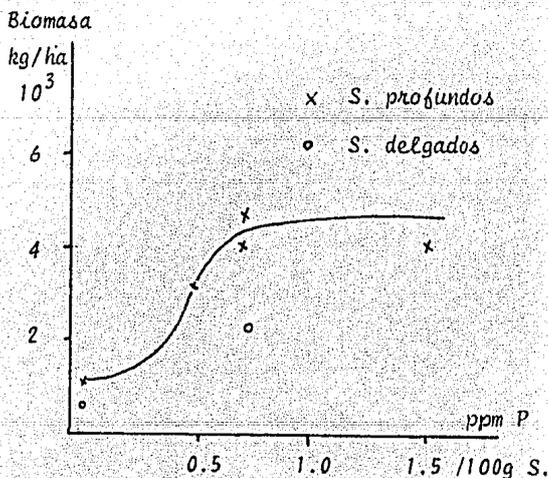
Los incrementos en los suelos profundos son mayores que en los someros, para el caso de los actinomicetes, pero para el caso de las bacterias y los hongos ocurre lo contrario, pues

dadas las condiciones de los suelos, es notablemente mayor el incremento de las poblaciones para el aumento de fósforo que se dá.

La biomasa también es más alta en los suelos profundos que en los delgados, inclusive en aquel donde la cantidad de fósforo es semejante con la

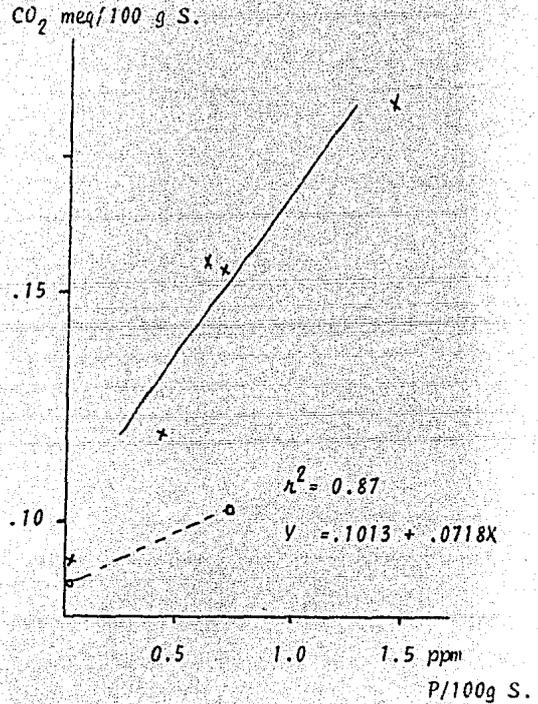


Gráfica 22. Influencia del fósforo en el número de bacterias, en suelos profundos y delgados.



Gráfica 23. Influencia del fósforo en la biomasa del suelo.

de los profundos se presenta un valor bajo de biomasa, ésto era de esperarse, pues como son suelos con bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno, además de ser poco desarrollados - tienen que presentar poca diversidad y cantidad de organismos. En los suelos profundos, el aumento de la biomasa con respecto al fósforo presentan la tendencia de alcanzar una cierta - estabilidad a valores relativamente altos, es decir, la curva se hace asintótica. (gráfica - 23).



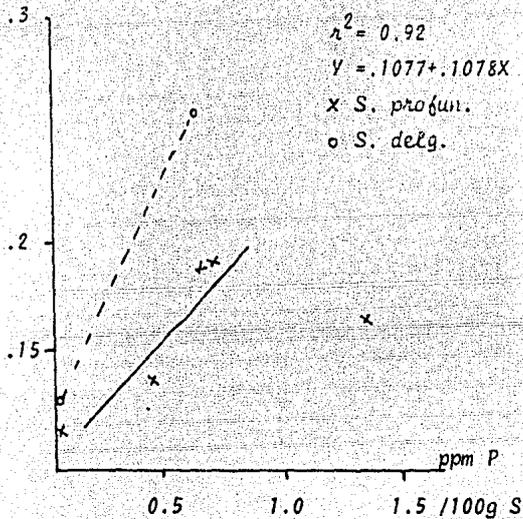
La actividad de los organismos en el suelo como desprendimiento de bióxido de carbono, presenta en términos generales un comportamiento con tendencia lineal, con coeficientes de regresión altos $r^2 = 0.87$ y 0.85 de Rodríguez, K. de Elkan respectivamente. La producción de gas es mayor en los suelos

Gráfica 24. Efecto del aumento de fósforo en la producción de CO_2 . Técnica de Rodríguez, K.

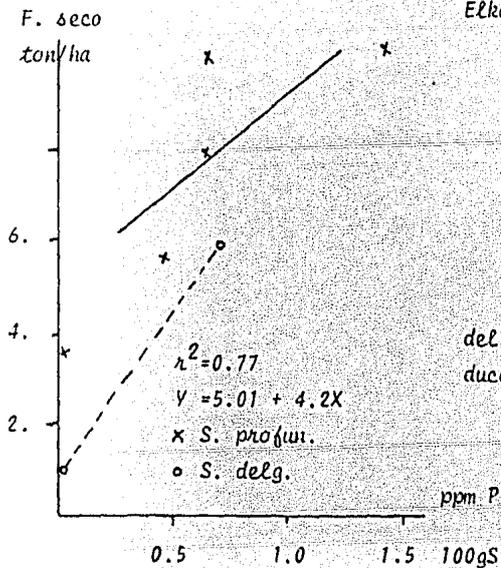
los profundos que en los delgados. (gráficas 24 y 25).

La producción de forraje verde parece tener un comportamiento asintótico. En cuanto a la producción de forraje seco se presenta una relación lineal con respecto al contenido de fósforo, en ambos casos, la producción en suelos profundos fué mucho mayor que en los delgados. (gráfica 26).

CO₂ meq/100 g S.



Gráfica 25. Influencia del fósforo en la evol. de CO₂. Téc. Elkan, G. (1962)



Gráfica 26. Influencia del incremento del fósforo en la producción de forraje seco.

CUADRO No. 10 VARIACION DE LAS PROPIEDADES MICROBIALES Y EL RENDIMIENTO EN RELACION AL TIEMPO DE ADICION.

% M.O.	N NH ₄	P ppm	No. Poblacional +			Pob. tot.	Evol. CO ₂		Biom. kg/ha	Rendim. c		
			Act.	Bact.	Hong.		Rodr.	Elkan		F.v.	F. s.	
1.18	26.6	.027	1.79	129	1.22	132.0	9.0	11.7	1010	1.75	.375	1
1.38	47.1	.709	4.7	155.9	1.38	161.9	10.01	25.6	2350	3.45	.59	a
2.75	37.6	.693	7.19	184.4	1.87	193.4	16.43	18.94	4614	7.16	1.00	ñ
3.12	49.5	.678	7.47	173.8	2.38	183.6	16.49	18.86	3904	4.05	0.79	o
1.95	77.6	.488	5.99	172.6	2.07	180.6	11.91	13.96	3050	4.01	0.56	3 años
3.97	53.8	1.438	7.83	193.9	2.82	204.5	19.74	16.62	4150	4.86	1.06	2
3.12	49.5	0.67	7.47	178.3	2.38	188.6	16.49	18.86	3904	4.05	0.79	1

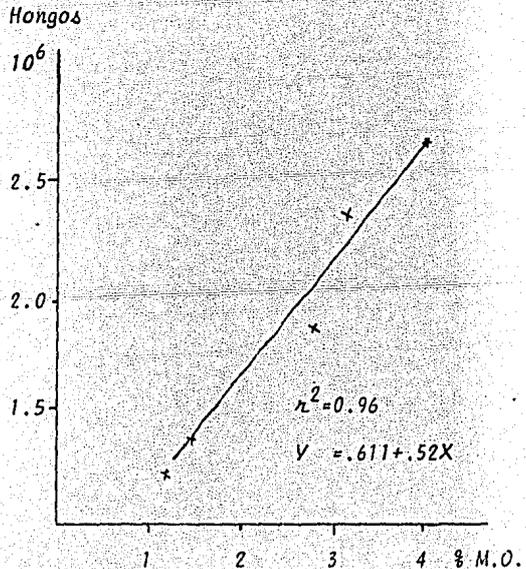
+ Pobl. X 10⁶. N en mg/100 g S. Rend. en ton/ha.

o Tn/ha X 10

8.4 OBSERVACIONES CON RESPECTO AL TIEMPO DE ADICIÓN.

En el cuadro No. 10 se muestran las variaciones de las propiedades microbiológicas del suelo y del rendimiento - forraje verde y seco - con respecto al contenido de materia orgánica de nitrógeno y fósforo, en relación a la variable condicionante tiempo de adición, distinguiéndose por una parte las que tienen un año desde la aplicación y por otra, comprando las que tienen diferente tiempo de aplicación.

