



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ZARAGOZA

"ESTUDIO DE LA MICROFLORA PRESENTE EN  
UN SUELO TRATADO CON GALLINAZA Y UNA  
MEZCLA DE UREA CON SUPERFOSFATO SIMPLE,  
EN CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MEXICO "

## Reporte de Investigación

PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

**B I O L O G O**

P R E S E N T A N :

Aracéli de la O Martínez

Juan Manuel Hernández Durán

Asesor : Ma. de Jesús Sánchez Colín

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1993



## **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 está 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN	1
I.-INTRODUCCION	2
II.-REVISION BIBLIOGRAFICA	
2.1.-MICROFLORA EDAFICA	4
2.1.1.-BACTERIAS	6
2.1.2.-HONGOS	10
2.1.3.-ACTINOMICETOS	15
2.1.4.-ALGAS	20
2.1.5.-ESTRUCTURA Y DINAMICA DE LAS POBLACIONES MICROBIANAS EN EL SUELO	23
2.2.-PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS, Y SUS EFECTOS EN LA MICROFLORA EDAFICA	42
2.2.1.-TEXTURA	42
2.2.2.-POROSIDAD	42
2.2.3.-HUMEDAD	43
2.2.4.-TEMPERATURA	43
2.2.5.-PH	44
2.2.6.-MATERIA ORGANICA	44
2.3.-FERTILIZACION	46
2.3.1.-GALLINAZA	46
2.3.2.-SUPERFOSFATO SIMPLE	47
2.3.3.-UREA	48
III.-LOCALIZACION DE LA ZONA DE TRABAJO	48
IV.-OBJETIVOS	52
V.-METODOLOGIA	53

## C O N T E N I D O

	PAGINA
VI.-TABLAS DE RESULTADOS	68
VII.-ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	69
VIII.-CONCLUSIONES	82
IX.-LITERATURA CITADA	83
X.-APENDICE	98

## RESUMEN

Los organismos que constituyen a la microflora edáfica como son bacterias, hongos, actinomicetos y algas, tienen una función preponderante en la degradación de la materia orgánica dentro del suelo, ya que son los responsables de la liberación de los nutrientes esenciales para las plantas y su buen desarrollo; así mismo están íntimamente ligados con características del medio edáfico, como la humedad, temperatura, pH, disponibilidad y naturaleza de la materia orgánica.

En el presente trabajo se analizan las fluctuaciones poblacionales de los hongos, bacterias, actinomicetos y algas, organismos que constituyen la microflora edáfica, después de haber incorporado al suelo diferentes dosis de gallinaza y una mezcla de urea y superfosfato simple en una zona de cultivo de gramíneas en Chapa de Mota, Estado de México.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: las diferentes dosis de gallinaza, urea y superfosfato simple aplicados no marcan diferencias significativas en el desarrollo de la microflora edáfica.

De acuerdo a las condiciones del suelo presentes los hongos son el grupo más persistente durante casi todo el estudio a diferencia de las bacterias, actinomicetos y algas.

Dentro del grupo de hongos la familia que predominó fue la Moniliaceae, dentro del grupo de las bacterias fue la familia Enterobacteriaceae, para el grupo de los actinomicetos fue la familia Actinomycetaceae, dentro de las algas el grupo más abundante pertenece a la familia de las Cyanofyceae.

Dentro de las características físicas y químicas del suelo en el que se desarrolla la investigación se determinó que este posee una clase textural migajón arcillo limosa, con un pH ácido y rico en materia orgánica, con problemas de drenaje, y por lo tanto anegamiento y condiciones de anaerobiosis en época de lluvias.

Se observó que la temperatura, humedad y pH son limitantes para el buen desarrollo de la microflora edáfica, sin ser afectados de manera significativa por los tratamientos aplicados: gallinaza, urea más superfosfato simple.

## I.- INTRODUCCION

El suelo puede definirse como material que sirve de soporte al crecimiento vegetal, contiene materia orgánica y mineral en diferentes proporciones y se extiende hasta el límite inferior alcanzado por las raíces. Se origina por la interacción de procesos complejos que abarcan desde la desintegración de la roca madre hasta la desintegración e incorporación de la materia orgánica, principalmente restos de animales y plantas que degradan los microorganismos del suelo (Jackson, 1980).

Los incontables microorganismos y otros, que habitan en el suelo no son, propiamente, -- constituyentes del mismo; pero forman parte integral e indispensable de este. No hay duda de su importancia con relación al desarrollo de las plantas; y se equipara su importancia con sus constituyentes minerales inorgánicos del suelo.

Las plantas superiores son incapaces de utilizar los elementos en su forma orgánica ni como minerales puros; los primeros tienen que ser desdoblados hasta minerales inorgánicos, o moléculas simples y los segundos tienen que ser solubilizados. Así pues, la microflora edáfica constituye el eslabón necesario e indispensable en muchos de estos procesos, como oxidación, reducción, hidrólisis y carbonatación, y la ayuda que proporcionan, es incalculable (Teuscher, 1985).

Si los microorganismos al atacar la materia orgánica, no liberacen continuamente los nutrientes poniendolos en circulación de modo que puedan ser utilizados una y otra vez, pronto cesaría la vida vegetal y animal por causa del agotamiento de los elementos fácilmente asimilables o aprovechables.

En los terrenos de cultivo sujetos a un desgaste continuo por su uso intensivo, se tiene como consecuencia que el suelo este perdiendo sobre todo, los minerales que sirven como nutrientes vegetales. Por ello se le debe de dar a éste, un tratamiento especial encaminado a reponer estos elementos; a este tratamiento se le conoce como fertilización.

El valor agrícola de un fertilizante depende de los elementos que contiene y que otorga al suelo (Cooke, 1985).

Dependiendo del tipo de suelo y del cultivo dependera del tipo de abono y/o fertilizante así como cantidad y calidad que este requiere para aumentar su fertilidad.

Los abonos orgánicos tienen la tendencia principal de aumentar la materia orgánica del suelo; ocasionando en algunos casos que la microflora edáfica sea alterada, ya que aumenta la cantidad de carbono disponible para ellos (Finck, 1985).

Los fertilizantes químicos agregan los minerales en forma disponible para las plantas, afectando de manera diferente a los microorganismos, ya que los fertilizantes pueden variar el

pH, favoreciendo a un grupo determinado en su desarrollo o inhibiendo a otros. Del mismo modo puede proveer de nutrimentos a algún grupo determinado de microorganismos que utilice en su metabolismo el mineral proporcionado al suelo (thompson, 1982).

La importancia del presente trabajo es analizar y explicar la variación de la microflora edáfica en un terreno de cultivo localizado en Chapa de Mota, Estado de México, durante el período de febrero de 1990 a julio de 1990 considerando la influencia de: los cambios físicos y químicos que se presentan en el suelo debido a la aplicación de gallinaza y la mezcla de urea mas superfosfato simple agregadas al terreno de cultivo; observando además, la distribución de la microflora edáfica, así como la elaboración de un listado de ellos.



## II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1.- Microflora edáfica

El suelo es el hogar de abundantes formas de vida vegetal y animal, siendo muy diversa, va desde organismos microscópicos, hasta animales grandes que hacen madrigueras.

Los microorganismos del suelo se pueden dividir en microfauna y microflora. La microfauna se compone de protozoos (incluyendo los flagelos incoloros), y la microflora de hongos, bacterias, actinomicetos y algas.

Las formas de vida vegetal en el suelo varían de tamaño, desde los más pequeños que sólo se pueden observar a través de un microscopio, hasta las setas y las raíces de los grandes árboles (Foth, 1972).

Los números totales y relativos de los distintos microorganismos son muy variables, según el tipo de suelo y según el tiempo atmosférico y cronológico en que se tome la muestra, y además, las diferentes técnicas que se utilizan para el cálculo de los números.

Tabla 1.- Clasificación de la microflora edáfica del suelo mas importante.

I.-Bacterias

A. Heterotróficas

1. Fijadoras de Nitrogeno

(a) Simbióticas

(b) Asimbióticas

2.-Requieren nitrógeno fijado

B. Autotróficas

1. Formadoras de nitritos

2. Formadoras de nitratos

3. Oxidadoras de azufre

4. Oxidadoras de hierro

5. Actúan sobre el hidrógeno y diversos compuestos hidrogenados

II.-Hongos

A. Levaduras y hongos semejantes a levaduras

B. Mohos

C. Setas

III.-Actinomicetos

IV.-Algas

A. Azul verde

B. Verdes

C. Diatomeas

(Foth, 1972)

## 2.1.1.-BACTERIAS

En la raíz o región llamada rizosfera, es donde se encuentra la población bacteriana predominantemente.

Su desarrollo se incrementa por las sustancias nutritivas liberadas por los tejidos y -- las raíces de las plantas, como son vitaminas, aminoácidos y otros que existen en mayor cantidad en la rizosfera, por lo tanto las bacterias son fisiológicamente más activas (Parisi, 1979).

La población de las bacterias sobrepasa a todos los demás grupos de la microflora edáfica, tanto en número como en variedad, se encuentran cientos de miles por gramo. Encontrándose presentes en el suelo bacterias autotróficas, heterotróficas, mesófilas, termófilas, psicófilas; aerobias y anaerobias, degradadoras de celulosa y oxidantes de azufre; fijadoras de nitrógeno y degradadoras de proteínas y otras.

Las bacterias del suelo se dividen de acuerdo a su nutrición en diferentes grupos fisiológicos, tal división o clasificación se basa en el tipo de fuente de energía utilizada y en la naturaleza orgánica o mineral de los nutrientes (Parisi, 1979).

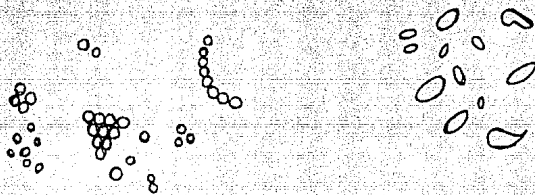
De acuerdo a la morfología, las bacterias se dividen en varios grupos [fig.1]; las bacterias móviles baciliformes o filamentosas, que se desplazan por su movimiento deslizante; las bacterias encapsuladas, microorganismos que por lo común son baciliformes y que crecen dentro de largos tubos huecos denominados capsides; bacterias formadoras de esporas que tienen gemas, tallos y otras excrecencias protoplasmáticas (prostecas) y que a menudo se multiplican por gemación más que por división celular simple; las espiroquetas grupo de bacterias que son siempre largas y espirales o hélices que se mueven por medio de un sistema único de fibras llamado filamento axial.

Por último, los micoplasmas, grupo de bacterias que carecen de pared celular y en general se detectan por medio de las colonias características que crecen en placas de agar o por insensibilidad infrecuente a la lisis osmótica (Brook, 1984).

La forma y tamaño de muchas bacterias en el suelo mismo, parece ser diferente a las observadas cuando los organismos crecen en medios de cultivo. Mas aún un alto porcentaje de las bacterias en el suelo son sorprendentemente pequeñas y muchas tienen diámetros menores a 0.3 micras (Alexander, 1987).

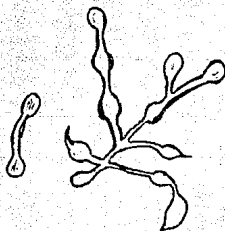
Cuando las bacterias se inoculan en un medio adecuado y se incuban bajo condiciones óptimas para el crecimiento, tiene lugar un tremendo incremento del número de células, en un período de tiempo relativamente corto. En algunas especies, la población máxima se desarrolla en 24 horas; las poblaciones pueden alcanzar de 10 a 15 mil millones de células bacterianas por mililitro. Un proceso de división celular asexual es la causa de esta multiplicación en número.

Figura 1.-Tipos morfológicos de las bacterias

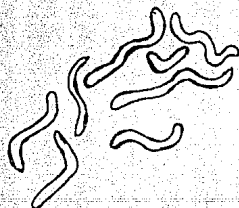


Cocos

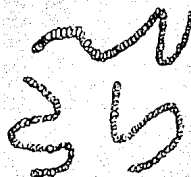
Bacillos



Bacterias Esporuladas



Spirilos



Espiroquetas

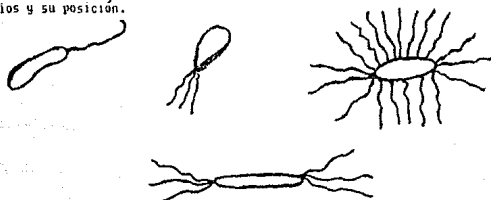
El proceso más común de reproducción en el ciclo de crecimiento usual en las poblaciones bacterianas es la fisión binaria transversal; esta fisión es un proceso de reproducción asexual; una célula se divide en dos células, llamadas células hijas, después de desarrollarse una pared celular transversa.

La división de las células por fisión es común en todas las células que crecen activamente en vegetales y animales. Sin embargo, en las bacterias el proceso da como resultado dos nuevos organismos y cada una de las bacterias nuevas pueden repetir el proceso (Brook, 1984).

Sin embargo, algunas especies pueden reproducirse por procedimientos adicionales entre los que figuran la producción de esporas reproductoras; la fragmentación de filamentos, dando cada fragmento origen a un nuevo crecimiento, y a la gemación (Brook, 1984).

Con respecto al movimiento de las bacterias, muchas especies presentan cilios, flagelos, o apéndices filiformes conocidos como pelos, que varían en número, longitud y posición y que permiten una gran movilidad a las bacterias (Sinnott, 1963).

Figura 2.-Bacterias con cilios mostrando las diferencias entre tipos con respecto al número de cilios y su posición.



La motilidad de las bacterias generalmente es por medio de flagelos, compuestos totalmente de proteínas y originadas en la membrana plasmática, no en la pared celular. Los flagelos sólo se observan a través de tinciones especiales y con ampliaciones al microscopio (figura 2).

Algunas bacterias tienen un sólo flagelo terminal y otras tienen un grupo de flagelos en uno o en ambos extremos de la célula. Otras, finalmente, están totalmente rodeadas de ellos, por sus extremos y por sus lados. La mayoría de las bacterias móviles con bacilos o espirilos; los cocos generalmente carecen de movimiento (Wilson, 1960).

Se ha dado considerable atención a los grupos taxonómicos en los que caen las bacterias. Entre los géneros especialmente comunes o que tienen un interés mayor, que incluyen: Sarcina, Acinetobacter, Agrobacterium, Alcaligenes, Arthrobacter, Bacillus, Brevibacterium, Caulobacter, Cellulomonas, Clostridium, Corynebacterium, Flavobacterium, Hiphimicrobium, Metallogenium, Micrococcus, Mycobacterium, Pedomicrobium, Pseudomonas, Staphylococcus, Streptococcus y

### Xantomonas (Alexander, 1987).

De las células de diferentes tipos de suelos capaces de formar colonias en placas de agar, del 5 al 60 % son Arthrobacter, del 7 al 67 % es Bacillus, 3 al 5 % Pseudomonas, hasta el 20 % son Agrobacterium, del 2 al 12 % son Alcaligenes y del 2 al 18 % son Flavobacterium. Generalmente menos del 6 % de las colonias se derivan de células Corynebacterium, Micrococcus, Staphylococcus, Xantomonas, Mycobacterium y Sarcina.

Todos estos géneros se mencionan como los de mayor importancia en el suelo.

Por otro lado las condiciones ambientales afectan la densidad de composición de la flora y los factores abióticos pueden alterar significativamente la comunidad y su potencial bioquímico.

Entre estas variables principales del medio ambiente que influyen sobre las bacterias del suelo, están la humedad, aireación, temperatura (óptima 25<sup>o</sup> a 30<sup>o</sup> C), materia orgánica, pH (óptimos cercano a la neutralización) y suministro de nutrientes inorgánicos. Otras variables como el cultivo, la estación del año y la profundidad tiene gran influencia, pero las más marcadas están en la combinación de las primeras.