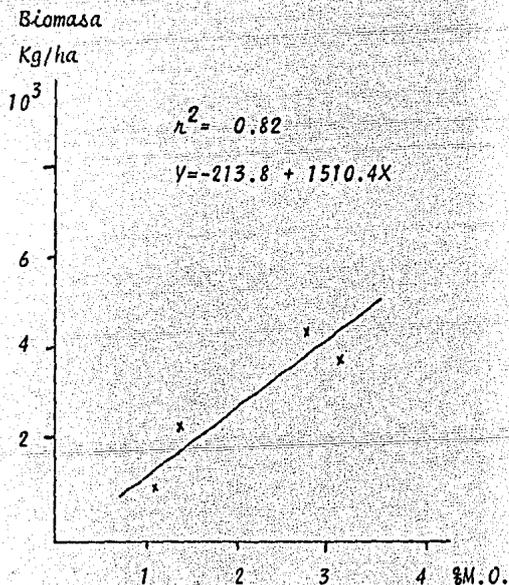
Comparando los valores obtenidos del conteo poblacional contra la materia orgánica en las parcelas que tienen un año desde la última aplicación de estiércol, se observa que existe una tendencia lineal de aumentar el número de actinomicetes, bacterias y hongos, al incrementarse la materia orgánica. En el caso particular de los hongos, se tiene un coeficiente de determinación $r^2 = 0.93$ (gráf. 27.) La biomasa también tiene el mismo comportamiento con un coeficiente de correlación de



Gráfica 27. Influencia de la materia orgánica en los hongos en parcelas con un año de adición de estiércol.

0.82 (gráfica 28). Lo mismo ocurre con la evolución del bióxido de carbono, medido por las dos técnicas. Esto, como se ha argumentado anteriormente, es consecuencia del incremento de nutrientes por la adición de estiércol. (gráf. 29).

Las parcelas con un año de adición de estiércol presentan enormes incrementos en la producción, siendo de 2 a 4.1 veces más la cantidad de forraje verde, producido en el suelo abonado que en aquel donde no se aplicó estiércol, y de 1.6 a 2.7 veces más de forraje seco dependiendo de la cantidad de estiércol aplicado. Sin embargo, es menester hacer notar que la mayor producción se obtuvo en las parcelas donde se adicionó estiércol fresco (87 tons/ha de materia seca) aunque la cantidad final de materia

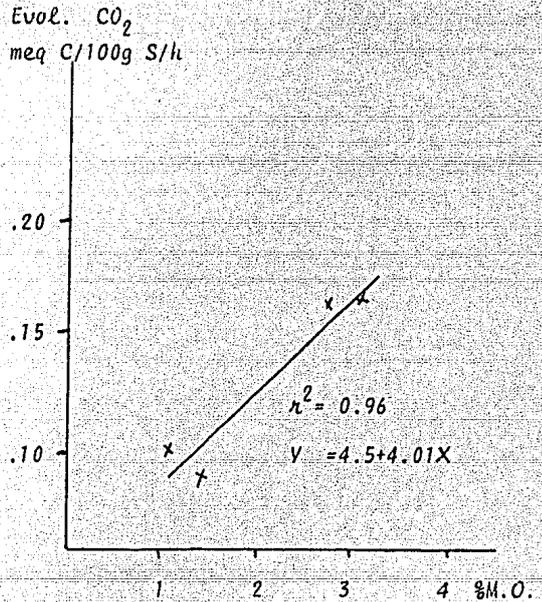


Gráfica 28. Efecto de la materia orgánica sobre la biomasa en parcelas con un año de adición de estiércol.

orgánica que se incorporó al suelo es menor que en aquel donde se dosificó con una cantidad equivalente de estiércol semiseco (86 tons/ha de materia seca).

En las parcelas con diferente tiempo de adición, se manifiesta un aumento del número de organismos, también se observa que la biomasa y la actividad microbial son aumentadas al disminuir el tiempo de adición. Es decir, existe una relación inversa entre el tiempo transcurrido desde la adición y las poblaciones de organismos. Particularmente los actinomicetes y bacterias presentan un comportamiento directo.

Aunque el forraje verde y seco también aumenta al ser menor el tiempo desde la dosificación, sólo este último



Gráfica 29. Efecto de la materia orgánica sobre la actividad (CO₂) en parcelas con 1 año de adición de estiércol. Tecn. Rodríguez, K.

presenta una tendencia a hacerlo en forma lineal.

Las variaciones que se observan parecen depender más del porcentaje de materia orgánica, que del tiempo transcurrido a partir de la adición de estiércol, así por ejemplo la muestra procedente de la parcela con dos años desde la aplicación (con 3.97% de mat. orgánica) tiene mejor rendimiento que la que tiene un año, sin embargo, la diferencia que hay entre los resultados no son muy grandes, pese a que la diferencia en contenido de carbono orgánico es casi de una unidad, de manera que es bastante aceptable argumentar que entre mayor sea el tiempo transcurrido a partir de la adición de estiércol, el beneficio que éste último proporciona al cultivar, es menos notable.

Por otro lado, comparando los valores de las parcelas que tienen mayor contenido de materia orgánica (3.12 y 3.97%) con la que tiene 2.75%, se observan cifras que no son muy diferentes entre sí, pese a las diferencias tanto en contenido de carbono orgánico como de la actividad microbial, inclusive, en la última de las tres mencionadas, la producción de forraje seco y verde es comparativamente mayor que la cantidad estimada en las otras parcelas que tienen mayor porcentaje de materia orgánica. Lo que se atribuye a que aquella, la de menor cantidad de carbono orgánico, fué abonada con estiércol fresco, como ya se mencionó al principio, que es un material más fermentable potencialmente que el estiércol semi-seco, además de que el primero tiene una relación $C/N = 4.3$ y en segundo de 10.87, lo que propicia que la retención del nitrógeno por parte de los microorganismos, sea en este último caso, por más tiempo que en el primero.

trándose un bloqueo más prolongado, lo que se traduce en una dispo
n de nitrógeno para las plantas, más restringido durante su desa-
lo, resultando ser menos vigorosas.

En lo que respecta al nitrógeno amoniacal, en el suelo tam-
existe la tendencia a ser mayor el número de organismos, de bioma
la actividad microbial y de producción de forraje, cuando se incre
a la concentración de este elemento en las parcelas tratadas con -
ércol semi-seco, siendo 1.9 veces mayor la cantidad de biomasa, -
la actividad, 2.30 y 2.1 veces más la producción de forraje ver-
seco respectivamente, sin embargo, comparando el valor de nitróge
e la parcela donde se aplicó el estiércol fresco, se observa que -
ue el valor de este elemento sea relativamente bajo, hay una alta
vidad biológica, mayor biomasa que en las otras; 4.5 veces más -
el testigo y la producción estimada es bantante alta; 4.1 y 2.6 -
s más forraje verde y seco que en el testigo.

El contenido de nitrógeno amoniacal aumenta al ser mayor el
po de adición. Desde este punto de vista parece que existe una
ción inversa del contenido de nitrógeno amoniacal con respecto a -
características microbiológicas del suelo, de manera que si se au-
a el nitrógeno mineralizado, la actividad en forma global disminu-
lo que conulga con una de las suposiciones si se toma en cuenta -
el nitrógeno orgánico va disminuyendo, de tal forma que de manera
eral el nitrógeno total decrece porque son más abundantes los orga
MOG.....

que toman nitrógeno orgánico que los que toman en forma mineralizada.

En relación al contenido de fósforo en las parcelas con un año de aplicación de estiércol, se observa que al incrementarse este nutriente, aumenta la cantidad de microorganismos (hasta 4.3, 1.4 y 1.9 veces la cantidad de actinomicetes, bacterias y hongos) y la actividad microbial (hasta 1.7 veces más) respecto al testigo, sin embargo este incremento llega a un máximo después del cual tiende a disminuir. Esta tendencia parece tener más relación con la cantidad de materia orgánica que con el fósforo, pues si comparamos los contenidos de este último con los de materia orgánica, se observa que las parcelas que tienen más fósforo disponible tienen menos materia orgánica y viceversa. Ahora bien, el número de microorganismos que pueda soportar el medio, depende más del potencialmente degradable que de los compuestos inorgánicos. La parcela tratada con estiércol fresco presenta mayor biomasa, actividad microbial y rendimiento que las que fueron tratadas con semi-seco, a pesar de que en una de estas últimas, la cantidad de fósforo es mayor. Hay que recordar que lo mismo ocurre con el contenido de nitrógeno y materia orgánica.