Por medio del conteo en placa se puede determinar el número de bacterias viables, en cultivo puro, además de este método existe el método del portaobjetos enterrado de Rossi-Cholodny, análisis de bacterias directamente con el uso de microcapilares incubados; en contacto directo con el suelo por medio de microscopía electrónica y otros (Alexander, 1987).

En el suelo se encuentran organismos patógenos que atacan humanos, ganados, plantas cultivadas, y otras especies de plantas y animales, algunas veces su presencia se nota por la aparición de síntomas en el hospedero adecuado que se pone en contacto con el suelo o con las plantas que crecen en el mismo, pero otras veces se requiere de medios o técnicas altamente selectivas para demostrar su existencia en una localidad específica o para enumerarlas. Por estos métodos se han encontrado en diversas regiones, especies de Agrobacterium, Erwinia y Pseudomonas que causan enfermedades en plantas, algunas especies son nativas del suelo y otras se encuentran por breves períodos de tiempo o fluidos de plantas enfermas (Alexander, 1987).

## 2.1.2.-Hongos

Los hongos tienen una gran importancia en cuanto a la contribución del suelo y la nutrición vegetal, puesto que suponiendo que el filamento tiene un diámetro promedio de 5 micras y, a veces hasta de 100 micras. Y que posee una gravedad específica de 1.2 y tomando en intervalo de 10 a 100 metros por gramo parecería que el peso de los hongos varía aproximadamente 500 a 5000 ky. Por hectárea del suelo superficial. De este método los filamentos constituyen una parte significativa de la masa del suelo aunque probablemente una gran parte de las hifas no sea viable, muchos filamentos constituyen una gran parte de gran importancia, ya que estos están unidos a los agregados del suelo y con frecuencia lo penetran. Además en condiciones miceliales una de las actividades principales es la degradación de las moléculas complejas, quedando a disposición de las plantas (Weir, 1983).

Los hongos predominan en el material de descomposición de suelos boscosos y selváticos, en general, con los principales agentes de descomposición en ambientes ácidos.

Los hongos son organismos heterótrofos requieren compuestos orgánicos para su nutrición cuando se alimentan de materia orgánica muerta se conoce como saprófitos. Los saprófitos descomponen restos complejos de vegetales y animales, degradándolos a sustancias químicas más sencillas que son devueltas al suelo, aumentando así su fertilidad; son importantes también en la fermentación industrial, por ejemplo la fabricación de cerveza, vino y la producción de antibióticos como la penicilina. El esponjamiento de la masa y la maduración de algunos quesos depende de la actividad fúngica (Pelczar, 1980).

Algunos hongos, a pesar de ser saprófitos, pueden invadir también a sus hospederos vivos y prosperar como parásitos. Los hongos causan enfermedades en plantas y animales, incluyendo a las personas. Por un lado se encuentran los parásitos facultativos que normalmente se desarrollan sobre los materiales lastimados y que en ocasiones, por razones que no se han comprendido del todo, intervienen en el desarrollo de una enfermedad. Sólo una pequeña parte de los que crecen o desarrollan en el suelo tienen relaciones con enfermedades vegetales y, por lo general, los que lo hacen con mayor frecuencia se clasifican en los géneros: Armillaria, Fusarium, Helminthosporium, Pythium, Plasmodiophora, Ophiobolus, Phymatotriphium, Phytophthora, Sclerotium, Rhizoctonia, Verticillium, Thielaviopsis (Alexander, 1987).

Los hongos no contienen clorofila, por donde deben obtener su carbono mediante la síntesis celular de compuestos o moléculas orgánicas preformadas, y pueden adaptarse a los más complejos materiales alimenticios. Entre las fuentes principales de carbono que utilizan se encuentran en los azúcares, ácidos orgánicos, disacáridos, almidón, pectina, celulosa, grasa y lignina. Con frecuencia obtienen el nitrógeno del amonio o nitratos, pero también pueden utilizar proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados. Algunas especies son dependientes desde el punto de vista nutricional, ya que requiere de vitamina B, aminoácidos y

otros factores de crecimiento para una proliferación activa.

Los hongos participan en la formación de humus a partir de restos orgánicos frescos al degradar residuos vegetales y animales. Algunas especies de *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, y otros géneros sintetizan sustancias que asemejan los constituyentes de la fracción orgánica del suelo.

Algunos hongos pueden producir sustancias con estructura química semejante a la de varios carbohidratos que se extraen de la materia orgánica del suelo. Además este grupo realiza un gran número de transformaciones inorgánicas e influye sobre la transformación de agregados estables mediante la penetración de sus hifas uniendo mecánicamente las partículas del suelo (Alexander, 1987).

La distribución de los hongos está determinada por la disponibilidad de materia orgánica, por lo que aumenta su abundancia al agregar restos de cultivo, abonos verdes, u otros compuestos carbonados al suelo. La aplicación de sustratos orgánicos altera la composición de la flora, ya que incrementa el tamaño de la comunidad y se afecta marcadamente el dominio relativo de géneros como *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Fusarium*. La actividad de descomposición es mayor en los períodos primeros de la descomposición de la materia orgánica (Alexander, 1987).

El pH es uno de los principales factores que regulan la actividad de los hongos, pueden desarrollarse a pH muy bajos como de 2 a 3, hasta un pH alcalino de 9. Debido a que los actinomicetos y las bacterias se desarrollan a pH bajos, los hongos en estas condiciones son los que dominan la comunidad microbiana.

La aplicación de fertilizantes puede afectar la abundancia de hongos filamentosos, pero semejantes alteraciones con frecuencia son el resultado de la acidificación más que de la adición de nutrientes, el tratamiento con fertilizantes que contengan amonio, hace que el número de estos organismos aumente por la oxidación microbiana del nitrógeno y permite la formación del ácido nítrico. Este tratamiento continuo favorece a los hongos sobre las bacterias y actinomicetos (Thompson, 1978).

En suelos cultivados los hongos son más numerosos en los estratos superficiales, y el número de especies es mayor que en estratos inferiores debido a la materia orgánica disponible.

Por otro lado existen diferentes características de los hongos que los hacen distintivos entre otros grupos, dentro de estas características se encuentra, su estado morfológico; en general las levaduras son mayores que las bacterias, pero no todas poseen este tamaño (1 a 30 micras de longitud).

Los hongos poseen un cuerpo o talo, formando el llamado micelio que a la vez es formador de hifas, las cuales pueden ser no septadas o aenocíticas, las hifas de los hongos sin septos son continuas y multinucleadas, el micelio puede subdividirse en células individuales mediante



paredes transversales o septos.

Los micelios pueden ser vegetativos o bien reproductores. La mayoría de las partes de un hongo filamentosos son potencialmente capaces de crecer y multiplicarse. La inoculación de un diminuto fragmento sobre un medio, es suficiente para iniciar un nuevo individuo. Esto se hace depositando el inóculo sobre el medio fresco (Pelczar, 1988).

Existen diferentes métodos para la obtención de colonias de hongos. Algunos se basan o se dan para cálculos de la población de los hongos, como pueden ser: conteo en placa, observación directa al microscopio de la corteza superior del suelo, in situ, porta objetos enterrado de Rossi-Cholodony, microscopia de fluorescencia, etc. (Alexander, 1987).

Los hongos se reproducen de forma natural mediante una variedad de medios, bien sea asexualmente (con esporas como conidiosporas, conidiosesporangiosporas, oidios, clamidiosporas, blastosporas [Figura 3], por fisión, gemación ó formación de esporas o sexualmente (con esporas como: ascosporas, basidiosporas, zigosporas, oosporas) [Figura 4].

Por último, los hongos en el suelo son muy diversos y abarcan desde los tipos más primitivos unicelulares hasta setas con sus complejos cuerpos fructíferos.

Los hongos en forma general pertenecen a dos grandes grupos los Mixomicota y los Eumycota, los cuales a la vez se dividen en diferentes clases tales como: Mixomicotina dentro de esta división se encuentran las clases: Hidromycetes, Mixomicetes, Plasmodiophoromicetes.

Dentro de la división Eumycotina se encuentran las clases: Mastigomicotina, Zigomicotina, Ascomycotina, Deuteromicotina y los Basidiomicetes (Ainsworth, 1973).

Dentro de la clase Zigomicotina, incluye varios géneros de hongos saprófitos como Mucor, Absidia, Mortierella.

También incluye a hongos parásitos que viven en una parte de su ciclo en el suelo. En esta clase se incluyen simbioses obligados en plantas superiores.

La clase Ascomycotina, comprende varias especies comunes en el suelo. El género Chaetomium ataca el material rico en celulosa.

Los basidiomicetes son comunes en el suelo. Las especies mejor conocidas son: Armillaria mellea que es parásita en plantas y otras que forman asociaciones micorrizicas como Beletus scaber y Amanita muscaria.

Dentro de la clase deuteromicotina (hongos imperfectos) se pueden encontrar géneros como: Alternaria, Aspergillus, Aerobasidium, Cladosporium, Geotrichium, Humicola, Penicillium, Phialophora, Pestalotium, Phomopsis (Alexander, 1987).

Figura 3.- Algunos tipos de esporas asexuales.

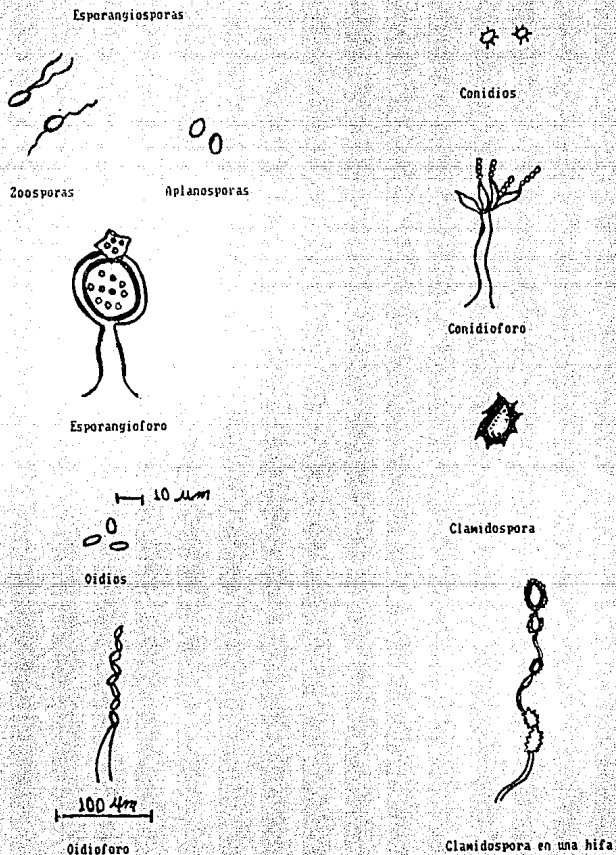
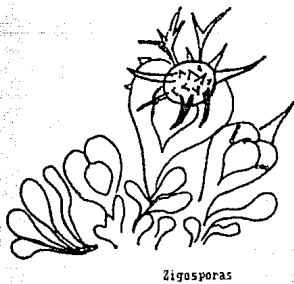
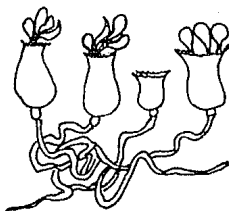
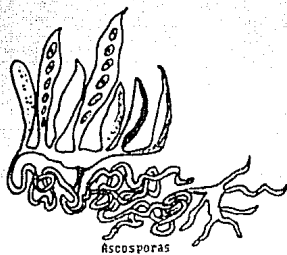


Figura 4.- Esporas sexuales



### 2.1.3.- Actinomicetos

El término actinomicetos no tiene validez taxonómica, pues estos organismos se clasifican como bacterias en un sentido estricto y son miembros del orden actinomycetales.

Los actinomicetos producen filamentos delgados ramificados que se desarrollan en un micelio. El filamento del actinomiceto puede ser largo o corto pudiendo fragmentarse. Las hifas o filamentos individuales se asemejan morfológicamente a los filamentos fúngicos, aunque son más delgados (0.5) a 1 micra de diámetro); sin embargo en algunos casos puede llegar a medir más de dos micras de diámetro. Muchos actinomicetos del suelo, producen esporas asexuales (conidias) sobre sus hifas, que pueden estar aisladas en pares o cadenas, mientras que otros organismos edáficos producen las esporas en una estructura especializada llamada esporangio (Alexander, 1987).

A los actinomicetos se les a colocado mas estrechamente con las bacterias por el tamaño de sus células, el tamaño y forma de sus esporas, las características de formar un micelio aéreo y además poseen nucleoides de forma similar a las bacterias. En los actinomicetos no se encuentra ni quitina ni celulosa conformando las paredes celulares; sus paredes están conformadas por polímeros de azúcares, aminoazúcares y unos pocos de aminoácidos de forma similar a las bacterias gran positivas (Burges, 1971).

Los actinomicetos son considerados un grupo de transición entre hongos y bacterias. La relación de los actinomicetos con los hongos se manifiestan en las siguientes propiedades:

- A) el micelio de los actinomicetos superiores tienen las extensas ramificaciones características de los hongos.
- B) el crecimiento de los actinomicetos en cultivo líquido pocas veces produce turbidez asociado con las bacterias unicelulares, puesto que producen grumos, esferas y filamentos.
- C) muchos de los actinomicetos forman micelio aéreo.

La morfología y el tamaño de las hifas, las conidias y los fragmentos individuales de las especies cuyo micelio se segmenta son semejantes a las estructuras observadas entre los hongos, además algunos géneros de actinomicetos no producen micelio aéreo y se asemejan mucho a las bacterias coreniformes en su morfología, reacciones de tinción y en su fisiología. Otras características para ubicarlos con las bacterias es la presencia de flagelos semejantes a las de algunas bacterias verdaderas, así como, la sensibilidad algunos inhibidores antifúngicos (Alexander, 1987).

Las colonias de actinomicetos desarrollados en medios de agar son originados de una sola unidad de reproducción, pero a diferencia de las bacterias, la colonia de actinomicetos es sólo un organismo extensamente ramificado (Alexander, 1988).

Los actinomicetos son organismos particularmente variables esta condición es la que dificulta su clasificación y su taxonomía. Estas variaciones características se observan en cambios de pigmentación, producción de antibióticos, patogenidad, de un organismo sometido a diferentes condiciones ambientales.

Una colonia de actinomicetos esta integrada por toda una masa de filamentos ramificados a los que se denomina micelio, que puede ser vegetativo o bien aéreo; cuando sólo se presenta un micelio vegetativo la colonia presenta una superficie lustrosa o mate; cuando forma un micelio aéreo, la colonia adquiere un aspecto polvoriento o algodinoso.

El micelio vegetativo esta formado por largas hifas, el citoplasma de estas en un principio es homogéneo y se va vacuolizando a medida que llega a fases mas tardías de desarrollo --- con frecuencia en el micelio vegetativo presenta una coloración característica: crema, amarillita, naranja, verde, parda, etc.

Las esporas se forman en el extremo de las hifas esporogénicas y se originan a partir de la fragmentación y la segmentación. Durante la fragmentación, el citoplasma se separa de la pared celular y se extiende en unidades más o menos uniformes Streptomyces, presenta este tipo de esporulación. En la segmentación se forman nuevas paredes transversales de forma que las hifas se descomponen en pequeños segmentos, Nocardia presenta este tipo de esporulación (Burges, --- 1971).

La reproducción en los actinomicetos se presume que es tanto por la vía sexual como la asexual. La reproducción asexual en los actinomicetos se lleva a cabo por esporas asexuales producidas por hifas vegetativas, o bien también se pueden reproducir por el desprendimiento de una parte de micelio, que posteriormente se desarrollara en un nuevo individuo.

La reproducción sexual de los actinomicetos no ha sido comprobado, pero se presupone que es cuando las condiciones ambientales se tornan desfavorables, como es el caso de las bacterias y de otras formas de vida similar (Alexander, 1987).

El orden de los actinomicetos comprende un variado número de familias dependiendo del autor. La división de géneros se basa principalmente sobre caracteres morfológicos, tales como: la fragmentación de las hifas, la formación de micelio aéreo, el tipo de la formación de las esporas (aisladas, en cadena o esperangios). Recientemente se le ha dado la importancia a la composición de la pared celular y exámenes basados en métodos espectrofotométricos y serológicos para la taxonomía de este grupo (Burges, 1971).

Actualmente se sabe que en los suelos hay gran cantidad de actinomicetos; estos se pueden dividir en algunas familias:

- 1 > Streptomycetaceae (Streptomyces, Microeliberporia, Sporichthya)
- 2 > Nocardiaceae (Nocardia, Seudonocardia)
- 3 > Micronosporaceae (Micropolyspora, Micronospora, Microbispora, Thermonospora,

#### Thermoactinimicea, Actinobifia)

- 4) Actinoplacae (Pinovispora, Streptosporangium, Actinoplanea, Dactyloporangium)
- 5) Dermatophilaceae (Geodermatophilus)
- 6) Frankiaceae (Frankia)
- 7) Actinomycetae (Actinomycetes), (Alexander, 1987).

En términos cualitativos y cuantitativos, la población de los actinomicetos del suelo es tá regulada por el habitat que los rodea. Para los actinomicetos el status de la materia orgánica, el pH, la hñmedad y la temperatura son los determinantes ecológicos principales.

Los actinomicetos son afectados por la presencia del carbono aprovechable y se presentan en grandes cantidades en terrenos con abundante materia orgánica. en general los lugares ricos con materiales carbonatados y humus; la población de actinomicetos puede alcanzar cifras de 10<sup>8</sup> organismos por gramo de suelo. La respuesta al nitrógeno disponible es un poco mas tardía, que la de hongos y bacterias.

Como grupo, los actinomicetos no toleran pH bajos; el pH considerado como límite para este grupo es de alrededor de 6.0, cabe aclarar que existen cepas resistentes a pH por debajo de este valor. La capacidad de estos, de resistir, pH elevados, los hace unos de los principales organismos degradadores de la materia orgánica en suelos alcalinos, donde la actividad de los hongos y de las bacterias se ven reducidos (Burgess, 1971).

El contenido de hñmedad es otro determinante ambiental crítico; en lugares donde se encuentra por encima del óptimo, el 95 y 100% de la cantidad de retención, la población de estos baja drásticamente; esto explica que todos los actinomicetos comunes en el suelo tienen un metabolismo aeróbico y consecuentemente son incapaces de desarrollarse y diseminarse con niveles bajos de oxígeno libre. El número de actinomicetos por lo tanto, permanece elevado bajo condiciones de sequedad.

Se ha demostrado que los actinomicetos tienen muy poco o nulo desarrollo a temperaturas bajas o altas (5<sup>o</sup> y 39<sup>o</sup> C) y teniendo un óptimo entre los 28<sup>o</sup> y 35<sup>o</sup> C.

Existen otros factores ambientales que restringen el desarrollo de las colonias, pero -- son un tanto específicos para cada género o familia (como puede ser el caso de Frankia) (Alexander, 1987).

Tanto en terrenos vírgenes como cultivados, los actinomicetos constituyen del 10 al 15 % de la comunidad total. En áreas alcalinas y especialmente cuando hay sequía, la abundancia es especialmente alta, incluso se reportan para este tipo de suelo, valores del 95% de organismos (Alexander, 1987).

En suelos cultivados tienden a ser más numerosos, esto tal vez, por las adiciones complementarias de materia orgánica a estos (Alexander, 1987).

En comparación de las bacterias verdaderas, los actinomicetos son menos comunes en áreas húmedas. Además las poblaciones son mayores en pastizales y en suelos de pastoreo, que en suelos cultivados o en regiones vírgenes. Sin embargo son desfavorables las turberas; áreas inundadas y ambientes en donde el pH es menor de 5.0. En las regiones cálidas son desfavorables para los actinomicetos, y las regiones frías son favorables (Cuadro #1).

Cuadro No. 1

Abundancia de actinomicetos en varios suelos      No./g x 10<sup>3</sup>

ZONA	CONDICION	TOTAL	ACTINOMICETOS	% ACTINOMICETOS
Tundra	Virgen	2,140	30	1.4
Taiga	Cultivada	4,850	84	1.6
Bosque	Virgen	1,090	90	8.1
Pradera	Cultivada	2,620	790	28.0
Pradera	Virgen	3,630	1300	35.0
Estapa seca	Virgen	3,480	1200	35.0
Desierto	Virgen	4,490	1550	35.0
Estepa	Cultivada	7,380	2380	36.0
Estepa	Cultivada	4,530	1570	34.0

(Alexander, 1987)

Dentro de las actividades que desempeñan los actinomicetos en el suelo son muy diversas. Los actinomicetos se desarrollan mucho más que la mayoría de los hongos y las bacterias, capacidad que los limita como competidores efectivos. Esta incapacidad competitiva podría explicar su relativa escasez en las etapas iniciales de la descomposición de la materia orgánica, los actinomicetos llegan a predominar cuando los nutrientes llegan ser limitantes y la presión de los competidores más efectivos disminuye (Alexander, 1987).

Un gran número de los componentes de la materia orgánica son atacados por los actinomicetos; los glúcidos solubles al agua son los más prontamente atacados, después continúan las hemicelulosas y al final las celulosas. La capacidad de descomponer éste y otros polisacáridos están ampliamente difundidos entre los actinomicetos (Burgos, 1971).

Las fuentes de carbono utilizables incluyen moléculas sencillas y altamente complejas, desde ácidos orgánicos hasta azúcares, polisacáridos, lípidos y proteínas e hidrocarburos alifáticos. La velocidad de degradación de la celulosa es considerablemente lenta, incluso algunas cepas degradan lignina, quitina y celulosa. Algunas especies de Mucardia pueden degradar fenoles y parafinas.

La actividad de los actinomicetos en el suelo no ha sido bien determinada en su totalidad, ya que realizan diversas transformaciones en las que participan; sólo se ha logrado evaluar algunas de las transformaciones en las que participan los actinomicetos pero se ha considerado que estos tienen menor actividad que los hongos y las bacterias (Alexander, 1987).

Por último algunos de los métodos más comunes para la determinación de los actinomicetos del suelo son principalmente los de sembrado en placa de agar y la inoculación de porta objetos.

Una razón de porque el estudio de los actinomicetos, es que son causantes de enfermedades de las plantas y animales como la roña de la papa (Streptomyces scabies), la viruela del tomate (S. ipomoeae), o por ejemplo causante de infecciones de animales y del hombre (Alexander, 1987).

Otras enfermedades son: la actinomicosis del ganado (Actinomyces bovis) (Cronquist, 1974).

Pero no todas las especies son patógenas, por ejemplo algunas especies de actinomicetos producen antibióticos de importancia médica e industrial como Streptomyces griseus, del cual se extrae la estreptomycinina; o bien S. venezuelae de la cual se extrae cloromicetina (Cronquist, 1974).



## 2.1.4.- Algas

Las algas conocidas como el conjunto de plantas primitivas que abarcan una gran cantidad de organismos. Las algas varían de tamaño; desde células individuales tan pequeñas como un micrometro hasta las grandes algas marinas. La mayor parte de las algas son fotoautotóxicas aún que algunas formas pueden ser heterotóxicas facultativas u obligadas, incluso algunas pueden llegar a desarrollarse en diversos hábitats, como la nieve, troncos de árboles, o como habitantes del suelo. En general las algas son organismos eucariotes, exceptuando las algas verde-azules, ya que estas son las únicas que poseen la organización celular de tipo procarionte, razón por la cual se les clasifica como cianobacterias (Marshall, 1980).

Las algas del suelo pueden ser unicelulares o pueden presentarse en pequeños filamentos, son característicamente más pequeños y menos complejas que las acuáticas. Debido a la presencia de clorofila en todos los grupos principales de algas edáficas, poseen una nutrición autótrofa, lo cual les proporciona el dióxido de carbono necesario para la fotosíntesis.

Entre las algas que se encuentran bajo la superficie, bajo completa oscuridad, se encuentran las variantes heterotóxicas, estas usan la oxidación del carbono orgánico como fuente de energía (Alexander, 1987).

Tales especies, clasificadas adecuadamente como fotoautotóxicas facultativas, metabolizan una variedad de carbohidratos incluyendo almidón, sacarosa, glucosa, glicerol y ácido cítrico.

Las algas como grupos se pueden adaptar a cambios ambientales persistiendo en condiciones desfavorables como pueden ser suelos alcalinos y desérticos, presentes en suelos alpinos, en la Antártida y en flujos recientes de lava. Algunas especies se llegan a encontrar en rocas calizas donde se retiene la humedad y donde hay luz suficiente para efectuarse la fotosíntesis.

Por otro lado los ciclos reproductivos de las algas son muy diversos. La reproducción asexual en las algas unicelulares se realiza a través de división celular simple formándose dos o más células móviles (zoosporas) o inmóviles (autoesporas). Las formas multicelulares se pueden reproducir a través de la fragmentación o por liberación de zoosporas.

Los ciclos reproductivos sexuales que se presentan en las algas difieren en el punto que ocurren la meiosis, y en la etapa de la haploidia del organismo maduro. La meiosis ocurre durante la formación de esporas haploides en el esporofito. La fase haploide y diploide pueden diferir morfológicamente o bien ser similares.

En algunos casos los ciclos reproductivos pueden ser utilizados como características para clasificar a las algas (Hinsworth, 1973).

En general a las algas se les puede dividir en siete grandes grupos que a la vez cada uno de estos posee sus clases.

Entre estos grandes grupos se encuentran:

1 > Cianofita (Moesta, Anabaena, Oscillatoria, Chroococcus), que son los únicos representantes procaríotas de las algas, por lo que también se les conoce y denomina a estas "Cianobacterias": no presentan sus pigmentos localizados en los cromatóforos, sino que se encuentran dispersos en todo el citoplasma. Pueden ser unicelulares o filamentosas. Los pigmentos que presentan son, la clorofila, carotenoides, ficocianina. su pH óptimo es alcalino, siendo sensible a pH ácidos (5.0 - 6.0). Algunas presentan movimiento. Existe recombinación genética. Entre los géneros predominantes en el suelo (aparte de los ya mencionados) están: Cylindropodium, Calotrix, Microcoleus, Modularia, Phormidium, Plectonema, Schizothrix, Soytynema, Tolypetrix.

2 > Chroophyta, dentro de esta división se encuentran 5 clases: Chloromonadophyceae, --- Xanthophyceae, Crisophyceae, Ehmeriophyceae, Bacillariophyceae. El grupo más predominante en el suelo son las Bacillariophyceae, las cuales se les conoce como diatomeas, son principalmente unicelulares, pero existen algunas colonias.

Poseen una pared altamente silificada formada en dos partes, se desarrollan mejor a pH neutros, ligeramente alcalinos dentro de este grupo se encuentran: Cibella, Fragilaria, --- Synedra, Navicula, Pinnularia, Nitzschia.

3 > Chlorophyta, esta posee 3 clases: Chlorophyceae (Chloroficeae), Zygnemorphiceae, Chlorophyceae (Caroficeae). Se caracterizan por poseer cromatóforos, poseen clorofila y en ocasiones algunos otros pigmentos como xantofilas y carotenos. En el suelo están principalmente las formas unicelulares y también algunas filamentosas; son las dominantes en la microflore edáfica (dentro del grupo de las algas), pueden o no presentar movimiento. Presentan ciclos de vida de meiosis citótica. Protophycus, Chlorella, Antisthenesmus, Chlamydomonas, Chlorococcus, Dactylococcus, --- Hormidium, Protosiphon, Senedesmus, Spongychloria, Sticoccus.

Aparte de estos tres grupos existen, otros que bien, si es poca su presencia en el suelo, puede ser nula su presencia, entre ellas están: Englenophyta, Chytophita, Dinophyta, Rodophita (Brock, 1984).

Las algas debido a su metabolismo se ven afectadas por la cantidad de luz solar y la obtención de un abasto de dióxido de carbono (Gileskander, 1987). La humedad y la temperatura son dos factores que afectan al desarrollo de las algas, como los demás organismos de la flora edáfica, teniendo siempre un óptimo.

La acidez determina en gran medida la composición cualitativa de las algas, todas las cepas tienen un intervalo óptimo de desarrollo (Burgess, 1971).

Las algas no contribuyen apreciablemente en muchas de las transformaciones de la materia orgánica. Por su metabolismo autotrófico se da la generación de materia orgánica a partir de -

sustancias inorgánicas; consecuentemente aumentan el carbono orgánico, destacando su importancia en los suelos inundados o en áreas desnudas, estériles o erosionadas.

También se ha destacado su importancia como fijadores de nitrógeno en suelos inundados como arrozales. La capacidad de asimilar el nitrógeno y ponerlo disponible, está restringido al parecer a la clase Cyanophyta, cuyos géneros involucrados son: Anabaena, Calothrix, Chroococcus, Nostoc, Oscillatoria, Seytronema, Tolypothrix.

Los métodos más comunes de contar las algas del suelo son: El método por conteo directo, o bien por medio de un cultivo utilizando la técnica del número más probable (Alexander, 1937).

## 2.1.5. Estructura y dinámica de las poblaciones microbianas en el suelo

La ecología es el estudio de las interrelaciones entre organismos en los medios donde viven. Por lo general, se consideran medios "naturales" cuando se realizan estudios ecológicos.

Por lo general, el hombre está muy interesado en zonas muy perturbadas, esto quiere decir que sucede a los organismos del suelo cuando practican la agricultura intensiva o como los ríos se enfrentan a los desechos que el hombre vierte en ellos. El interés reciente en la ecología ha impulsado la investigación a lo largo de dos líneas principales: 1. > descubrir cómo operan los medios naturales cuando aún es tiempo, y 2. > estudiar la influencia del hombre en esos procesos normales (Campbell, 1987).

La ecología de los microorganismos incluye la de las bacterias, hongos, protozoarios y algas, cuyo intervalo de tamaño es de menos de una micra (una o unas cuantas decenas de micra, y muestra gran diversidad en cuanto a requerimientos para la vida y su tolerancia a condiciones desfavorables. Pueden ser microorganismos aeróbicos o anaeróbicos, heterótrofos o autótrofos (ya sea quimioautótrofos o fotoautótrofos) (Figura 5).

Los ecosistemas nunca son estáticos, sino que pueden estar en un estado de equilibrio dinámico que refleja los complejos mecanismos de retroalimentación negativa que controlan el número o la actividad de los individuos, o bien la población puede cambiar en una forma que refleje los cambios en niveles de materia y energía dentro del medio. La energía, principalmente en forma de luz o calor, se origina en el sol, o aun menor grado, de las fuentes de energía de la tierra, y fluye a través de un ecosistema. Los organismos la atrapan parcialmente dentro del sistema y es exportada en forma de calor; de energía química en compuestos reducidos.

Existen dos formas principales en las que los heterótrofos pueden usar la producción primaria del ecosistema. En primer lugar, cuando aun están vivos pueden ser consumidos por los consumidores primarios (herbívoros), los cuales a su vez son consumidos por los consumidores secundarios (carnívoros); esa secuencia es una cadena trófica de pastoreo (Figura 6) o red trófica de pastoreo si las relaciones son tan complejas que no es una secuencia lineal. En segundo lugar si los productores primarios no son consumidos vivos, entonces sus cadáveres y los de los consumidores primarios y secundarios entran en la cadena trófica de detritos (Figura 6). Este es un diagrama simplificado y existen muchas otras relaciones que se podrían añadir a la figura. Por ejemplo, los animales excretan heces que por lo general pasan directamente por los desintegradores, pero existen algunos herbívoros coprófagos como los conejos, los cuales reciclan sus heces para que sean de nuevo procesados en su intestino. El intestino de otros herbívoros está modificado especialmente para formar un rumen o ciego, que facilita el desarrollo de microorganismos desintegradores en su interior.