Por otra parte en lo que se refiere al tiempo transcurrido desde la adición, en el Cuadro No. 10 se ve que la cantidad de microorganismos, la biomasa y la actividad de los mismos, se incrementa al aumentar la cantidad de fósforo, pero esto no contradice lo antes expuesto, sino que por el contrario lo afirma, ya que el fósforo disponible en estas parcelas varía en la misma forma que lo hace el contenido de materia orgánica, es decir, que la parcela con más alto contenido de -

fósforo es la que tiene mayor cantidad de materia orgánica. Ahora - bien, si la materia orgánica es mineralizada a través del tiempo, es - de esperarse que tanto el fósforo como el nitrógeno disminuyan en can- tidad, no sólo por su paso de la forma orgánica a la inorgánica, sino también por las pérdidas que ocurren durante el proceso y por la ex- tracción que hacen las plantas.

CUADRO No. 11 COMPARACIÓN EN CUANTO A TIPO DE ESTIERCOL -
DE LAS PARCELAS ABONADAS APROXIMADAMENTE CON LA MISMA CANTIDAD DE MATERIA -
SECA (87 tons/ha.).

ESTR.	%	N	P	No. organs. x 10 ⁶			Biom. kg/ha	Evol. CO ₂		FORRAJE +	
	M.O.	mg	ppm	act.	bact.	hong		Rodr.	Elkan	verde	seco
SECO	3.12	49.5	.678	7.47	173.8	2.38	3904	16.49	18.8	4.05	.79
TEST.	1.18	26.6	.027	1.79	129	1.22	1010	10.01	11.69	1.75	0.37
FRESCO	2.75	37.6	.693	7.19	184.4	1.87	4614	16.43	18.94	7.16	1.0

+ Tn/ha x'10

Comparando los incrementos en materia orgánica, nitrógeno y fósforo que tuvo la parcela abonada con estiércol fresco y la que se abonó con semi-seco, se observa que aunque en esta última sean mayores los aumentos en materia orgánica y nitrógeno con respecto al testigo, en la primera, es decir, en la que se aplicó estiércol fresco, se observan valores similares o superiores a los de la otra parcela (cuadro No. 11). Esto se debe a la naturaleza del material aplicado, en base a esta comparación, se puede decir a primera instancia que el estiércol fresco aporta mayores beneficios al cultivo y al suelo, por lo menos a mediano plazo, desde luego, esto puede ser con mucho un juicio apriorístico, por la poca información en que se apoya.

8.5 COMPARACION EN BASE AL TIPO DE TEXTURA.

En el cuadro No. 12 se muestran los cambios en las propiedades microbiológicas y el rendimiento de las parcelas con referencia a la materia orgánica y los nutrientes, haciendo la discriminación en base a la clase textural como variable condicionante.

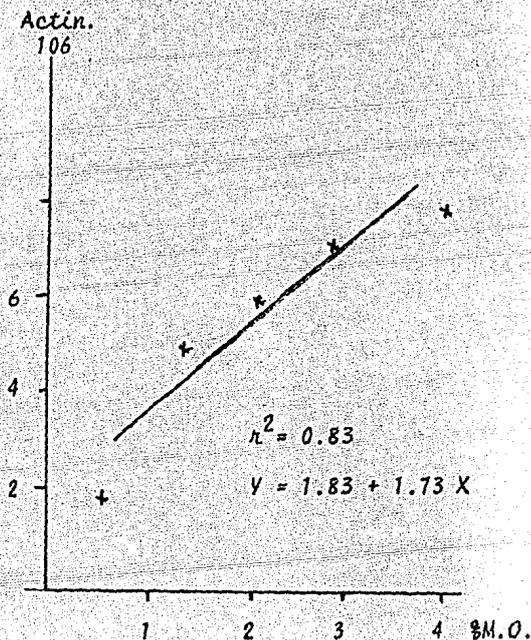
En relación a la clase textural se observa que en los dos tipos: migajón arenoso y migajón limoso se presenta la misma tendencia de ser mayor la biomasa, la actividad biológica y el rendimiento estimado de forraje al aumentar la cantidad de materia orgánica, el nitrógeno amoniacal y el fósforo del suelo (cuadro No. 12).

CUADRO No. 12 COMPARACION ENTRE CLASES TEXTURALES DE LA VARIACION EN LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS CON RESPECTO AL AUMENTO DE MATERIA ORGÁNICA Y LOS NUTRIENTES.

CLASE TEXT.	% M.O.	N NH ₄ ⁺	P ppm	No. organs. X 10 ⁶			Evol. CO ₂		Biom. kg/ha	Forraje	
				act.	bact.	hong.	Rodr.	Elkan		verde	seco
miga	0.47	24.3	.027	1.69	8.1	.09	8.46	13.13	770	0.9	0.11
j6n	1.38	47.1	.709	4.7	155.9	1.38	10.01	25.66	2350	3.45	0.59
are-	1.95	77.6	.488	5.99	172.6	2.07	11.91	13.96	3050	4.01	0.56
noso	2.75	37.6	.693	7.19	184.4	1.87	16.43	18.94	4614	7.16	1.0
	3.97	53.8	1.438	7.83	193.9	2.82	19.79	16.62	4150	4.86	1.06
M.1i	1.18	26.6	.027	1.79	129	1.22	9.0	11.69	1010	1.75	.375
moso	3.12	49.5	.678	7.47	173.8	2.38	16.49	18.8	3904	4.05	0.79

N en mg/100 de S. CO₂ en meq. X 10⁻²/100 g de S./hora. Tn/ha X 10

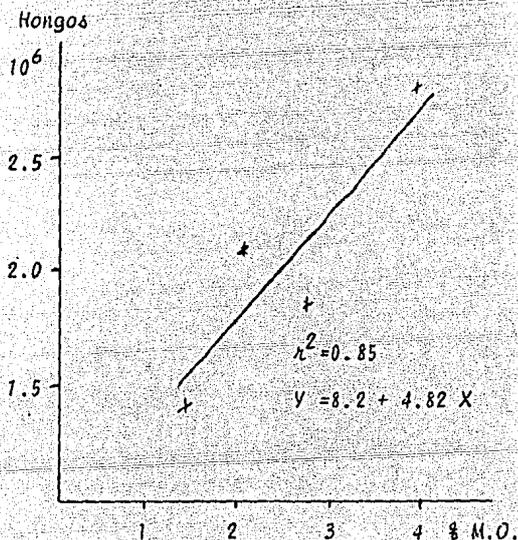
En los suelos con textura migajón arenoso que es de los que - más puntos se tienen, se observa que existe correlación entre el número de actinomicetes, hongos, biomasa y la producción estimada con el contenido de materia orgánica del suelo. En las gráficas 30, 31 y 32, se ilustra el comportamiento de las tres variables arriba mencionadas. En el caso de las bacterias, no se obtuvo un valor alto de correlación, sino hasta descartar el valor correspondiente a la parcela más pobre en materia orgánica (0.47%) el valor del coeficiente de correlación $r^2 = 0.91$ y la ecuación de la recta de mínimos cuadrados es $Y=14.16 + 1.39 X$. Esta parcela presenta valores muy por abajo de los demás, ésto se debe a que en esta superficie no ha habido adición de estiércol y posee un suelo muy delgado. En el caso de los actino-



Gráfica 30. Efecto de la materia orgánica sobre los actinomicetes en suelos con textura migajón arenosa.

micetes, no manifiestan cambios tan bruscos como los de las poblaciones de bacterias y hongos.