Por tanto, la cadena trófica de pastoreo puede depender de los microorganismos.

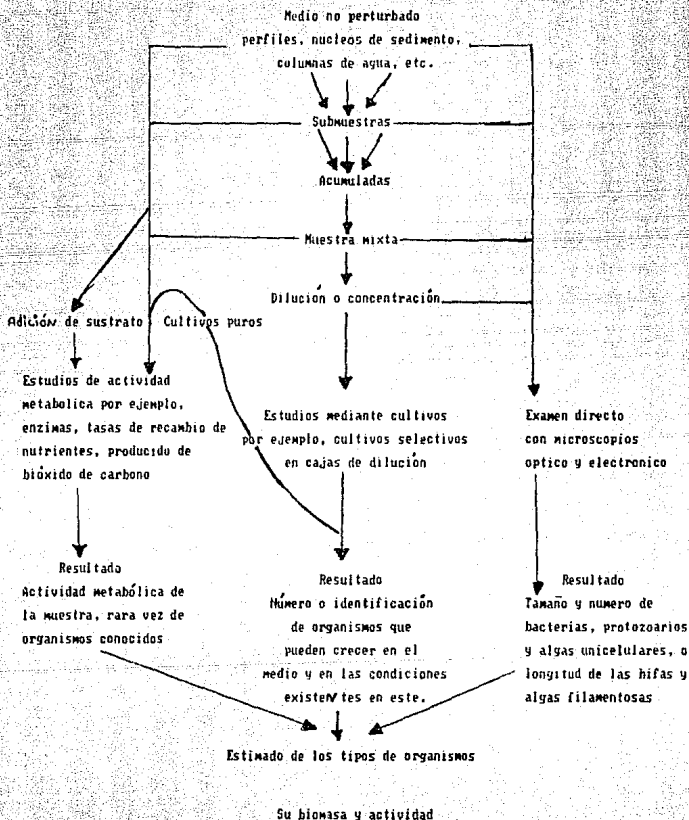


Figura 5.- Resumen de los posibles métodos de estudio de la ecología de microorganismos. (Cambell, 1987).

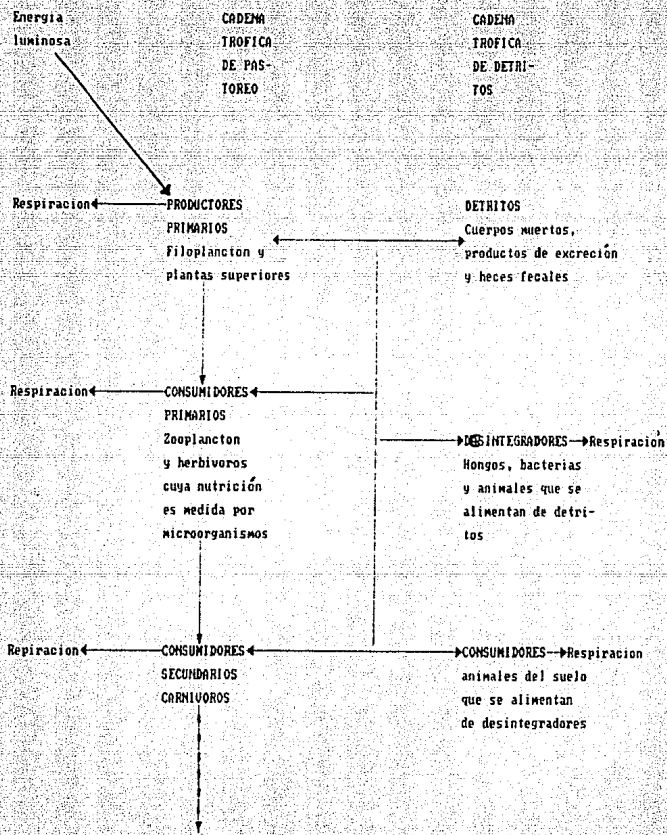


Figura 6.- Cadenas tróficas de pastoreo y de detritos. Vease la figura 7 para ampliar la red trófica de detritos.

Generalmente en la cadena trófica de detritos, las bacterias y los hongos son responsables del 90% del flujo de energía. La mayor parte de la energía de la cadena de detritos, está almacenada en el ambiente, mas que en los propios organismos. La cadena depende de la producción primaria ajena a si misma por lo general depende de la cadena trófica de pastoreo, la cual puede estar en otro habitat o bien estar separada con respecto al tiempo de la cadena trófica de detritos, por ejemplo, cuando se esta usando materia orgánica previamente producida, como la turba. La cadena trófica de detritos no solo esta relacionada con la descomposición, sino que también contiene depredadores que viven, al menos en parte, de organismos desintegradores (Figura 7).

La relación entre artrópodos y microorganismos es variable; esto depende de la especie y tipo de habitat, pero puede tener grandes efectos en la biomasa y la actividad microbiana.

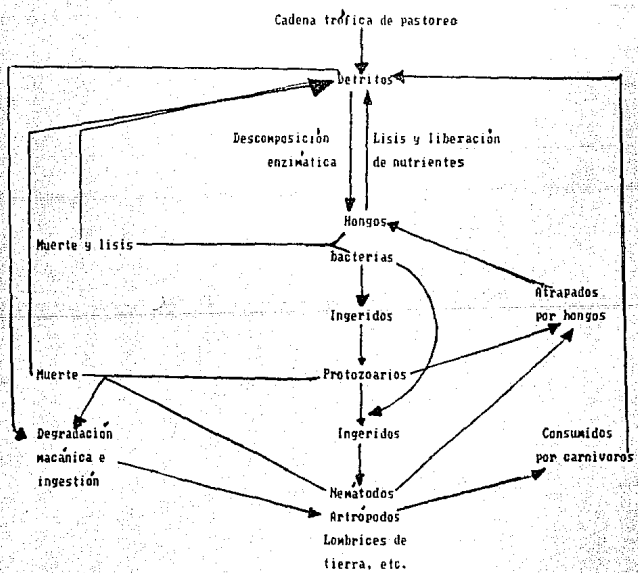


Figura 7.- La red trófica de detritos que representa las interrelaciones entre los organismos por los cuales los materiales son reciclados en el ambiente.

## Ciclos de los nutrientes

Aun cuando el flujo de energía es en una dirección a través del medio, los nutrientes a menudo se reciclan en forma repetida. De esta manera, el movimiento de muchas sustancias se pueden considerar como ciclo biogeoquímico (figura 8), en el que intervienen plantas, animales, microorganismos y reacciones físicas y químicas. Un ciclo se puede describir en términos de pozas de las sustancias en sí, de modo que quizás haya una poza de materia soluble, una de materia orgánicamente ligada y una atmosférica abiótica en forma gaseosa.

Los tamaños de las diversas pozas se pueden medir en una escala local o de la biosfera. Sin embargo, son las tasas de flujo entre las pozas las que proporcionan una medición de la tasa a la cual se recicla la materia. No obstante que haya una poza pequeña, la forma de la sustancia, puede ser muy importante en el medio: se puede extraer en la poza con la misma rapidez con la que entra; las formas más importantes de una sustancia, con las tasas de flujo más altas, pueden tener la poza de tamaño más pequeño y aparentemente más importante. Otra manera de considerar los tamaños de las pozas y las tasas de flujo consiste en medir las tasas de recambio de una poza, es decir, el tiempo que requiere una unidad de materia en pasar por una poza. La tasa a la cual opera todo el ciclo se determina a partir de la tasa de recambio más baja: hay cuellos de botella en el flujo dentro de los ciclos, tales como la descomposición de la celulosa en el ciclo del carbono o la fijación de nitrógeno atmosférico, en el ciclo del nitrógeno sin fertilizantes hechos por el hombre.

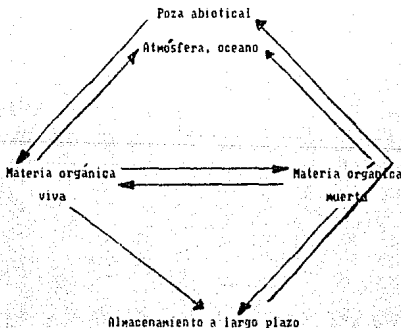


Figura 8.- Un ciclo biogeoquímico generalizado.



Por lo tanto, la conservación de la vida depende de la reciclación continua de materia inorgánica y la descomposición de materia orgánica para producir sustratos que requieren otros organismos. El crecimiento de un organismo o el tamaño y productividad de una comunidad están limitados por los factores ambientales ya sea bióticos o abióticos, que están próximos al nivel mínimo crítico requerido para mantener la vida. De esta manera, los bajos niveles de oxígeno y nutrientes disponibles con frecuencia limitan el crecimiento de organismos; las sustancias potenciales tóxicas pueden alcanzar niveles perjudiciales. En algunos medios extremos es posible que un factor tenga un efecto muy fuerte en los niveles de la población, por ejemplo, en las regiones polares o en los manantiales de aguas calientes, pero es más común que varios factores individuales adecuados se combinen de modo que sean inhibidores.

#### Interacciones entre microorganismos

Siempre y cuando las condiciones ambientales no sean tan extremas que sobrevivan solo pocos organismos especializados, habrá competencia entre los miembros de la comunidad por las fuentes de nutrientes y energía que son escasas. Si los factores abióticos y los suministros de nutrientes son favorables, entonces los microorganismos se multiplicarán y competirán por el espacio. La cantidad total de espacio disponible por lo general no está limitada, pero hay un número limitado de microhabitats apropiados que contienen nutrientes, etc.; en tales situaciones puede haber competencia por el espacio utilizable más que por el espacio total. Muchas características de los microorganismos que hacen a estos buenos competidores, incluyen las siguientes:

1. Requerimientos de nutrientes moderados y una amplia tolerancia de condiciones ambientales, de manera que continúe creciendo y reproduciéndose en una amplia variedad de sustratos y en una variedad de condiciones.
2. Tasas de crecimiento rápidas y reproducción rápida, de modo que ocupe rápidamente cualquier microhabitat disponible, tiene etapas de latencia en casi todos los lugares y se disemina ampliamente, por ejemplo, en alto potencial de inoculo.
3. La capacidad de producir toxinas, por ejemplo, antibióticos, para excluir a los competidores del microhabitat que está colonizado, y al mismo tiempo tolerancia a las toxinas de otros organismos, de modo que pueda colonizar microhabitats ocupados.

Cuando ocurre la competencia puede haber varios resultados. El más obvio es que el organismo se adapte mejor al medio y crezca mejor que otros, excluyendo a todas las demás especies de ese medio; esto se conoce como exclusión competitiva.

Sobrevivirán las poblaciones con las más altas de crecimiento. No obstante, si las condiciones ambientales cambian, entonces estos pueden dar a un organismo distinto la más alta tasa

de crecimiento y, por lo tanto, conducir a una nueva especie dominante. Puede haber coexistencia de poblaciones que compitan por un sustrato, si esta separadas en cuanto a espacio, por ejemplo, en lodo y en agua. Algunos organismos pueden escapar a la competencia: hay microbios que desarrollan tolerancia extrema a las condiciones ambientales, de manera que pueden evitar la competencia por vivir en habitats que otros organismos no usan (como las algas que crecen en la nieve o a las cianobacterias de los lagos salados o de los manantiales termales), o pueden usar sustratos que no pueden ser degradados por la mayor parte de población.

Existen muchos otros tipos de interacciones además de la competencia. El término general para estos es simbiosis, aunque algunas veces se usa como sinónimo de mutualismo en el cual ambos organismos se benefician. En las interacciones comensales un organismo se beneficia mientras que el otro aparentemente no sufre alteración alguna. El fenómeno inverso de este es el amensalismo, en el cual un organismo es afectado mientras que el otro no lo es: por ejemplo, un hongo puede producir una toxina (antibiótico) que inhiba el crecimiento bacteriano. En el parasitismo y la depredación, un organismo se beneficia y el otro es afectado o incluso muere.

También puede no haber interacción del todo, y esta relación se llama neutralismo.

El grado de dependencia varía mucho; puede haber una asociación poco estrecha, en la cual por ejemplo, las actividades de una bacteria propician que un habitat sea mejor para otra bacteria al modificar los nutrientes disponibles, aunque ninguna dependa de otra (comensalismo). Este tipo de interacción es muy común en poblaciones mixtas. Una forma menos común es la relación estrecha del metabolismo llamada sintrofia, de modo que los dos organismos se encuentran a menudo juntos y son más productivos en combinación que separados. Por tanto, hay asociaciones más especializadas como los nódulos de las raíces de leguminosas, o las micorrizas en las que con frecuencia hay una dependencia obligada de un organismo con respecto a otro: los parásitos obligados son el caso más extremo. Es importante señalar que las relaciones son comunes y a veces indispensables para la productividad de un ecosistema.

A medida que cambian las condiciones ambientales, diferentes microorganismos se adecuarán mejor para existir en el nuevo medio. Por lo tanto, hay sucesiones de organismos en periodos cortos y largos. Una sucesión es el reemplazamiento de una comunidad por otra al cambiar las condiciones del habitat. Los cambios pueden ser producidos por los mismos organismos, como la reducción en los niveles de nutrientes y oxígeno o cambios en el pH, o bien pueden ser producidos por fenómenos externos como los factores climáticos, etc. Los cambios en las poblaciones rara vez son repentinos, y los cambios en las especies tienen importancia relativa dentro de la comunidad hasta que son lo suficientemente importantes para que puedan identificarse un nuevo tipo de comunidad.

Los términos "población" y "comunidad" se han usado algunas veces en la explicación anterior, y enseguida se consideraran con más detalle. Los ecólogos tanto de plantas como de animales los han definido así: una población es un conjunto de individuos panmicticos de una espe-

cie que ocupan un habitat. Una comunidad es un conjunto de poblaciones definidas en términos de especie y abundancia, que viven en un habitat; los habitats y sus comunidades casi siempre se convierten gradualmente unas en otras. Un nicho es más difícil de definir: no es un lugar físico, como el habitat o, el microhabitat. El nicho es la suma de las variables fisiológica, ambiental y temporal que define la posición de una población en una comunidad; es la función de un individuo o una población en relación con otros en la comunidad.

### Estructura y dinámica de las poblaciones microbianas en el suelo

#### La química, estructura y ambiente del suelo

El suelo es un medio muy complejo compuesto de tres fases principales (sólido, líquido y gas) que están dispuestas en diversas formas, tanto a nivel macroscópico como microscópico, para formar los cientos de diferentes tipos de suelo conocidos en el mundo. El suelo se forma por el intemperismo físico, químico y biológico de las rocas en partículas pequeñas (el componente mineral), que junto con la materia orgánica constituyen la fase sólida. La composición química del suelo refleja la de la roca de la cual se formó. El componente principal en la mayoría de los suelos minerales es la sílice en las arenas y arcillas, aunque la turba contiene poco de esta. El aluminio, hierro, potasio, sodio, titanio y manganeso también se presentan en varios minerales. El calcio y el magnesio derivan especialmente de calizas. Los principales nutrientes de las plantas. Constituyen solo una fracción de 1% de los minerales en el suelo. Las partículas de la arcilla están compuestas de varios tipos de minerales derivadas de feldespatos, mica, etc. por intemperismo químico de rocas ígneas y derivadas sedimentarias. Los minerales se encuentran en el suelo como partículas de varios tamaños, cada una de las cuales puede tener más de un tipo de mineral; las piedras y la grava con mayores de 2mm de diámetro, la arena de 2 a 0.2mm, la arena fina de 0.2 a 0.02mm el limo de 0.02 a 2.002mm y a la arcilla de menos de 0.002mm. Los suelos se pueden nombrar con base en la distribución de los tamaños de partículas. La materia orgánica en los suelos forma una proporción variable por muy importante de partículas sólidas y pueden ser fragmentos poco alterados de plantas o animales, o bien pueden descomponerse y convertirse en humus.