Otro valor que varía mucho respecto a los otros, es el de la parcela con mayor contenido de materia orgánica - (3.97%), si este valor no se toma en cuenta se obtiene una alta correlación entre la materia orgánica y la producción de forraje verde con un coeficiente de determinación de 0.96 Ec. $Y = -430.5 + 2633.6 X$, siendo de otra forma, no se obtiene una buena correlación. Si por el contrario se elimina el valor más elevado de producción (con una concentración de Mat. Org. = 2.75%), la pendiente de la curva cambia rápidamente cuando son altos los contenidos de materia orgánica y tiende a igualarse a cero. En lo que se refiere a la producción de -

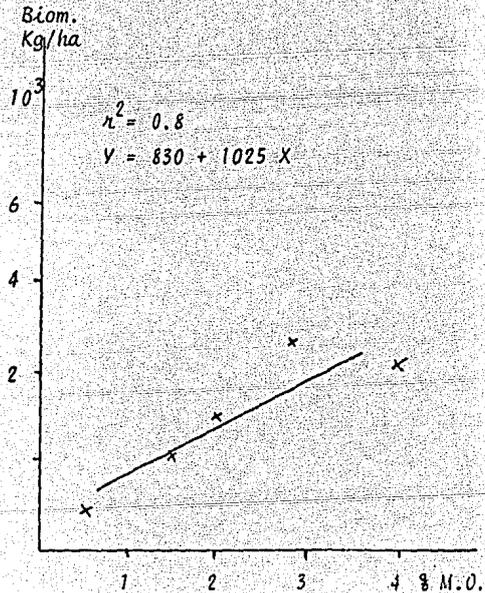


Gráfica 31. Influencia de la materia orgánica sobre los hongos. Textura M. arenosa.

ferraje seco, se observa un comportamiento lineal, obteniéndose un valor alto del coeficiente de determinación $r^2 = 0.88$ - (Gráf. 33).

En relación al contenido de nitrógeno, no se observa ninguna correlación de las poblaciones microbiales y la producción con respecto a la cantidad de este nutriente, sólo se observa la tendencia a ser mayores, lo mismo ocurre en los suelos con textura migajón-limoso.

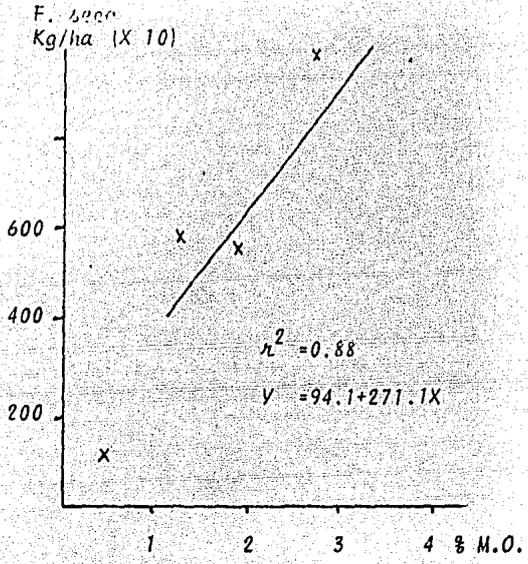
En el caso de la biomasa, se presenta una tendencia en los valores a incrementarse rápidamente a concentraciones relativamente bajas de nitrógeno, y después los incrementos se hacen muy pequeños (arriba de los 53.8 mg de N), semejando un comportamiento asintótico.



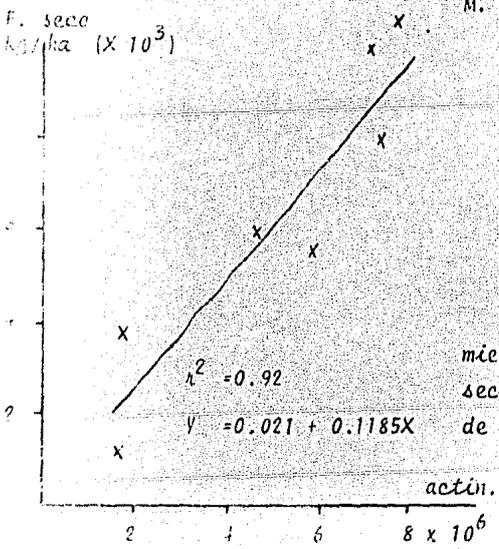
Gráfica 32. Efecto de la materia orgánica sobre la biomasa.

Con respecto al conte-
 nido de fósforo disponible en -
 el suelo, se observa que hay in-
 crementos en el número de -
 organismos al ser mayor la can-
 tidad de fósforo, pero sin exis-
 tir correlación. Lo mismo ocu-
 rre con la actividad y la pro-
 ducción.

La biomasa, empero, -
 presenta un comportamiento simi-
 lar al observado en relación al
 contenido de nitrógeno.



Gráfica 33. Efecto de la materia orgánica sobre la producción de forraje seco. - Text. M. arenoso. -



Gráfica 34. Comportamiento de la producción de forraje seco en relación de la población de actinomicetes.

8.6 RELACION ENTRE LAS VARIABLES MICROBIOLÓGICAS Y EL RENDIMIENTO.

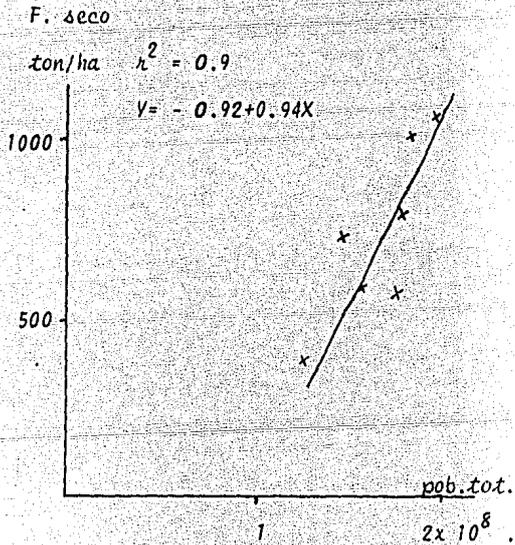
Se eligieron las variables microbiológicas que tenían un comportamiento semejante al que presenta la producción de forraje con la materia orgánica y los nutrientes, bajo la suposición de que deberían tener una relación similar y por ello, deberían ser tanto o más finas que estas últimas, para explicar o por lo menos relacionarlas mejor con el rendimiento, y se buscó el tipo de comportamiento que tenían. (ver cuadro No. 13).

CUADRO No. 13 ECUACIONES DE LAS CURVAS; -
 VARIABLES MICROBIOLÓGICAS - VERSUS - PRODUCCION, EN LAS
 QUE SE ENCONTRO COMPORTAMIENTO LINEAL.

VARIABLES		Coef. deter.	Ecuación recta de M. cuadrados
D. interm.	D. finales x 10		
No. actin.	F. verde	0.85	$Y = 0.242 + 0.66 X$
No. actin.	F. seco	0.92	$Y = 0.021 + 0.118 X$
No. bact.	F. seco	0.86	$Y = -0.026 + 0.045 X$
Pobl. total	F. seco	0.90	$Y = -0.92 + 0.94 X$
Evol. CO ₂	F. seco	0.92	$Y = -0.299 + 0.07 X$
Biomasa	F. verde	0.93	$Y = 0.20 + 0.0012 X$
Biomasa	F. seco	0.94	$Y = 0.0419 + 0.00021 X$
Textura	M. arenoso		
Biomasa	F. verde	0.96	$Y = -0.188 + 0.0014 X$
Biomasa	F. seco	0.96	$Y = -0.065 + 0.0002 X$

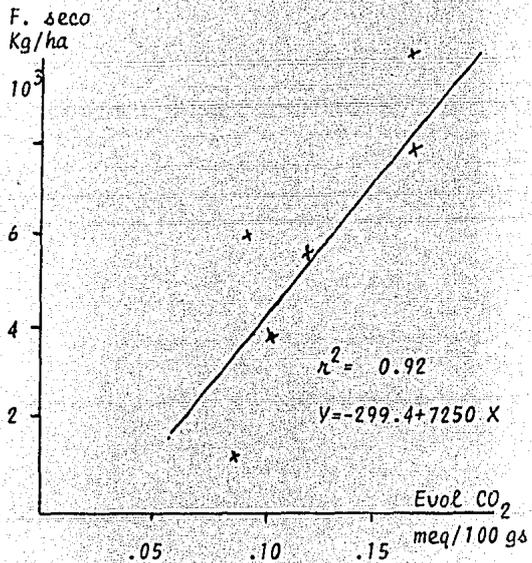
En el cuadro trece se enlistan las variables microbiológicas que presentaron comportamiento lineal con el rendimiento, mostrando el valor del coeficiente de determinación y la ecuación.

Se observó correlación entre la población de actinomicetas y el forraje seco (gráf. 34) con coeficiente de determinación de 0.92. Con el forraje verde, ocurre lo mismo con un coeficiente igual a 0.85. En la población bacteriana contra forraje seco también se encontró un comportamiento similar $r^2=0.86$ y en población total versus forraje seco se observó que existe correlación (gráf. 35). Este es el comportamiento esperado si se considera que la materia orgánica del suelo y las poblaciones tenían una relación directa, ya que al propiciar el desarrollo de los organismos por introducción de nuevas especies y por la incorporación de material potencialmente degradable es de esperarse que entre mayor y más



Gráfica 35. Relación del forraje seco con la población total.

diversa sea la población microbial en el suelo, más se favorecen las condiciones para el desarrollo de las plantas. La encontrada entre la actividad y la producción de forraje seco con un coeficiente de determinación de 0.92 (gráf. 36), la biomasa y el forraje verde con un coeficiente igual a 0.93 y la biomasa versus forraje seco con coeficiente de determinación $r^2 = 0.94$ (gráf. 37), afirman el planteamiento que se ha hecho anteriormente, de que si se consigue hacer del suelo un sistema más dinámico por incremento del número de organismos, todo ello como consecuencia de las aplicaciones de estiércol mayor será la disponibilidad de nutrientes mineralizados, que son potencialmente aprovechados por las plantas, además de su influencia sobre el medio, haciéndolo más adecuado en sus características químicas y físicas

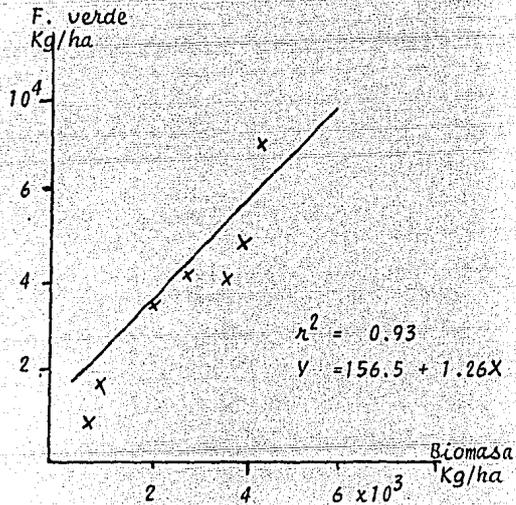


Gráfica 36. Relación entre el forraje seco y la evolución de CO₂, medida con la técnica de Rodríguez, K. 1967.

ca3.

En forma más particular también se encontró correlación entre la biomasa microbial y la producción en términos de forraje verde y seco, en suelos con textura migajón arenoso, de manera que si se logra incrementar la biomasa del suelo por adiciones de materia orgánica, se puede asegurar una mejoría en la producción.

En base a lo arriba expuesto, se compararon los valores de los coeficientes de determinación encontrados entre las variables microbiológicas y la producción con los obtenidos entre la materia orgánica y el rendimiento, para con ello verificar si como variables dependientes intermedias que son, pueden ser usadas cualquiera de ellas para explicar el comportamiento de las variables finales



Gráfica 37. Relación entre la biomasa y el forraje verde producido.

y se observó que en ambos casos existen coeficientes de determinación altos (desde 0.85 a 0.96), pero en el caso de la biomasa y el desprendimiento de bióxido de carbono, los valores que se encontraron en promedio ($r^2 = 0.94$), son ligeramente mayores que los obtenidos en el caso de la relación con la materia orgánica. Sin embargo, esto no es suficiente para proponer a la biomasa y la actividad microbial como parámetros más finos que la materia orgánica para relacionarlos con el rendimiento del cultivar, sino que serían necesarias más pruebas y comparaciones semejantes. Esto apunta hacia la existencia de una estrecha relación entre estas variables y la producción, pues si se tienen suelos con altos valores de respiración, es más probable que se tengan mejores condiciones para el desarrollo de las plantas que otros con bajas tasa de respiración, aunque tengan alto contenido de materia orgánica.

IX DISCUSION.

Para alcanzar el objetivo del estudio, se presentaron dos formas de trabajo alternativas; una de ellas es la de hacer adiciones periódicas en parcelas experimentales con un gran número de variables controladas y en la que había de esperar bastante tiempo. La otra opción por la que se optó por considerarse la más viable en cuanto a tiempo y recursos, es la de hacer observaciones en parcelas tratadas con diferentes ciclos agrícolas, de forma parecida a como se hacen los trabajos de análisis vegetacional de sucesión secundaria.

La forma en que se hizo la selección de parcelas, propicia que se tenga que trabajar un gran número de variables de manera que como ya se hacía mención anteriormente, se pueden hacer subdivisiones, y de hecho se hacen, dentro de las mismas variables independientes y dependientes, de tal forma que esta parcelización ayude a hacer un mejor análisis de la información que se tiene. Es por ello que en esta sección se discutirán los resultados siguiendo el mismo esquema que se usó para el análisis.

El comportamiento de las variables dependientes intermedias, se explica en base al contenido de materia orgánica del suelo por considerarse un parámetro más preciso que intentar hacer tal explicación en base a la cantidad de estiércol aplicado, que es un dato hasta cierto punto vago, debido por una parte a que la fecha de aplicación del material es muy variable, lo mismo que la incorporación y la dosis, además de la variabilidad inherente del material mismo. A su vez

las variables dependientes intermedias como nitrógeno y fósforo, se usan para explicar el comportamiento de las finales.

La cantidad de nutrientes es incrementada al aumentarse el contenido de materia orgánica del suelo como consecuencia de la adición de estiércol, sin embargo, como los nutrientes se encuentran en forma orgánica, deben pasar a las formas minerales para que sean aprovechados por las plantas, por lo que la cantidad de ellos en el suelo, varía influenciado por diferentes factores que actúan durante el proceso de mineralización. El más afectado de los elementos en cuanto a su forma y estancia en el suelo, es el nitrógeno, ya que es el más susceptible a perderse del medio por conceptos de volatilización en forma de N_2 o NH_3 , o a quedarse en el sistema en forma no aprovechable al ser fijado por parte de los organismos que lo usan para sus requerimientos metabólicos, quedando fuera del alcance de las plantas por un tiempo determinado, de tal manera que de todo el nitrógeno orgánico aplicado con el estiércol, que sería del orden de 2.43 a 3.53 por ciento para estiércol fresco y 3.85 por ciento para estiércol semiseco según el tipo que se aplique, sólo una parte de él queda verdaderamente incorporada al suelo.

El nitrógeno se cuantificó en forma amoniacal de tal suerte, que la tendencia general es a aumentar su concentración conforme es mayor la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. Este comportamiento es el que se esperaba, pues si la cantidad del elemento en forma orgánica es incrementada, la concentración del mismo en forma amoniacal también se eleva. El contenido de nitrógeno no presenta

una relación determinada como podría ser de tipo lineal, debido a las mismas causas que afectan su estancia en el suelo.

En cuanto al contenido de fósforo se presenta una relación lineal con el contenido de materia orgánica, tanto en forma general como diferenciando los valores en base a la variable condicionante; clase textural, este comportamiento se puede atribuir a que este elemento es menos afectado por factores externos, de manera que las variaciones de su concentración en el suelo, a consecuencia de ello, no son muy marcadas como ocurre con el nitrógeno. En el caso del fósforo las pérdidas son mucho menores que como ocurre con el nitrógeno, reduciéndose a restricciones temporales como consecuencia de la competencia que hay entre los vegetales y los microorganismos, al ocurrir un incremento poblacional o bien, a la fijación del fósforo en el suelo en formas no aprovechables, como compuestos de Calcio, que de alguna manera disminuyen la cantidad del nutriente en forma aprovechable en la solución del suelo. Si por cada unidad de materia orgánica que se aumenta en el suelo se incrementan de 50 a 52 Kg/ha. de P_2O_5 y los requerimientos son de alrededor de 72 kg/ha/año de P_2O_5 para maíz, entonces lo más recomendable sería hacer adiciones periódicas de estiércol, para que el contenido de la materia orgánica se mantuviera dos o tres unidades por arriba del promedio natural de los suelos del área, esto aseguraría el abastecimiento del nutriente necesario para el cultivo.

Respecto al abatimiento del pH, éste sería asegurado al mantener las dosificaciones de abono, de tal modo que se aseguraría un

incremento en el contenido de nutrientes y comitante a ello, un acondicionamiento del suelo al disminuir la reacción del mismo.