Las partículas de arcilla forman un sistema coloidal cuya superficie es muy importante en los fenómenos de adsorción y adhesión. Estos fenómenos pueden tener efectos directos en los microorganismos; por ejemplo, los nutrientes adsorbidos están disponibles y pueden ser desplazados del sitio de adsorción con H<sup>+</sup> producido por los microorganismos, aunque esto puede tener efectos indeseables en el pH local. Los microorganismos pequeños, las toxinas, enzimas extracelulares y nutrientes pueden ser absorbidos, cambiando así la actividad de los microorganismos.

su supervivencia, tasas de crecimiento e interacciones. Además que los microorganismos pueden ser absorbidos, pueden absorber arcillas y materia orgánica en su superficie. En la (figura 9) se resume algunas de las interacciones, los polisacáridos extracelulares que producen muchos microorganismos integran las partículas del suelo en los fragmentos o gránulos; las hifas de hongos y actinomicetos también intervienen en estos, aunque la evidencia no es muy clara. La estructura de los fragmentos es muy importante en el drenaje del suelo y, por lo tanto, en la aereación; un suelo con buena estructura de fragmentos bien desarrollada, y/o con un alto contenido de arena tendrá buen drenaje y estará bien aireado. En suelos agrícolas con mal manejo e inundados o erosionados, la estructura de los fragmentos están por lo general mal desarrollada. En general los microbios viven en superficies de partículas o en espacios de interconexión -- (poros) entre los fragmentos (Figura 9).

La atmósfera se encuentra en los espacios del poro que no son ocupados por agua y por lo común están saturados de vapor de agua. La composición de la atmósfera del suelo depende de la actividad biológica y de las tasas de difusión de gases y flujo de masa, las cuales dependen a su vez de las solubilidades de los gases en el agua y del tamaño del poro. El suministro de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono y de esos espacios dependen de la lenta difusión -- a través del agua, por lo general, en la atmósfera del suelo hay de 10 a 100 veces más dióxido de carbono y menos oxígeno que en el aire. También puede encontrarse en concentraciones altas materiales orgánicos volátiles, como el metano, ácido sulfhídrico, amoníaco e hidrógeno.

Las fluctuaciones de temperatura en las capas subsuperficiales del suelo no son tan "violetas" como las del aire, aunque muestran ciclos anuales polares. La superficie del suelo, en particular si no hay cubierta vegetal, está expuesta a cambios de temperatura mayores y más -- grandes.

El pH del suelo es determinado en gran medida por la naturaleza química de los minerales y la materia orgánica presente. Los suelos ácidos son más comunes en áreas lluviosas. El suelo tiene un sistema de amortiguación complejo que depende de la capacidad de las arcillas y -- materia orgánica coloidal para intercambiar iones, así como de la cantidad de carbonos insolubles (como el calcio) o hidróxidos (como el aluminio) presentes; por lo tanto, la capacidad de amortiguación de diferentes suelos varía. El pH total del suelo puede dar una impresión errónea de condiciones porque las superficies de las arcillas pueden tener un pH diferente, por lo general inferior hasta de 1 o 2 unidades debido a la adsorción de los iones.

La biomasa de los hongos y las bacterias pueden ser casi igual, y el de los protozoarios y las algas, de un orden de magnitud menor. Estos valores pueden variar mucho para otros tipos de suelo, pero en cualquier caso la biomasa de microorganismos es pequeña en comparación con -- la de las plantas superiores cultivadas en campos agrícolas o de los bosques. No obstante, al compararlos con otros organismos del suelo, la biomasa microbiana es considerable; en los pastisales, por ejemplo, pueden exceder la biomasa de todos los vertebrados o invertebrados (Figura 10).

Figura 18.- número biomasa de microorganismos en los quince centímetros superiores del suelo agrícola (modificado de Berkeley, row campbell, r. (1979). Microbiology of soil. En hawker, L.E. y Linton, A.H. (eds.). Micro-organisms, function, form and environment 2a. Ed. Edward arnold, londres.)

Organismo	Número y de peso seco <sup>-1</sup>	Biomasa g m <sup>-3</sup>
Bacterias	10 <sup>8</sup>	160
Actinomicetos	10 <sup>5-6</sup>	160
Hongos	10 <sup>5</sup>	200
Algas	10 <sup>4-5</sup>	32
Protozoarios	10 <sup>4</sup>	30

Los microorganismos son importantes en los ecosistemas del suelo.

El principal determinante de la distribución microbiana a pequeña escala es la naturaleza de las partículas de las cuales se compone el suelo. Esto es en parte una respuesta a los nutrientes, ya que los microorganismos crecen unas en partículas de humus que en granos de arena.

Se ha demostrado que los minerales de la arcilla afectan la tasa de crecimiento en los microorganismos: por ejemplo, la montmorilonita incrementa el crecimiento bacteriano, pero reduce la tasa de crecimiento lineal de la mayoría de las hifas. También hay efectos físicos de arcillas y coloides de la materia orgánica que adsorbe bacterias, nutrientes, etc. Los hongos y la mayoría de los protozoarios son aerobios, mientras que algunas bacterias son anaerobios obligados o facultativos. Anaeróbica o microaerófila, en las microcolonias o alrededor de células, y los microambientes anaeróbicos o microaerófilos se presenta incluso casi hasta la superficie del suelo, donde la materia orgánica particulada y disuelta esta oxidándose rápidamente. Por lo tanto, no hay una simple relación entre la profundidad del suelo y las proporciones en organismos aeróbicos y anaeróbicos.

La función del pH en la distribución de los microorganismos del suelo es muy compleja de

bido a que tiene efectos de amplio espectro sobre la lixiviación, disponibilidad de nutrientes, absorción, enzimas, extracelulares, etc., algunos de los cuales ya se han mencionado. Sin embargo, se pueden hacer algunas generalizaciones; los hongos tienen pH óptimos más bien bajos para su crecimiento que la mayoría de las bacterias y esto se refleja en su presencia; en la mayoría de las bacterias y esto se refleja en su presencia; en la mayoría de los suelos ácidos (por debajo de pH 5) los hongos tienden a ser más importantes que las bacterias. En algunos suelos ácidos es la proporción de hongos la que aumenta, en comparación con los suelos alquinos, aunque el número absoluto puede disminuir, por supuesto, hay excepciones, como a las bacterias oxidantes del azufre (Thiobacillus) que toleran condiciones extremadamente ácidas, y el defecto del pH puede ser acuitado por el efecto de la materia orgánica o las raíces de las plantas.

Las poblaciones microbianas muestran tanta variación en la respuesta a los factores del suelo como las plantas superiores. La variable principal en el medio edáfico es el status de nutrientes. Para las algas y otros autótrofos esto significa los niveles de minerales. La materia orgánica puede ser inhibidora para las algas, pero algunas están relacionadas particularmente habitats ricos en materia orgánica. El factor decisivo para las bacterias heterótrofas y los hongos es la cantidad de materia orgánica y, hasta cierto grado, su calidad. La mayor parte de la materia orgánica es insoluble y no está distribuida en forma uniforme en el suelo, y número de bacterias y hongos a menudo se correlaciona con esta distribución.

Mucho de los factores ambientales actúan sobre los microorganismos del suelo de acuerdo con los ritmos estacionales (por ejemplo, las fluctuaciones de temperatura y el suministro de materia orgánica en regiones templadas). En consecuencia la actividad microbiana sigue un patrón estacional, aunque puede quedar sesgado con respecto del factor casual. Por lo general, los factores climáticos son más importantes en cuanto a variaciones estacionales que el suministro de materia orgánica.

#### Tipos de microorganismos en el suelo

Con frecuencia, las bacterias del suelo no son bien definidas por muchos de los criterios. En consecuencia, hay muchas formas pleomórficas, los corineformes comprenden al menos la mitad de las colonias en cajas de difusión aeróbicas con medios no selectivos. Diez por ciento de la población (Bacillus) produce esporas. Los anaerobios se han estudiado muy poco excepto en listas generales, en las cuales representan alrededor de 5% de la población. Los actinomicetos en particular Streptomyces son aparentemente comunes. Los géneros constituyen casi todas las colonias regularmente aisladas y, sin embargo, hay muchas bacterias que no se han mencionado (por ejemplo, Pseudomonas, Nitrobacter, Nitrosomonas, Azotobacter y Rhizobium); se piensa que éstas son muy importantes y probablemente lo sean en los ciclos de nutrientes en el suelo.

En conjunto, estas bacterias suman menos de 10% de las colonias aisladas, y la mayoría - de este 10% son los Pseudomonas. La mayoría de los hongos aislados son los que producen grandes números de esporas, en especial los micelares (Mucor, Mortierella y Rhizopus) y los deuteromicetos (Penicillium, Aspergillus, Cladosporium, Fusarium, Alternaria y Botrytis). No obstante, la observación directa muestra muchas hifas de color oscuro, posiblemente deuteromicetos, o bien micelio estéril. Aunque rara vez aislados, los baciloides son importantes en la degradación de la materia orgánica y están ampliamente distribuidos. Las algas de crecimiento activo están confinadas a la superficie del suelo o cuando mucho a pocos centímetros de profundidad. Por lo tanto, no hay mucho por hacer con respecto a patrones de distribución vertical.

#### Sucesión, Competencia y Depredación en poblaciones del suelo

Va se describieron las variaciones en la población del suelo con respecto a los factores físicos, estacionales y ambientales, pero a estas fluctuaciones se superponen cambios progresivos en las comunidades que son una parte de las seres u otras sucesiones).

Los microorganismos están directamente relacionados con el desarrollo de suelos estructurales a partir de superficies de roca desnuda o subsuelos erosionados de desierto, etc., habitats caracterizados por los muy bajos niveles de nutrientes minerales solubles. En las superficies de roca desnuda, las algas, hongos y bacterias pueden disolver minerales, como los silicatos, y acelerar así los cambios químicos. Al crecer dentro de fisuras y grietas, también pueden acentuar el intemperismo físico debido a la contracción y expansión de los tejidos que contienen agua durante ciclos de congelamiento-deshielo y hinchamiento-deseccación. Durante su vida, las algas suministran materia orgánica soluble y nutrientes minerales por lixiviación o exudación y al morir sus residuos permanecen en el suelo en desarrollo. También hay relaciones mutualistas más organizadas entre las algas y los hongos llamadas líquenes.

A medida que aumenta la cantidad de algas y líquenes, hay un incremento en el número de hongos y bacterias. En consecuencia, todos estos procesos pueden conducir a la formación de un suelo primitivo y muy delgado, el cual puede contener una mayor cantidad de nutrientes, especialmente materia orgánica, que la roca madre o los fragmentos minerales.

Estas sucesiones de largo plazo tienen restricciones ambientales, como deficiencia de nutrientes, y solo una ligera competencia al principio, pero la complejidad aumenta durante el desarrollo. Dentro de la serie de largo plazo, desde el suelo primitivo hasta el suelo maduro, hay muchos cambios de corto plazo en las poblaciones microbianas que reflejan la colonización de fragmentos de materia orgánica recién llegados. A estas se les denomina sucesiones de sustrato.

Hay un gran aumento en la actividad de los hongos zimo-genos (los llamados hongos de azúcar) como Mucor, Rhizopus, Trichoderma, Penicillium y Aspergillus y, entre las bacterias, pseudomonadales y los bacilos son quizás los más importantes.

Estos microorganismos tienen una capacidad saprofitica competitiva muy alta, por lo que poseen muchas características de los competidores efectivos. Al ser consumidos los materiales fácilmente utilizables, y bajar el pH debido a la inmovilización de cationes, la población cambia lentamente a ascomicetos, algunos actinomicetos, coreniformes y *Bacillus* spp. Este grupo también puede incluir a *Cytophaga*, *Mixobacterias* y *Streptomyces*, los cuales pueden lisar y degradar las hifas que fueron parte de la invasión inicial del sustrato. En general, la actividad de los microorganismos durante una sucesión de sustrato hace que incremente la diversidad ambiental, pero el sustrato y la diversidad de especies disminuye a medida que son usados los nutrientes fácilmente utilizables.

Puede haber comensalismo en lugar de competencia particularmente en las últimas etapas de la sucesión. Por lo tanto, muchos basidiomicetos tienen requerimientos de vitaminas (por ejemplo, para triamina y biotina), que en cultivo pueden ser suministrados por otros organismos que crecen (o han crecido) en el mismo sustrato. También hay relaciones mutualistas: microorganismos diferentes, o cepas distintas de la misma especie, pueden tener enzimas complementarias. Un solo organismo podría agotar rápidamente su sustrato disponible si este último formara un complejo con otro material no disponible, pero hay grupos de organismos compatibles que pueden tener en conjunto, el espectro completo de enzimas necesarias para efectuar la degradación completa del sustrato mudo. En la madera que está en contacto con el suelo y en estructuras de madera en pie, las bacterias son de los primeros colonizadores y pueden ser sinérgicos o mutualistas para organismos después. Dichas bacterias incrementan la permeabilidad de la madera al destruir las membranas de las perforaciones de las paredes celulares, hay la posibilidad de que algunas de ellas fijen nitrógeno. La calidad de los recursos tienen un gran efecto sobre los microorganismos y la tasa de descomposición.

El cuadro de la sucesión, colonización de materia orgánica y descomposición se complica con la intervención de otros organismos del suelo, en el especial los artrópodos. Estos afectan la descomposición en varias formas:

- 1 - Pueden consumir hojarasca, la cual a menudo dirigen los simbioses microbianos en su tubo digestivo, por ejemplo los colembolos.
- 2 - También se ha observado que en algunos artrópodos, los microorganismos de la hojarasca, en particular las bacterias, se reproducen en grandes cantidades en su tubo digestivo, incrementando así la descomposición y cambiando la composición de especies.
- 3 - Los artrópodos pueden forrajear microorganismos in situ, y dicho forrajeo puede ser selectivo y afecta así la composición de especies de hongos: el sobreforrajeo puede reducir la población microbiana y por lo tanto reducir también la tasa de descomposición, pero una presión de forrajeo por lo general incrementa la actividad microbiana. Puesto que los hongos tienen una proporción C/N inferior que la hojarasca original, representa una fuente de ali



mentos mejorada. También existe evidencia de que en los suelos y otros sedimentos acuáticos, y en experimentos de laboratorio, los protozoarios forrajeen bacterias selectivamente y pueden controlar el número de estas y la diversidad de especies.

4. — Las partículas de hojarasca pueden ser ingeridas, y los microorganismos digeridos, en el tubo digestivo. Las heces pueden ser casi estériles pero enriquecidas con mucilago y quitinas con ácido úrico y son rápidamente recolonizadas. Los animales coprófagos pueden extraer microorganismos de las heces y este ciclo de colonización hace que aumente en gran medida el recambio de nutrientes. Las heces de los microartrópodos son un sustrato importante en el suelo y la actividad microbiana sobre ellos puede ser varios órdenes de magnitud mayor que en materia orgánica similar pero no digerida.

5. — Los artrópodos mastican la hojarasca en pedazos más pequeños: esta trituración incrementa el área de superficie disponible, lo cual favorece a las bacterias colonizadoras más que a los hongos. Los hongos tienen ventaja sobre las bacterias en fragmentos grandes de hojarasca, ya que pueden penetrar activamente con las hifas en crecimiento, pero en fragmentos pequeños con área de superficie grande incrementa el número de bacterias. Además de otros efectos ya comentados, como la adición de ácido úrico, la trituración misma hace que aumente la tasa de respiración del suelo.

6. — Los animales perturban el suelo, remueven la materia orgánica y exponen nuevas superficies: también transportan microbios en su cuerpo e inoculan nuevos materiales.

La población microbiana del suelo fluctúa en relación con una variedad de factores, especialmente los climáticos y los de sucesión. A pesar de ello, es una aparente paradoja el que la población total del suelo es marcadamente estable, aunque esta formada por un mosaico de interacciones locales en equilibrio dinámico con el medio y las comunidades microbianas vecinas. Las interacciones entre los microorganismos pueden considerarse en términos de redes alimenticias ya que, aun que muchas interacciones microorganismos-microorganismo se deben en gran parte al antagonismo y la competencia, también hay relaciones depredador-presa (por ejemplo, los protozoarios ingieren a otros microorganismos y los hongos *Arthrobotrys* y *Bacillaria* atrapan nemátodos). Algunas de estas relaciones en las sucesiones y redes alimenticias se resumen en las figuras (figuras 7 y 11), sin embargo, aunque estos conceptos de competencia y relaciones depredador-presa son útiles, se han estudiado principalmente en condiciones de laboratorio debido a la complejidad excesiva de la situación natural. De hecho, existe muy poca información acerca de dicha actividad en el suelo mismo o incluso acerca del efecto de los factores ambientales, como el pH, arcillas, etc. sobre el equilibrio entre distintos organismos o grupos de organismos a escala microhabitat.

La rizosfera

La raíz influye en el suelo de varias maneras: los niveles de bióxido de carbono aumentan

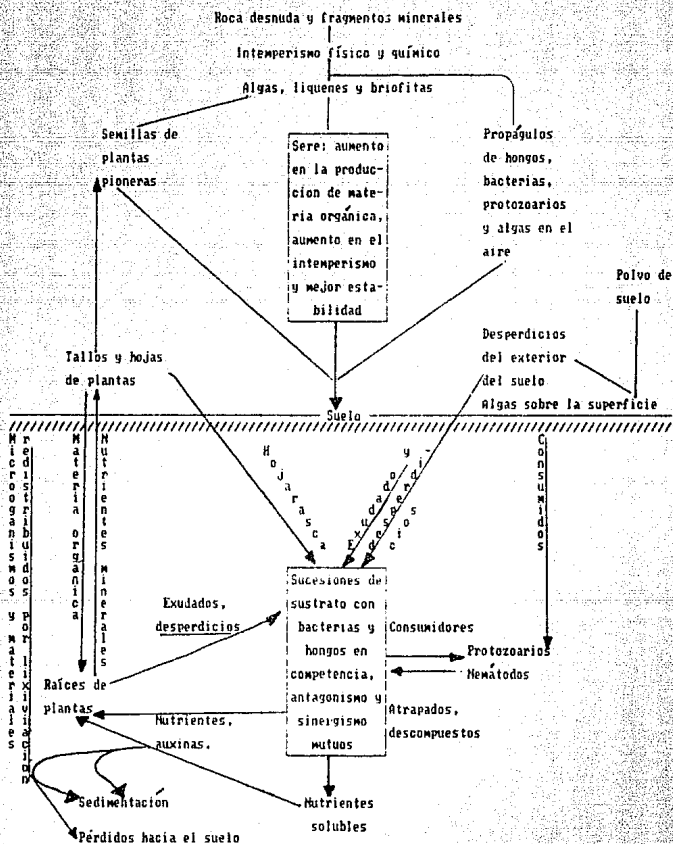


Figura 11.- Resumen de las interacciones entre los organismos y las sucesiones en los procesos de formación y desarrollo del suelo.

por la respiración de la raíz y las concentraciones de oxígeno, agua y minerales. La situación en condiciones no estériles se complica más, ya que los microorganismos utilizan y modifican los compuestos, pueden estimular la exudación de la raíz y exudar sus propias sustancias solubles.

Investigaciones recientes indican que la raíz puede producir varias sustancias volátiles (por ejemplo, etanol, acetaldehído, isobutanol y sulfuros de alquilo) que influyen en la microflora (de Rouatt, J.W. Katzneison, H. y Payne, T.M.B. (1960)).

En un suelo muy bajo en materia orgánica, cualquier adición de este tendrá un gran efecto y, por el contrario, si el contenido de materia orgánica disponible en el suelo alto, entonces un poco más de esta proporcionado por la raíz tendrá menos efecto. Se han demostrado interacciones entre microorganismos en la rizosfera, especialmente competencia y antagonismo entre saprófitos, así como entre saprófitos y patógenos de vegetales).

#### Control biológico de patógenos que crecen en el suelo

La vitalidad de los microorganismos y la complejidad de las interacciones entre los componentes del suelo, lo cual origina la estabilidad del equilibrio del suelo, en muchos casos - han permitido que, la agricultura y la industria produzcan cambios drásticos en los tipos de vegetación y las condiciones ambientales sin que haya degradación en el sistema del suelo, aun que por supuesto se producen cambios en las poblaciones microbianas debido a las diferentes formas de prácticas agrícolas y silvícolas y con diferentes cultivos.

#### Simbiosis

La simbiosis es la vida en común de dos organismos cualesquiera. Aunque se pueden distinguir varios tipos de interacciones, es esencialmente una serie continua desde el parasitismo o bligado hasta las asociaciones casuales de un organismo otro. Aún cuando muchas de estas asociaciones se han mencionado en capítulos anteriores, es conveniente considerar a todas estas - asociaciones.

#### Depredación y parasitismo

Los principales depredadores microbianos son los protozoarios, los cuales pueden ingerir

bacterias, y rara vez algunas algas e incluso otros protozoarios. Estos sistemas se han utilizado mucho en modelos y simulaciones de relaciones depredador-presa. En la forma más simple, la población de protozoarios (por ejemplo, *Tetrahymena*) está limitada por su alimento bacteria no (por ejemplo *Klebsiella*) y el número de presas y depredadores muestran oscilaciones cíclicas y el depredador que da un poco atrás que la presa en el tiempo.

Es muy común el parasitismo entre los microorganismos. Muchos son atacados por virus o bacteriofagos; se considera que estos desempeñan cierta función en la limitación de las poblaciones en los florecimientos de cianobacterias.

Algunos hongos, especialmente los quitridiales, parasitan a las algas y protozoarios en habitats acuáticos y son muy comunes. Existen hongos que parasitan a otros hongos. los llamados micoparásitos, en los que las hifas del parásito puede enroscarse alrededor de las hifas del hospedero o bien penetrarlas.

Ahora es obvio que existen casi todas las combinaciones posibles del hospedero y el parásito entre los diversos grupos de microorganismos y es probable, por ejemplo, que un hongo que parasita a una alga sea a su vez hospedero de bacterias y virus.

#### Comensalismo y amensalismo

Por lo general, las relaciones comensales son asociaciones menos estrechas en las cuales un organismo modifica el medio para su beneficio de otro sin que se afecte en si mismo. El ejemplo clásico de esta interrelación es el de un organismo que produce un nutriente que utiliza otro.

También hay relaciones comensales en las que un organismo produce enzimas que degradan el sustrato para que otro lo utilice. Los organismos capaces de hidrolizar la celulosa puede crear la base de la nutrición de grupos completos de organismos en una sucesión de residuos de plantas en descomposición. Otra posibilidad para el comensalismo es el suministro de sustancias inorgánicas: el oxígeno producido por las algas durante la fotosíntesis permite el crecimiento de las bacterias aeróbicas.

Por lo general, la producción de iones hidrogeno no tienen un efecto benéfico sobre otras poblaciones y tiende al amensalismo, en el cual los productos tóxicos de un organismo inhiben el crecimiento de otros. Por ejemplo, los organismos que oxidan el azufre, como *Thiobacillus*, y las bacterias de ácido láctico pueden producir y tolerar niveles muy bajos de pH que excluyen a otros organismos que no lo toleran. Quizás el ejemplo más importante del amensalismo es la producción de antibióticos.

Las concentraciones en el suelo o el agua son pequeñas, aunque puede haber una cantidad

suficientemente grande a escala de microhábitat como para inhibir el desarrollo de microorganismos que viven en las proximidades.

## Mutualismo

Se puede deducir el grado en que los organismos dependen entre sí, solo sabiendo si viven independientemente. Hay combinaciones particularmente importantes: arrecifes coralinos, nodulos de las raíces, micorrizas y las asociaciones del rumen y el ciego.

## Líquenes

Los líquenes han sido el material clásico para el estudio de las simbiosis mutualistas - microbianas. Por lo general, el hongo es un ascomiceto; se han descrito aproximadamente 20,000 hongos de líquenes; que representan aproximadamente 25% de los hongos conocidos. Se conocen únicamente 30 géneros de algas y cianobacterias que forman líquenes. Parece ser que los líquenes son polifiléticos, es decir que las asociaciones se han formado en muchas ocasiones con diferentes hongos. Las algas pasan hasta el 80% de su carbono fijado al hongo, pero los líquenes crecen solo lentamente a un cuando tengan suficientes nutrientes y un medio adecuado.

## Nódulos de raíces y otras asociaciones microorganismo-planta fijadora de nitrógeno

De las asociaciones simbióticas, las más importantes son aquellas en las que intervienen plantas no leguminosas y actinomicetes, así como las leguminosas y Rhizobium. Hay varias asociaciones de no leguminosas, siendo la mejor conocida en regiones templadas, aquella en la que el aliso (Alnus spp.) forma nódulos y fija nitrógeno eficazmente, por lo que tiene un efecto importante en el equilibrio del nitrógeno de algunos ecosistemas de bosques y en algunos suelos con bajo contenido de nutrientes. Interviene en dicha asociación es un actinomiceto (Frankia); recientemente se aisló en cultivo puro y se logró volver a inocularla para formar nódulos efectivos. La infección parece ser semejante a la de Rhizobium.

Frankia crece como filamentos y vesículas dentro de vacuolas rodeadas por membranas en la célula hospedera.

La asociación simbiótica de fijación de nitrógeno más importante y que mejor sea estudiada es indudablemente la que se establece entre Rhizobium spp. y varias leguminosas. Rhizobium vive libremente en el suelo, pero no fija nitrógeno en esta situación. En los últimos años se ha demostrado que fija el nitrógeno en el laboratorio en ausencia del hospedero cuando se les

agrega ácido carboxílico, pentosa y pequeñas cantidades de nitrógeno fijado. Esto confirma el hecho de que el Rhizobium mismo el que contiene toda la información genética necesaria para fijar nitrógeno, pero no implica que lo haya cuando vive en forma libre en el ambiente normal del suelo.

Los requerimientos de la energía de la fijación del nitrógeno limitan en gran medida o impiden el proceso por los organismos de vida libre en suelos agrícolas, pero en la rizosfera los exudados de la raíz pueden suministrar suficiente carbono utilizable para hacer posible la fijación, en especial con las altas tasas fotosintéticas que existen en los trópicos y con las plantas C<sub>4</sub>. Se han estudiado diversos microorganismos, en particular Azotobacter paspali en el mucilago y la rizosfera de Paspalum, y Azospirillum en muchas especies incluyendo el pasto tropical Digitaria decumbens y el maíz (Zea mays), aunque la fijación no es considerable en este último ( $7 \text{ kg N}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ).

Por lo general, los organismos que intervienen en la fijación de nitrógeno de esta manera incluyen especies de los géneros Chromobacterium, Klebsiella, Phyllobacterium o Xanthomonas

### Micorrizas

Hay dos tipos principales de micorrizas: las endotróficas (incluyendo los tipos vesicular arbuscular y de orquidea) y las ectotróficas. Las hifas se pueden encontrar dentro de las células y proporcionan a la orquidea carbohidratos y probablemente vitaminas y hormonas. En cultivo los hongos pueden utilizar carbohidratos insolubles como la celulosa mientras que el protocormo depende de un suministro exógeno de azúcares simples. Las orquideas maduras pueden producir azúcares, etc., por fotosíntesis. En ocasiones, sobre todo en la germinación de semilla y en la plántula, el hongo puede parasitar a la orquidea, por lo que la relación parece ser más bien inestable. Con frecuencia, los hongos de dicha asociación son especies del género Rhizoctonia. Las micorrizas ectotróficas son comunes en muchos árboles forestales, en particular en pinos, hayas y abedules en la región templada del norte. Forman una vaina en el exterior de las raíces y penetran entre las células corticales para formar la red de Hartig, aunque por lo general no aparecen en el interior de las células. Los géneros comunes de micorrizas pertenecen a los basidiomicetos, en particular Agaricales tales como Amanita, Tricholoma, Russula y Lactarius. Muchos de estos hongos, o al menos sus cepas micorrizicas, no tienen mucha capacidad para degradar carbohidratos complejos en cultivo.

Supuestamente reciben la mayor parte, si no es que toda, de sus carbohidratos del árbol hospedero y los convierten en manitol, trehalosa y glucogeno, los cuales el árbol no puede utilizar de modo que el movimiento de los carbohidratos es solo unidireccional. Esta es una forma de simbiosis en la cual los metabolismos de los organismos se complementan, aunque no dependen estrictamente unos de otros. La sintrofia permite la oxidación anaeróbica completa y eficiente de compuestos orgánicos a intensidades de luz muy bajas.

## 2.2.-Principales propiedades físicas y químicas que afectan a la microflora edáfica

### 2.2.1.-Textura

La porción inorgánica del suelo tiene un notable efecto sobre los habitantes microbianos, debido a su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes, irreacción y retención de agua. en la fracción mineral hay arcillas, y de acuerdo a su proporción es como se pueden llegar a determinar diferentes tipos texturales.

Frecuentemente se usan los términos ligero y pesado en el lenguaje común. Los suelos don de predominan las partículas grandes presentan una textura gruesa y se denominan ligeros. Por el contrario, los suelos pesados tienen una textura fina y en ellos predominan las partículas pequeñas. Debe de tenerse presente que la clasificación de textura tiene un propósito que va más allá de una simple subdivisión de nomenclaturas, debido a que la facilidad con que un suelo puede ser trabajado su aireación y sus relaciones de humedad-consecuentemente su actividad biológica están determinados en gran medida por su textura (Alexander, 1987).

En general, los suelos fértiles, de textura fina, altos en materia orgánica contienen mucho más microorganismos que los suelos de textura gruesa bajos en materia orgánica (Foth, 1972)

### 2.2.2.-Porosidad

El suelo es un medio poroso en el que normalmente las partículas sólidas que ocupan del 40 al 78% del volumen total del mismo. El espacio poroso entre las partículas sólidas está lleno de agua o de aire y proporciona algunas veces ventajas o desventajas para el desarrollo de la microflora edáfica dependiendo en la proporción en que estén, si existe exceso de humedad, la cantidad de aire presente se ve disminuido, por lo tanto disminuye la actividad y supervivencia de la microflora edáfica.

Por lo contrario si esta es muy reducida, los organismos no encuentran un óptimo de humedad y por ende no se desarrolla o se activa (Burgues, 1971).

La porosidad depende de la textura del suelo, la cual no se haya condicionada por la proporción relativa de los distintos tamaños de partículas existentes, y de la estructura del suelo que depende a su vez del modo de agregación de las partículas individuales (Burgues, 1971).

### 2.2.3.-Humedad

El contenido óptimo de agua de los suelos, considerando una relación con el crecimiento de la planta-actividad microbiana, es de alrededor de 2/3 del estado de saturación. Bajo estas condiciones las labores culturales pueden realizarse y la actividad biológica es máxima; en consecuencia la actividad de los organismos está directamente relacionada con la cantidad de agua disponible del suelo (Palmer, 1979).