En relación al tiempo de adición como variable condicionante del comportamiento de la concentración de nutrientes en el suelo, se observa la tendencia general de disminuir la cantidad de materia orgánica y de aumentar el contenido de nitrógeno al transcurrir el tiempo desde la adición, desde luego, se refiere a la concentración de nitrógeno disponible para las plantas, ya que los compuestos orgánicos son mineralizados por los organismos con la consecuente disminución del carbono orgánico, y la transformación de nitrógeno orgánico a formas como la amoniacal, por lo que la concentración de las formas minerales es aumentada al irse metabolizando la materia orgánica.

En cuanto al fósforo, el comportamiento que se observa se puede explicar si se considera por una parte, que la cantidad que hay en el estiércol no es tan alta como la que se encuentra de nitrógeno - por lo que con mayor rapidez se mineraliza, siendo en un principio mayor el aporte a la forma mineral que la extracción que hay por parte de las plantas y después de cierto tiempo, se llega a un punto después del cual empieza a ocurrir lo inverso, es decir, que la extracción es mayor que las contribuciones a las formas minerales por parte de los microorganismos, ocurriendo una rápida disminución de la concentración en la solución del suelo. Esto hace suponer que es conveniente reforzar la fuente de este elemento, para evitar que pueda participar como limitativo de la actividad del suelo y de crecimiento de los vegetales. Este reforzamiento podría hacerse con aplicaciones periódicas -

de estiércol, o incluso, por el uso de fertilizantes comerciales como el P_2O_5 , que favorece la actividad de organismos nitrificantes.

Tomando en consideración el tipo de estiércol utilizado como variable condicionante, se aprecia que existe diferencia en cuanto a la rapidéz con que se manifiestan los beneficios de la aplicación del material al suelo y al cultivar. Comparando las parcelas tratadas con una cantidad equivalente de materia seca de estiércol semisecco y la otra con fresco, se observa que la dosificada con estiércol semisecco, tuvo mayor incorporación final de materia orgánica y mayor contenido de nitrógeno, mientras que la tratada con estiércol fresco presentó un contenido ligeramente mayor de fósforo y un menor pH. Esto se debe por una parte, a que en el caso del estiércol fresco se presentan condiciones que propician la desnitrificación y la pérdida de carbono, por contener compuestos más fácilmente degradables, con la consecuente disminución de su contenido al final de la fermentación, mientras que en el estiércol semisecco, la fermentación es más lenta por la estabilidad de sus componenetes, de modo que las pérdidas de carbono y nitrógeno son relativamente menores, además la menor concentración de compuestos capaces de comportarse como ácidos débiles, como son los radicales imídicos, hace menos evidente el inmediato abatimiento del pH.

A raíz de las observaciones hechas, queda claro que la aplicación de estiércol debe hacerse en forma periódica, para lograr que sus bondades se mantengan. Esta periodicidad en la aplicación, queda en función de la cantidad de materia seca incorporada, observándose la conveniencia de aplicar alrededor de 150 ton/ha. cada tres o - -

cuatro años en suelos profundos y 80 ton/ha. cada dos años en suelos someros, con el fin de elevar el contenido de materia orgánica. Por otra parte, cabe hacer hincapié en que posiblemente sea conveniente reforzar el fósforo por otros medios.

Cambios en la población actividad del suelo y el rendimiento en relación al contenido de materia orgánica y los nutrientes.

La cantidad de organismos del suelo es incrementada con la adición de la materia orgánica, debido por una parte a la introducción de especies nuevas y al favorecer por otra parte, el desarrollo de las nativas al enriquecer la fuente de los nutrientes necesarios para su crecimiento. De los tres grupos, los actinomicetes son los menos afectados en su población, por la roturación y la adición de estiércol sin embargo, los incrementos observados son enormes, en relación al testigo, teniéndose un comportamiento lineal.

Los hongos y las bacterias responden con mayor rapidez y más pronunciadamente a la aplicación de estiércol y al efecto de la roturación, observándose incrementos de más del doble en relación al testigo, esto asegura que la actividad sea mayor que en los suelos, tipo de la zona y se cristalice en mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos.

En relación a la biomasa, aunque se observó un comportamiento lineal, se puede apreciar que el incremento en la biomasa no es el mismo en todo el rango del contenido de materia orgánica, sino que como se mencionó en su oportunidad, primero los incrementos son grandes

y posteriormente a valores relativamente altos van disminuyendo, lo que da idea de que se tiende a tener un comportamiento asintótico.

La actividad microbial del suelo también toma una relación directa con el contenido de carbono, es decir, al incrementarse el material potencialmente degradable, aumentan los organismos que realizan esta función y como consecuencia de ello el metabolismo. Sin embargo, mientras en una de las técnicas se presenta una relación de tipo lineal, particularmente en la de Rodríguez Kabana, que se realiza sin control de temperatura y con flujo de aire. En la otra técnica se presenta un comportamiento asintótico que es atribuido a que en esta última se propician las condiciones para que se incremente la densidad poblacional y por consecuencia, las tasas de respiración. Este argumento se basa en la diferencia de CO_2 producido en ambas condiciones, que es evidentemente mayor en el último caso. (téc. de Elkan, - 1962).

El comportamiento de las variables microbiológicas respecto al contenido de nitrógeno amoniacal y de fósforo, es el mismo en términos generales que el que se observa con el contenido de materia orgánica, es decir, que se observa un incremento en las poblaciones microbiales al ser mayor la concentración de nitrógeno en el suelo, esto es una relación lógica ya que como se aludía anteriormente, si el contenido de nitrógeno es incrementado y este es el principal factor limitante en lo que se refiere a nutrientes, tanto para el florecimiento microbial como para los vegetales. Es de esperarse que la dinámica del suelo se incremente por aumento de las poblaciones de organismos, lo -

que a su vez trae como consecuencia que la actividad y la biomasa sean mayores. El nitrógeno amoniacal guarda en términos relativos, poca relación con la población, la biomasa y actividad de los organismos, pues es producto de la transformación de las formas orgánicas, por lo que no se observa una relación más definida entre estas variables. Con respecto al fósforo, la relación que tienen las formas extractables con los organismos es más estrecha, por estar menos influenciadas por factores como de tipo ambiental, de manera que se observa una relación más directa con las variables microbiológicas, teniéndose relaciones de tipo lineal o con tendencia de serlo, aunque en el caso de la biomasa se observa un comportamiento de tipo asintótico.

En todos los casos se manifiesta el efecto favorable de la aplicación del estiércol para el sistema del suelo, pero los beneficios que trae consigo no se manifiestan en la misma proporción a todos los niveles de concentración de materia orgánica o de los nutrientes sino que en varios de los casos se observa la tendencia a tener incrementos altos a valores relativamente bajos del carbono orgánico o de los nutrientes, y después los aumentos en relación a los cambios de concentración de dichos elementos o materiales se hacen menos notables y en algunos casos no ocurren tales aumentos, lo que hace que se manifieste una relación de tipo asintótico, que es atribuido a que el sistema expresa lo que en esas condiciones particulares se podría llamar capacidad de carga.

En el caso del rendimiento, la influencia que sobre él ejerce la concentración tanto de la materia orgánica como las cantidades

de fósforo y de nitrógeno es más directa, por ello, el comportamiento es semejante entre el rendimiento, la materia orgánica y el fósforo, - sin embargo, para el caso del nitrógeno, la tendencia asintótica se - puede explicar aludiendo que este es por lo regular el factor más limi tante de entre los nutrientes, de modo que cuando éste está en sufi- - ciente cantidad , el rendimiento se incrementa hasta cierto nivel, des- - pués del cual los valores de la producción se estabilizan o empiezan a decaer, porque otros factores se tornen limitativos como es la humedad del suelo.

Tomando en consideración las variables condicionantes como - es la profundidad del suelo, se observó la existencia de diferencias - significativas en cuanto a la respuesta que presentan los dos tipos de suelo que se distinguieron en base a su espesor. En términos rela tivos, en los suelos delgados se manifiesta más el efecto del estiércol en las variables dependientes intermedias, aunque presenten mucho me- nos biomasa que los profundos, registrándose aumentos enormes en la po blación de organismos y en su actividad en relación a los valores obte nidos en el testigo. En el caso de la biomasa, aparentemente el - cambio es mayor en los suelos profundos con respecto a los aumentos de la materia orgánica. Sin embargo hay que tomar en cuenta que la di versidad y cantidad es mayor en los suelos profundos y que por lo tan- to al incrementarse en las mismas unidades el contenido de materia or- gánica, la explosión poblacional que ocurre es comparativamente mayor que en estos últimos.

Refiriendo los datos al contenido de nitrógeno, el cambio en el número poblacional es mayor en suelos profundos que en los delgados

es decir, que en relación al incremento de nutrientes disponibles, el cambio en el número de organismos es mayor en los suelos profundos que en los delgados. Por otra parte, en relación al contenido de fósforo, sólo en el caso de los actinomicetes, se observa la misma variación, mientras que en los hongos y bacterias ocurre lo contrario. El cambio en el número de organismos es mayor en suelos someros; esto se explica si se considera que las parcelas del área en condiciones "naturales" tienen muy poca actividad biológica por lo que por una parte se tiene un testigo muy pobre como sistema biológico, y por otra parte una parcela abonada en donde la incorporación del material propicia que la actividad sea alta, lo que se traduce en una mayor concentración de nitrógeno mineralizado con la posterior declinación de la biomasa microbial, de tal suerte que al relacionar estas variables con el fin de explicar el número de organismos en base a la concentración del nutriente, se observa un incremento en la población menor del que se presenta en el caso de los suelos profundos, por lo que en términos relativos el comportamiento es inverso al del contenido de carbono.

El comportamiento que se observa respecto al fósforo, es similar al que se presenta en relación con la materia orgánica, lo que se atribuye a que el contenido de este elemento es bajo en ambos tipos de suelo, sin embargo, en los delgados la población de hongos y bacterias es de alrededor de la décima parte que la de las parcelas testigo con suelos profundos, por lo que los cambios en la población de los suelos delgados al aplicar estiércol, son ligeramente más evidentes que los observados en los suelos profundos debido a la naturaleza misma de los suelos, pues la cantidad de organismos en suelos delgados -

tratados, es similar al de los profundos, por lo que la diferencia entre el testigo y el tratado es muy grande.

La biomasa es mucho mayor en los suelos profundos que en los delgados, por ello es que el incremento que hay como consecuencia de la adición de estiércol es bastante grande respecto al testigo, pero en comparación con las parcelas con suelo profundo que han sido abonadas, la cantidad de biomasa es baja, lo que se debe a la poca diversidad natural de aquellos suelos.

En lo que respecta al rendimiento, los efectos son sorprendentes en ambos tipos de suelo, sin embargo, en comparación con su testigo, el suelo delgado manifiesta en forma más notable el incremento del rendimiento que los suelos profundos. La diferencia que se registró entre ambos tipos de suelo abonados, muestra la necesidad que existe de incrementar los nutrientes y el metabolismo del suelo con adiciones periódicas de materia orgánica, para que la producción en los suelos delgados sea competitiva con la de los suelos profundos.

EN RELACION AL TIEMPO DE ADICION.

El comportamiento general de la parcela con un año de adición de estiércol, es el aumentar el número de organismos de los tres grupos, al incrementarse el porcentaje de materia orgánica, la concentración de nitrógeno y fósforo, pero sólo en la primera se presenta una relación lineal, pues es su fuente directa de nutrientes, mientras que los otros son parámetros índices del contenido de las formas orgánicas en el medio y su relación no es tan estrecha con las poblaciones

de organismos. El aumento de organismos se traduce en incrementos de evolución de CO_2 y de biomasa en todos los casos, de tal modo que la dinámica del suelo es mejorada y eso manifiesta finalmente en los incrementos del rendimiento que llega a ser hasta del cuádruple y casi el triple del forraje verde y seco, producido en el testigo cuando el porcentaje de materia orgánica es aumentado en tres unidades.

Dentro de este mismo grupo de datos, se puede hacer distinción de los valores de la parcela que fué dosificada con estiércol fresco y compararlos con los de la parcela tratada con una cantidad equivalente de estiércol semi-seco, (87 tons/ha de mat. seca), observándose que aunque la cantidad final de materia orgánica incorporada fué menor en el suelo tratado con estiércol fresco, lo mismo que el nitrógeno; la población es mayor, hay más actividad y biomasa y como es de esperarse mayor rendimiento. Pues si es más la actividad de los organismos, es mayor la cantidad de nitrógeno mineralizado que es aprovechable por las plantas, y más el CO_2 desprendido. Esto conduce a un planteamiento que ya se hizo con anterioridad; que el estiércol fresco tiene efectos benéficos para el suelo y el cultivar más evidentes que los del semi-seco a plazo mediano, por lo que en ese sentido es más recomendable aplicarlo sobre todo en suelos delgados.

Las variaciones observadas con respecto al tiempo de adición demuestran que si bien las benevolencias del estiércol disminuyen al paso del tiempo, la aplicación de este material proporciona efecto residual por lo menos hasta el tercer año, cuando se aplican dosis altas de estiércol (200 tons/ha.) ya que por una parte favorece la diversi-

ficación de las especies y con ello mayor biomasa y actividad, de tal manera que aún después de tres años de aplicación, los valores registrados de estas variables siguen siendo mayores que en los testigos, aunque tienden a igualarse con ellos. Y por otro lado, como consecuencia inherente de las mejoras del suelo, y al parecer lo más importante se eleva la producción del cultivar por incrementarse los nutrientes asimilables por las plantas.

EN RELACION AL TIPO DE TEXTURA.

Diferenciando los valores de acuerdo a la clase de textural, el comportamiento en los dos tipos, es el mismo; de ser mayor la microbiota y su actividad al incrementarse el contenido de materia orgánica y los nutrientes. Los resultados muestran que aunque el contenido de materia orgánica es mayor que en el tipo textural migajón arenoso (3.97%), que en la parcela con suelo migajón limoso (3.12%), el rendimiento obtenido en esta última es similar al obtenido en la primera, lo que quizás se deba a que aunque el contenido de nitrógeno y fósforo es menor en la parcela con textura M. limoso y el esfuerzo que realizan las plantas para la extracción de fósforo en la solución, es menor que el esfuerzo que realizan en el otro tipo textural.

En todos los casos considerando o no las variables condicionantes para hacer el análisis de los resultados, se observa que la materia orgánica presenta una relación más definida para con las variables microbiológicas y con el rendimiento, sin embargo, en relación al contenido de fósforo y de manera especial de nitrógeno, presentan un -

comportamiento menos claro, esto se atribuye a que se trata de elementos en estado inorgánico que de cualquier manera presentan poca relación con los organismos del suelo, pues el fósforo es considerado disponible para las plantas, y el nitrógeno se determinó en forma amoniacal. Por lo que sería conveniente buscar relación con las formas orgánicas de estos nutrientes, ya que es a ellas a las que recurren los organismos para satisfacer sus demandas de estos elementos.

El comportamiento asintótico de las curvas de fósforo y materia orgánica contra la biomasa y la producción de CO_2 , se puede explicar si se considera que estas determinaciones de alguna manera indican la dinámica de los microbios en el suelo, siendo un poco más finos que los conteos de los organismos (pues en esta técnica no se tienen las condiciones adecuadas para que se desarrollen todos los organismos que existen en el suelo, favoreciendo muchas veces que se desarrollen algunas especies mientras que otras son inhibidas), presumiéndose que muestran un comportamiento como el de una curva poblacional típica, de manera que se puede argumentar que en estas mediciones se reflejan la influencia de factores restrictivos como las condiciones ambientales..

VARIABLES MICROBIOLÓGICAS - VERSUS - RENDIMIENTO.

La materia orgánica presentó una relación lineal con respecto a la producción y el valor más alto del factor de determinación que se obtuvo, fué con el forraje seco, con una $r^2 = 0.87$ y de igual manera las variables microbiológicas tuvieron más alto coeficiente de determinación con el forraje seco, y solamente en el caso de la biomasa, y los actinomicetes se presentó comportamiento lineal con la producción de forraje verde. La explicación posible a esto, es que el rendimiento como forraje seco, es una expresión más precisa, ya que como forraje verde se presenta mucha variación, pues no todos los lotes que se tuvieron en observación tenían la misma humedad, debido a la oscilación microclimática de la zona, de tal manera que la variación en el contenido de humedad de la planta es muy variable.

De todas las variables en las que se observó correlación con el rendimiento, la biomasa, tanto de manera general como considerando la clase textural (M. arenoso), fué la que presentó el coeficiente más alto con el forraje verde que con el seco, quedando en segundo término la producción de CO_2 y la población de actinomicetes, por lo que éstas serían las variables más viables a ensayar con la idea de buscar algún parámetro más fino, que el concepto de materia orgánica, que nos indicara la dinámica del suelo y que se pudiera usar para relacionarlo con el rendimiento en forma precisa. Tendrían que hacerse en forma periódica las determinaciones, tratando de establecer alguna relación con las fases fenológicas del desarrollo del cultivar, pues estos son parámetros fluctuantes a lo largo del año.