En los suelos con exceso de humedad son desfavorables para muchos microorganismos del suelo, simplemente porque llenan los espacios porosos con agua disminuyendo la aireación de estos (Burgues, 1971).

La humedad es un factor principal que afecta el número y las actividades de los microorganismos del suelo. La influencia de la humedad dependen en gran parte de la naturaleza del suelo y de la cantidad óptima de agua para la mayoría de los organismos del suelo es entre 50 y 70% de la capacidad de retención de agua del suelo, casi la misma para la mayoría de las plantas superiores.

La mayor parte de los microorganismos son aeróbicos y tal vez sólo unas cuantas bacterias y algas pueden tolerar suelos saturados de agua. Los actinomicetos son particularmente capaces de permanecer activos cuando el suelo se seca y pueden tolerar suelos con agua. En el suelo cuya humedad se encuentra en el punto de marchitamiento, la materia orgánica se descompone con la mitad de la rapidez que lo hace cuando la humedad del suelo llega a su capacidad de campo (Foth, 1972).

### 2.2.4.-Temperatura

Es un factor que influye en la población de los organismos tanto en cantidad como en actividad. La escala de temperatura óptima para los microorganismos es de 25<sup>o</sup> a 35<sup>o</sup> C, aunque puede crecer en una variación bastante amplia de temperaturas y pueden adaptarse rápidamente a cambios graduales en la temperatura (Foth, 1972).

La temperatura en la superficie del suelo desnudo sigue estrechamente las variaciones que tiene la temperatura del aire, pero una cubierta vegetal atenúa las variaciones diarias y estacionales de la temperatura del suelo, lo cual es cada vez menos variable al aumentar la profundidad, por debajo de los 20cm, casi no hay variación diurna de la temperatura del suelo, se pueden esperar diferencias en las poblaciones de organismos al detectarse diferencias drásticas de la temperatura (Jackson, 1981).



### 2.2.5.-pH

El pH es una de las propiedades que afecta mayormente a la abundancia relativa de los diferentes microorganismos del suelo y en sus actividades, esto va a depender que tanta acidez o alcalinidad haya presente tipo de organismo se encuentran tolerantes a ese pH (Foth, 1988).

Por ejemplo las condiciones altamente ácidas o alcalinas tienden a inhibir a muchas bacterias comunes ya que para la mayoría de las especies el óptimo está cercano a la neutralidad (Alexander, 1987).

En el caso de los actinomicetos, estos, no toleran valores bajos de pH y el tamaño de la comunidad esta relacionada directamente la concentración del ión hidrógeno; y en medios altamente ácidos los actinomicetos constituyen con frecuencia menos del 1% del número total variable (Alexander, 1987).

Para los hongos el pH es una de las principales variables que regulan su actividad y la composición de la flora. Poseen un amplio rango de pH desde 2.0 a 9.0 más, debido a que las bacterias y actinomicetos no son muy comunes en habitats ácidos, en las áreas de pH bajo los hongos dominan la comunidad microbiana.

Esto no es consecuencia de que los hongos encuentren su óptimo en condiciones ácidas, si no es resultado de la sucesión de la competencia microbiológica por reserva alimenticia (Alexander, 1987).

Y por último las algas se ven afectadas por la acidez, ya que ésta es la que determina la composición cualitativa de la microflora fotoautotrófica. Cada cepa tiene un pH óptimo y un intervalo fuera del cuál el organismo es incapaz de multiplicarse (Burgues, 1971).

### 2.2.6.-Materia orgánica

Es el factor que limita el desarrollo de los microorganismos edáficos, es la escasez de alimento o carencia de una fuente de energía apropiada disponible, por consiguiente cualquier adición de material energético al suelo provocará un incremento en la actividad microbiana o bien la puede alterar (Burgues, 1971).

La actividad de la microflora edáfica esta afectada principalmente por la cantidad o actividad de la materia orgánica del suelo, y la disponibilidad de los compuestos inorgánicos ya que estos son los que darán el sustento alimenticio y energético a los organismos.

Casi todas las sustancias orgánicas naturales más temprano o más tarde pasaran al suelo. Cualquier planta o animal contienen un gran número de sustancias químicas que quedan incorporadas al suelo cuando los organismos mueren;

quedando disponibles sus componentes por la actividad de los microorganismos (Alexander, 1987).

Segun Walkely-Black, existen suelos extremadamente pobres, medianamente pobres, medianos, medianamente ricos, y extremadamente ricos en materia orgánica, esto va a depender del porcentaje de materia orgánica presente en el suelo (Cuadro 2).

Cuadro 2

1.-Clasificación tentativa para materia orgánica propuesta por el Doctor Moreno Damber - (Jackson, 1982).	
Metodo Walkely-Black	
Clasificación	Materia orgánica
1.-Extremadamente pobre	menos de 0.60
2.-Pobre	1.21-1.20
3.-Medianamente pobre	1.21-1.80
4.-Mediana	1.81-2.40
5.-Medianamente rica	2.41-3.0
6.-Rico	3.01-4.20
7.-Extremadamente rico	mayor de 4.20

## 2.3.-Fertilización

La fertilidad de un suelo, es importante, ya que es la capacidad para desarrollar cosechas y ésta influenciada por los nutrientes y el agua suministrados y por las condiciones generales de crecimiento de las raíces de la planta. La baja fertilidad del suelo puede deberse a una escases de nutrientes o a la presencia de sustancias tóxicas. Estas pueden estar presentes en suelos muy ácidos o donde se han distribuido desperdicios industriales, urbanos o plaguicidas.

La fertilidad de los suelos significan, su productividad, debido a que los fertilizantes agregan nutrientes adicionales, elevan la fertilidad del suelo y no hay informes de que su uso causa daños permanentes en el suelo, a menos que la dosis utilizada para la fertilización este muy por encima de lo recomendado o bien su uso sea excesivo y durante un tiempo muy prolongado.

Los abonos orgánicos proporcionan nutrientes que ya han contribuido al desarrollo de cultivos que a su vez han participado en la formación de estercoles; estos abonos también modifican las condiciones del suelo y mejoran el medio para que las plantas puedan desarrollarse.

Los fertilizantes tienen poco efecto directo para modificar las condiciones del suelo, a pesar de que obtienen de los fertilizantes, dejan mayores residuos que se agregan a los suelos como materia orgánica.

Los abonos y los fertilizantes inyectan tanto al ciclo de crecimiento, como al de putrefacción, cantidades adicionales de nutrientes, mejorando de esta manera la fertilidad. Ellos son esenciales para elevar el nivel general de los rendimientos de las cosechas y para restituir los abastecimientos de nutrientes que se pueden ver afectados cuando un sistema agrícola es cambiado (Cooke, 1979).

### 2.3.1.-Gallinaza

Los abonos de las aves o la gallinaza, varía en su composición de acuerdo con el tipo de ave que los produce, la forma en que son criadas y alimentadas. La mezcla de la gallinaza con arena baja su concentración, así mismo la exposición prolongada o el mal almacenaje, ocasiona una pérdida seria de nitrógeno. La gallinaza fresca contiene el doble de nitrógeno, mucho más fósforo y casi tanto potasio como el estiércol de granja. En suelos húmedos, alrededor de la mitad del nitrógeno total presente en la gallinaza y las camas gruesas se considera equivalente a la misma cantidad que pudiera aportarse como fertilizante nitrogenado inorgánico, pero la proporción que es útil de inmediato en los compost varía de acuerdo con su composición y estado de madurez. La gallinaza fresca puede contener de 0.9 a 1.5% de nitrógeno, menos del 1% de  $P_2O_5$  y de 0.4 a 0.6% de  $K_2O$ .

al ácido úrico de la gallinaza fresca lo descomponen microorganismos que los forman en amoníaco, el cual se pierde con facilidad si el estiércol se deja expuesto al aire, secándolo con calor rápidamente se detienen esas pérdidas, pero para ello se requiere de un equipo especial. Otra forma de evitar esas pérdidas consiste en agregar a cada tonelada 50 kgs. de superfosfato (Gutierrez, 1980).

O bien puede evitar la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco y el potasio de la gallinaza evitando que se moje la gallinaza, para así poder evitar pérdidas por lixiviación (Macías, 1975).

Las aplicaciones de gallinaza en primavera mostraron una eficacia del 50 % en términos de nitrógeno total en comparación con fertilizante nitrogenado aplicado en la misma época (Gutierrez, 1980).

### 2.3.2.-Superfosfato simple

Los fertilizantes simples son aquellos que únicamente contienen un sólo elemento nutriente y generalmente son los fertilizantes nitrogenados como son el amoníaco, nitrato de amonio y sulfato de amonio. El principal constituyente de estos compuestos es el nitrógeno.

Los fertilizantes compuestos llamados comúnmente fórmulas poseen en su estructura además de nitrógeno, potasio y fósforo y se representan por porcentaje en el orden respectivo (% N, % P, % K) (Lopez, 1973).

El superfosfato simple se obtiene mezclando ácido sulfúrico y roca fosfórica, obteniéndose superfosfato simple con un contenido del 20 % de  $P_2O_5$ ; son sales completamente solubles en el agua y semejantes de amonio dibásico, actúan rápidamente.

Otro tipo de superfosfato es granulado, con el 11 % de nitrógeno y 48 % de  $P_2O_5$  soluble en agua.

Algunos de los efectos de los abonos fosfatados son:

1. —Aportación de nutrientes (aporte de fosfato); a) elementos nutritivos: azufre, calcio, magnesio, manganeso; b) sustancias útiles: sodio y sílice.
2. —Aportación de sustancias que mejoran la estructura: cal, calcio y yeso.
3. —Variación del pH del suelo
  - a) acidificación, con efecto positivo y negativo (puede ser positiva la movilización de sustancias nutritivas del suelo especialmente oligoelementos).
  - b) aumento del pH con efecto positivo y negativo (son positivos, por ejemplo, la disminución de los daños por acidez y la movilización del molibdeno).

4. - Inmovilización de metales pesados (necesarios o perjudiciales) por una presencia de fósforo extremadamente elevada (Finck, 1985).

### 2.3.3. Urea

Es un cuerpo perteneciente al grupo de las amidas, que posee un 46% de nitrógeno amoniacal, o, más exactamente, ureico. La densidad de la urea es pequeña: 50 Kg ocupa un volumen de 68 a 73 litros, según su grado de apelmazamiento.

Bajo la acción de una diastasa particular, la ureasa, segregada por ciertas bacterias, la urea se hidroliza en el suelo y pasa al estado de nitrógeno amoniacal, que a su vez se nitrifica. Mientras que la urea no se haya hidrolizado, desciende a través del suelo como un nitrato, ser retenida por el poder absorbente. Una vez hidrolizada, se comporta como un abono amoniacal.

La utilización de la urea por la planta necesita por lo tanto, la acción previa de una diastasa microbiana; la ureasa. Por lo tanto, una buena actividad microbiana y una riqueza satisfactoria en humus favorecerán la hidrólisis es un fenómeno rápido, 3 a 4 días en el suelo bien provistos de materia orgánica; mas lento en los suelos pobres en humus, biológicamente activos o muy ácidos, o incluso por tiempo frío y seco.

La posibilidad que tiene la urea de descender en el perfil del suelo, como los nitratos, antes de su hidrólisis, puede ser una ventaja para llevar al nitrógeno en profundidad, pero puede ser un inconveniente en casos de lluvias fuertes desmes de la aplicación.

La urea no es exigente en cuanto a la naturaleza del suelo, con excepción de los suelos muy ácidos, que son pocos activos biológicamente. En los suelos moderadamente ácidos, se puede apreciar que la urea no deja ningún ión ácido en el suelo y que el amoníaco liberado después de la hidrólisis eleva temporalmente el pH en una magnitud de medio punto (Gross, 1981).

### III.-Localización de la zona de trabajo

El municipio de Chapa de Mota se encuentra en el estado de México y abarca una extensión de 299 Kilometros cuadrados, la cual viene a constituir el porcentaje de la superficie estatal total de 1.4%.

La cabecera municipal se sitúa a los  $19^{\circ} 49' 52''$  de latitud norte; y a los  $99^{\circ} 31' 50''$  al oeste del meridiano de Greenwich. Los límites del municipio Edo. de Mex. de Chapa de Mota son los siguientes; al norte limita con Jalisco, al noreste con Tepejil del Río (Estado de Hidalgo); y al suroeste con Villa del Carbón, al oeste con San Andrés Tzimilpan y al sureste con San Bartolo Morelos.

Se tiene acceso al lugar por la carretera federal número 57 y posteriormente tomando la desviación a Jilotepec por la carretera federal número 13 Naucalpan-Villa del Carbón (Mapa --- num. 11).

Las cadenas montañosas ubicadas en el municipio se pueden dividir en dos secciones: las que van en dirección de Villa del Carbón, Morelos y Tlaxiupan, teniendo como eje a Chapa de Mota, y las que se orientan hacia Tepej del Río y Jilotepec, entre las Animas, Chapa del Viejo, Piedras coloradas, las Mesas, Yadení, Eodenquí, Yonti, Las Palomas, La campana, Docuay, y Yifi ní. En la segunda sección se localizan lo cerros de: El ojo de agua, Los Baños, el Fresno, Cerro Verde, Las Pilas, el Pañete, el Campamento, el coyote y el castillo. Estas dos cadenas montañosas dan lugar a un prolongado valle. Predomina el relieve poco accidentado presentando planicies con pendientes no mayores del 10%. zonas muy localizadas se presentan elevaciones hasta de 30 y 40%. estas elevaciones pertenecen al extremo occidental del conjunto Sierra de las Cruces-Eje Nevolcánico.

El lugar tiene una geología predominante ígnea, siendo los tipos de rocas más comunes el basalto y la andesita, con algunos afloramientos, menos comunes de toba y brecha volcánica.

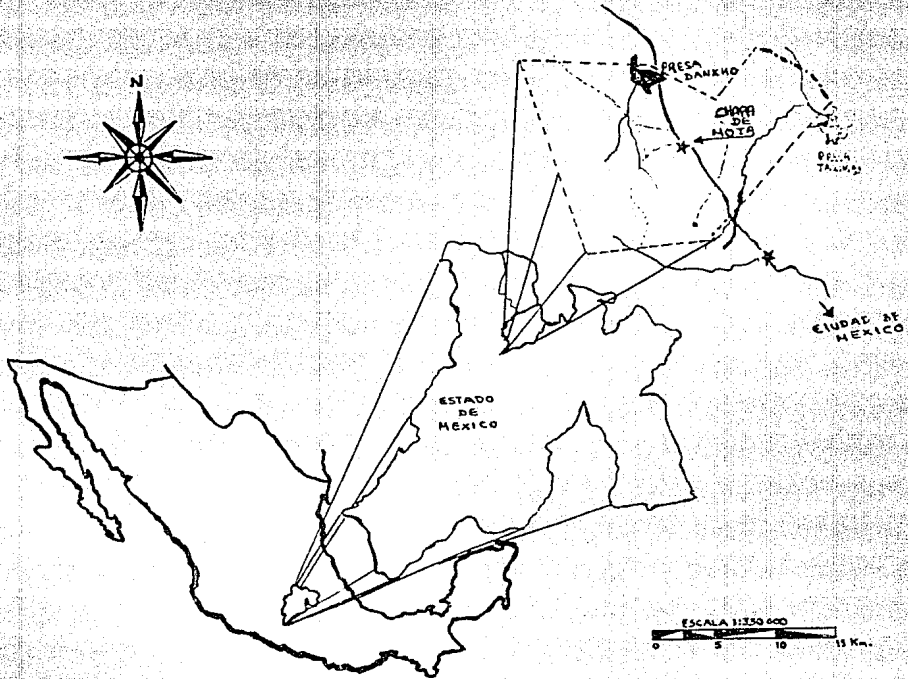
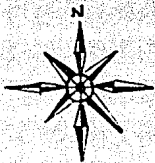
Se tiene en menor grado rocas sedimentarias siendo las más comunes las areniscas y conglomerado y no se tiene afloramientos de rocas metamórficas. Se encuentran, además, zonas de suelos residuales y sedimentos aluviales. (Centro estatal de estudios municipales, 1988).