X CONCLUSIONES.

Después de analizar la información obtenida, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

El fósforo para las plantas es incrementado paulatinamente desde la aplicación de estiércol, alcanzando un máximo de concentración (en la solución) el segundo año después de la aplicación, después del cual disminuye. De manera que el fósforo total aplicado con el estiércol, disminuye al paso del tiempo.

El pH del suelo se abate con la adición de estiércol, pero la acidez potencial no parece aumentar, por lo que es necesario mantener un nivel alto de materia orgánica en el suelo para que no vuelva el pH a su valor original.

Los suelos con alto contenido de materia orgánica presentan mayor biomasa y actividad microbiana, todo ello como consecuencia del aumento en el número poblacional de hongos, bacterias y actinomicetes.

Los mayores rendimientos estimados en forraje verde y seco se obtienen en los suelos con mayor evolución de CO_2 y biomasa microbiana, que son los que poseen una mejor cinética de mineralización de las formas orgánicas.

La más alta producción de forraje seco es obtenida aplicando estiércol fresco que semi-seco, esto se relaciona con la biomasa pre-

sente en el suelo, que es consecuencia de la alta potencialidad de degradación del material. Además la concentración de fósforo y nitrógeno es prácticamente igual a la de otras con mayor materia orgánica - abonadas con estiércol semi-seco, por lo que se presume que hay mayores beneficios a mediano plazo.

La información obtenida apunta a que el estiércol fresco proporciona mayor cantidad de nitrógeno incorporado al suelo que el semi-seco. Sería conveniente generar mayor información.

Con dosis altas, los beneficios del estiércol al suelo son más duraderos, pero no se incrementa lineal o exponencialmente la producción.

XI RECOMENDACIONES.

Aunque parezca trivial se empezará por decir que se considera que la información que se tiene es muy poca como para dar recomendaciones de carácter técnico, por lo que en principio de cuentas se recomienda compilar más información acerca del efecto que tienen a diferentes dosis los dos tipos de estiércol sobre el suelo y el rendimiento del cultivar en suelos de diferente espesor y clase textural, tanto tratados con estiércol sólo, como por combinaciones de este material con fertilizantes químicos. También es necesario hacer observaciones del efecto residual y ensayar diferente periodicidad de aplicación.

Sin embargo, de manera inmediata se puede sugerir mantener aplicaciones periódicas con la finalidad de que la materia orgánica se mantenga a niveles medios o ricos (2 a 5%).

Utilizar el estiércol fresco en suelos delgados, pues al parecer es el que manifiesta sus bondades para el cultivar en un tiempo relativamente corto.

Ensayar aplicaciones de estiércol cada 2 ó 3 años para el caso de dosis altas como 100 tons/ha de materia seca, o bien, a intervalos más cortos, uno o dos años con dosis como 70 tons/ha de materia seca.

Cuantificar nitrógeno total y mineralizado en parcelas con diferente tiempo de adición para ayudar a establecer la secuencia de dosificación más convenientes.

La biomasa y la evolución de dióxido de carbono, tienen el mismo comportamiento en relación con la materia orgánica que el que tiene la producción, por lo que es conveniente hacer más observaciones en este aspecto para ver si es posible proponer a alguna de ellas como un parámetro más fino, que la simple determinación de materia orgánica para relacionarlo con el rendimiento.

BIBLIOGRAFIA.

ASOC. DE ING. AGR. DEL TEC. DE MONTERREY, A. C. 1982. Resumen, conclusiones y recomendaciones del I ciclo de conferencias sobre la utilización de los estiércoles en la agricultura. Casino de la laguna. Torreón, Coah., México.

BLACK, C. A. edit., 1965. Methods of analysis (chemical and microbiological properties) Agronomy No 9, part 1 y 2. American Society of Agronomy-Inc. Publisher Madison, Wisconsin, U.S.A.

BLASCO, M. 1970. Microbiología de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica.

BOND, H. J. AND FRIBOURG, A. M. 1972. Methods for Studying Soil Microflora-Plant. Disease Relationships. Burgess Publishing Company, U.S.A.

BURGES, N. A. 1957. Intruducción a la microbiología del suelo. Acribia, Zaragoza, España.

COOK, G. W. 1978. Fertilizing for maximum yield. -
Fletcher and Son Ltd. Norwich. Great Bri-
tain.

DIRECCION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL. 1977. Carta
Geológica. Tizayuca, Hgo. E 14 - B 11.

DIRECCION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL. 1977. Carta
Topográfica. Tizayuca, Hgo. E 14 - B 11 -
México.

ELKAN, G. & MOORE, W. A. 1962. A rapid method for mea-
suring CO₂ evolution by soil microorganisms.
Ecology, 43: 775.

FERRAT, R. S. 1972. Evaluación del rendimiento de forra-
je y grano en maíz, bajo diferentes densida -
des de siembra con estiércol y fertilizante -
químico. Tesis, Escuela Nacional de Agri-
cultura. Chapingo, México.

FERNANDEZ GONZALEZ, R. 1982. Los abonos orgánicos en -

México. Disponibilidad, investigación y recomendaciones para su uso. Documento presentado en el I ciclo de conferencias sobre la utilización de los estiércoles en la agricultura. Organizado por Ing. Agr. Asoc. del Tec. de Mont. A. C. Sec. Laguna, México

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 1979 China: Reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 1959. Fertilizantes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Roma, Italia.

HESSE, P. R. 1971. Atextbook of soil chemical analysis. Chemical Publishing. Co. Inc., New York, U. S. A.

HOBSON AND ROBERSON. 1977. Waste treatment in agricultural. Applied Science Publishers, Ltd. London

GARCIA ENRIQUETA. 1978. Climas del Valle de México. Colegio de Postgraduados, S.A.R.H. Edo. de Méx. México.

GILBERTON, C. B. et al 1979. Animal waste utilization on cropland and pastureland a manual for evaluating agronomic and environmental effects. Department of agricultural. Science and Education Administration. U. S. A.

GROS ANDRE. 1979. Los abonos (guía práctica de la fertilización). Ediciones Mundi-Prensa, España.

JACKSON, M. L. 1958. Análisis químico de suelos. Omega S. A. Barcelona, España.

JONHSON CURL, AND FRIBOURG, A. 1960. Methods for studying soil microflora plants disease relationships. Burges Publishing Company, U. S. A.

JENKINSON, D. S. & POWLSON, D. S. 1976. The effects -

of biocidal treatments of metabolism in soil.
I Fumigation with chloroform. Soil Biol. -
Biochem. vol. 8, Pergamon Press. Great -
Britain.

LINCH, M. J. & PANTING, M. L. 1980. Cultivation and the
soil biomass. Soil Biol. Biochem. vol. 12
Pergamon Press. Great Britain.

MATHER, C. A. & STEART, B. A. 1979. The effect of feed-
lot manure on soil physical and chemical pro-
perties. The proceeding of the 4th interna-
tional symposium on livestock waste, 1980.
Livestock waste a renewable resource. Amarillo
Civic Center, American Society of Agri-
cultural engineers. Amarillo, Texas.

MERKEL, A. J. 1981. Managing livestock waste. AVI Pu-
blishing Co. Inc. Westport Connecticut, U.
S. A.

SAFLEY, M. L. 1981. Comparison of corn yield between -
broadcast and injected application of swine

Manure Slurry. pp 178 - 180. The proceeding of the 4th International Symposium on livestock waste 1981. Livestock waste a renewable resource, Amarillo Civic Center, American Society of Agricultural Engineers. Amarillo, Texas.

SWABY, R. J. 1950. Influence of humus on soil aggregation. The Journal of soil Sc.

REDDY, K. R. KHALLEL, R. & OVERCASH, M. R. 1980. Carbon transformations in the land receiving organic waste in relation to nonpoint source pollution. A conceptual model. J. Environ. Qual. vol. 9

RICHARD, L. A. ed. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. U.S.D.A. Washington D. C. U.S.A.

RODRIGUEZ PEÑA, M. A. 1967. Efectos de las adiciones de estiércol vacuno sobre algunas propiedades físicas del suelo en la cuenca del Valle de México.

Tesis C. P. Chapingo, México.

WELLER, R. J. & WELLETT, S. 1977. Farm waste management. Crosby Loskwood Stalles, London.