En el municipio existen suelos arcillosos, arenosos, de tierra negra y de tierra colorada. Su suelo es propicio para la agricultura de temporal y riego, cuenta con una superficie total de 24 948.68 hectareas, de las cuales 7650.58 se destinan a la actividad agrícola, 6416.05 a la pecuaria y la región forestal cubre 14 154.93 hectareas.

En la zona se encuentran localizadas una gran variedad de suelos donde destacan los siguientes:

1. -- Los andosoles mólicos en las zonas boscosas de SSW del municipio.
2. -- Se encuentran vertisoles en las zonas con pendientes bajas.
3. -- Hay planosoles mólicos en zonas donde casi no hay pendientes.
4. -- Se encuentran litosoles en zonas muy localizadas y aisladas del municipio.
5. -- Los suelos feozem predominan en las zonas localizadas en el NNE del municipio. En este suelo es donde se llevo a cabo el presente trabajo y posee las siguientes características físicas y químicas; son suelos que se caracteriza por ser, isohúmicos expardecidos; Brunisems o phaeozems, pH un poco ácido de 5.5 a 6, son suelos fértiles, que se utilizan en el cultivo de gramíneas.

50



ESCALA 1:1350 000



ESTADO DE MEXICO  
CERRILLO DE MOYA  
PR. 4 TALLAS  
CIUDAD DE MEXICO

Presentan una distribución uniforme de la arcilla y del hierro libre. El hierro libre puede ser relativamente abundante (aveces del 1 al 3%). La arcilla se compone exclusivamente de illitas y montmorillonita, en proporciones sensiblemente equivalentes.

El humus evoluciona por maduración lenta, lo que causa el color negro (o al menos oscuro) característico de estos suelos.

La vegetación climática de los suelos isohúmicos no es, por consiguiente el bosque, sino una vegetación en la que domina la presencia de gramíneas que juegan un papel determinante en la evolución de los suelos (Duchaufour, 1984).

En la zona de trabajo, los cultivos que se presentan son de maíz, trigo, cebada. El uso pecuario está representado por pastizales inducidos, presentando problemas de erosión hídrica de moderada a fuerte. El uso forestal se encuentra representado por bosques de Quercus y algunos manchones de Pinus sp., en zonas de difícil acceso.

La zona presenta una temperatura media anual que oscila entre los 40 °C y los 16 °C. La precipitación media anual está entre los 1800 y los 1200 milímetros, en la temporada seca presenta una precipitación entre 5 y 112 milímetros de precipitación promedio. La frecuencia de heladas es de 60 a 80 días al año.

El clima de Chapa de Mota es semifrío y húmedo, con lluvias en verano. El clima tipo C(w2) (wb)(i')g.

En cuanto a su hidrografía, Chapa de Mota queda comprendida en la región hidrológica del Alto Pánuco, siendo ésta una de las regiones hidrológicas más importantes de la República Mexicana (la sitúan dentro de las cinco más grandes del país), tanto por el volumen de sus superficies).

Es importante hacer notar que en el Municipio de Chapa de Mota y Villa de Carbón, se origina el nacimiento del Río Pánuco, con los ríos San Rafael y San Jerónimo, mismos que alimentan a la Presa Taxhmay, concesionada al estado de Hidalgo. (Centro estatal de estudios Municipales, 1980).



## IV.-Objetivos

**Objetivo General:** Analizar la variación de la microflora edáfica presente en un terreno de cultivo de gramíneas (Triticale), tratado con un abono orgánico (gallinaza) y un fertilizante químico (mezcla de úrea y superfosfato simple).

### Objetivos particulares:

1. -- Realizar la determinación de la microflora presente en el suelo, de ser posible hasta género.
2. -- Determinar la distribución y abundancia de la microflora edáfica, como hongos, bacterias, actinomicetos y algas, antes y después de la aplicación de gallinaza y la mezcla de úrea y superfosfato simple.
3. -- Analizar el comportamiento de la microflora edáfica en relación con la fertilización del suelo.
4. -- Determinar las características físicas y químicas del suelo, que influyen más en el desarrollo de la microflora edáfica, como son: textura, densidad aparente, porosidad, humedad, pH y materia orgánica.

## V.-Metodología

El trabajo comprende tres fases: campo, laboratorio y gabinete.

### 1) Fase de campo.

#### Elección del sitio de muestreo

Fue seleccionada una parcela dentro del rancho del complejo de riego denominado Intermex, localizado en la carretera estatal número 13, Mucalpan-Villa del Carbón, en el Municipio de Chapa de Mota en la región Norooccidental del Estado de México, tal parcela fue destinada para el cultivo de trigo (Triticale sp.).

En el presente estudio se utilizó un diseño experimental de parcelas distribuidas al azar, en las cuales se llevaron a cabo el desarrollo del cultivo de Triticale, con una fertilización con gallinaza y una mezcla de urea más superfosfato simple.

El experimento radica en la toma de muestras de suelo durante el desarrollo del cultivo antes y después de la fertilización, teniendo en cuenta el diseño experimental de parcelas distribuidas al azar previamente establecido.

El diseño experimental utilizado fue de tipo trifactorial, donde el primer factor fue el tipo de fertilización, el segundo la dosis y el tercero la densidad de la microfiorredáfica a través del tiempo, con una distribución completamente al azar en un suelo homogéneo, el cual se divide en unidades experimentales llamadas subparcelas (Payson, 1981).

La instalación del experimento fue establecida en una parcela de área 10m x 20m, dividida en 44 subparcelas de 2m x 1m y habiendo 1m de separación entre cada una de ellas, distribuida en el orden que muestra el diagrama A.

DIAGRAMA A

Dosis aplicadas a las subparcelas.

1.-2.5 ton/ha gallinaza

2.-7.5 ton/ha gallinaza

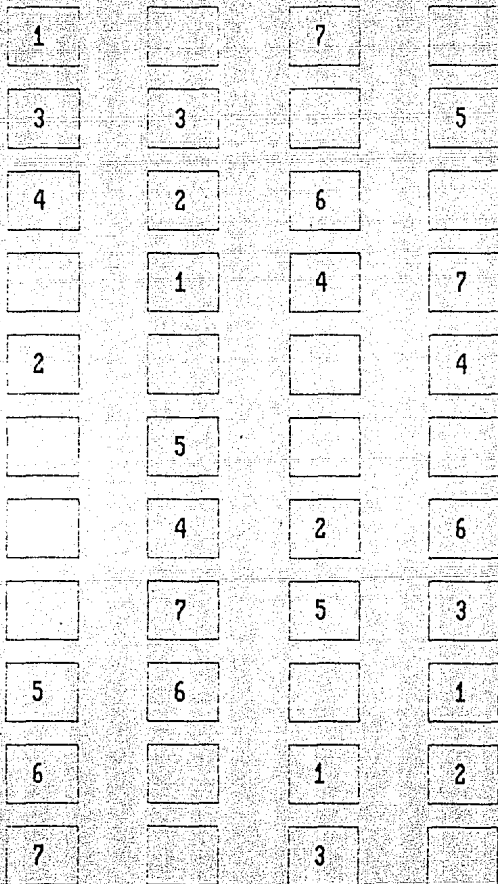
3.-20-40 urea-superfosfato simple

4.-60-120 urea-superfosfato simple

5.-20-40 urea-superfosfato simple-2.5 ton/ha de gallinaza

6.-40-80 urea-superfosfato simple-5.0 ton/ha gallinaza

7.-Testigo (sin abono ni fertilizante).



La forma en que efectuaron la fertilización al terreno de cultivo fue mediante el azar, por medio de la cuál quedaron las subparcelas que contenían gallinaza, mezcla de urea más superfosfato simple, gallinaza más urea más superfosfato simple, distribuidas al azar en todo el terreno de cultivo.

De tal diseño experimental fueron tomados los diferentes muestreos del suelo, para observar las posibles modificaciones causadas por la fertilización sobre la microflora edáfica y en algunas condiciones físicas y químicas del suelo.

Las subparcelas que fueron muestreadas fueron las que contenían las siguientes dosis:

- 1.-2.5 ton/ha gallinaza
- 2.-7.5 ton/ha gallinaza
- 3.-20-40 urea-superfosfato simple
- 4.-60-120 urea-superfosfato simple
- 5.-20-40 urea-superfosfato simple - 2.5 ton/ha gallinaza
- 6.-40-80 urea-superfosfato simple - 5.0 ton/ha gallinaza
- 7.-Testigo (sin aplicación de fertilización). (Diagrama 0)

Fueron realizados seis muestreos correspondientes a los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio. Que comprenden la época de descanso, durante el cultivo y después de la cosecha.

La aplicación de las diferentes dosis de fertilización la llevaron a cabo en el mes de abril y se realizó al voleo.

El muestreo se realizó, tomando muestras compuestas de cada uno de los 7 tratamientos, con 4 repeticiones cada uno, las cuales formaron la mezcla compuesta final, para cada uno de los respectivos tratamientos.

Para cada muestreo fueron tomadas muestras compuestas a una profundidad de 0-40cm, eligiéndose esta profundidad debido a que la microflora edáfica en su mayoría se encuentran en los primeros 40cm (capa arable), ya que es en esta zona donde se encuentran una mayor cantidad de oxígeno, materia orgánica y humedad adecuada para el desarrollo (Alexander, 1987).

Obtendiéndose las muestras compuestas, fueron colocadas en bolsas de polietileno previamente etiquetadas, llevándose al laboratorio lo más prontamente posible, teniendo cuidado en su manejo sin exponerlas al sol y manteniendo su humedad, para evitar alteraciones a la microflora.

Las muestras se mantuvieron en refrigeración durante el desarrollo de los tratamientos del laboratorio para evitar variaciones en las poblaciones microbianas.

## II.-Fase de laboratorio

Esta fase se divide en análisis microbiológico y en análisis físico y químico de algunas propiedades del suelo.

La fase microbiológica consiste en:

De cada una de las muestras fue preparada una dilución de suelo en agua esteril como una concentración  $1 \times 10^{-5}$  a partir de la cual se hizo una siembra de placas de agar y una purificación de la colonia por el método de estrias en tubos con agar inclinado para su posterior determinación.

Para la realización de la siembra fueron utilizadas cajas petri esterilizadas, medios generales (Apendice no. 1) manteniendose en incubación en una temperatura de  $25 \text{ a } 28^{\circ} \text{C}$  durante 2-5 dias.

Una vez que fue observado el desarrollo de los microorganismos se prosiguió de la siguiente forma:

### Bacterias

Se aislaron del medio general agar de infusión de cerebro y corazón y de cada una de las colonias de bacterias, fueron anotadas sus características como tamaño, color, brillo, tipo de crecimiento y borde. Además se realizó una observación directa al microscopio "in vivo", para observar su movimiento, esta fue hecha tomando una fracción de la colonia, diluyendola en agua destilada. También se utilizó la tinción de gram, para ubicarlas dentro de las gram positivos o los gram negativos (Pelczar, 1982).

Posteriormente se procedió al aislamiento de estas colonias en medios de cultivos específicos para su purificación y determinación.

Fueron utilizados medios específicos a una temperatura de  $28^{\circ} \text{C}$  incubados de 2 a 5 dias, para la familia Enterobacterias, Pseudomonas, y en algunos casos fueron utilizados medios específicos para los géneros Mitrosomona, Rhizobium, Nitrobacter (apendice no. 1).

### Hongos

Para la determinación de los hongos, primeramente fueron incubados en un medio de agar -

Dextrosa Sabourad a una temperatura de 25 a 28 °C durante 2 - 5 días y se anotaron sus características, tales como color, y forma de colonia y en algunos casos su textura. Luego se observaron al microscopio mediante los métodos de cinta adhesiva, tinción con lactofenol azul de algodón, según con Koneman, 1985, para conocer sus características morfológicas como micelio y estructura reproductiva y así llegar a su determinación mediante claves (Ulloa, 1998).

#### Actinomicetos

Para la determinación de los actinomicetos se empleó el medio general utilizado para las bacterias a una temperatura de 29 °C incubado de 2 - 5 días, haciendo observaciones de las colonias, de su forma color, consistencia, borde, textura, presencia de olor, además se hicieron preparaciones en agua para observar al microscopio el micelio y el tipo de espora, (Koneman, 1985) para su posterior determinación.

#### Algas

Estas fueron sembradas en el medio Bristol (apendice), incubados a una temperatura ambiente, cerca de una fuente solar o luz, durante 1 mes, al cabo de este tiempo se observó si hubo desarrollo, posteriormente las algas encontradas se determinaron mediante claves. Esta determinación fue realizada en preparaciones semipermanentes de las algas y observadas directamente al microscopio.

En la fase de laboratorio, los análisis físicos y químicos practicados al suelo fueron:

- Textura; Método de Bouyoucos, (1926) citado por Miramontes, 1970.
- Densidad aparente; por el método de la probeta citado por Thompson, 1982.
- Densidad real; por el método del pycnómetro citado por Thompson, 1982.
- % de espacio poroso; Utilizados los valores de densidad aparente y real (Thompson, 1982).
- Contenido de humedad; mediante una estimación de la diferencia de peso de la muestra húmeda y la seca al horno citado por Thompson, 1982.
- Materia orgánica; utilizando el método de Walkley y Black, 1947 descrito en Rios, op. cit.
- Potencial de Hidrógeno (pH); 1:2.5 por el método de potenciométrico con electrodo de vidrio -- (Soreusen, 1989 Referido en Rios, 1981).

### III.-Fase de gabinete

Consistió en una revisión y selección de información acerca de:

- Descripción de la zona de trabajo: hidrología, clima, tipos de suelo y localización geográfica
- Características de los grupos de la microflora edáfica.
- Técnicas y medios de cultivo para la microflora edáfica en estudio.
- Identificación de los microorganismos.
- Influencia en la microflora edáfica de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Todo lo anterior como base para el análisis y discusión de los resultados de la influencia de la fertilización, en el desarrollo de la microflora edáfica presente.

Se realizó el análisis estadístico no paramétrico de los datos obtenidos utilizando la prueba de H Kruskal-Wallis.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^K \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N-1)$$

$N$  = número total muestras u observaciones

$K$  = número de muestras

$n_j$  = número de observaciones en la  $j$ -ésima muestra

$R_j$  = suma de rangos en la  $j$ -ésima muestra

El procedimiento que se habrá de seguir en la prueba es convertir cada observación en un rango. Esto se logra considerando todas las observaciones como si perteneciesen a una muestra única. El valor más bajo recibe el rango de 1, el que le sigue, un rango de 2 y así sucesivamente, hasta que se les haya asignado rango a todas las observaciones. A los empates se les asigna los valores promedio que hubieran recibido si los valores fueran ligeramente diferentes. Por ejemplo, si hay dos valores empatados respecto al valor inferior, en lugar de tener las jerarquías 1 y 2, tendrían un valor de 1.5.

La suma de rangos de cada muestra, los tamaños muestrales y el número total de observaciones se utilizan para calcular el valor estadístico de  $H$ .

Si la hipótesis nulas de medias iguales es verdadera, los rangos deberán estar muy dis-

persos entre la muestras. El valor estadístico de la prueba  $H$ , tendrá una distribución ji cuadrada  $k-1$  grados de libertad. De ahí que el valor calculado de  $H$  se puede calcular y comparar con un valor tabulador de ji-cuadrada. Y la hipótesis nula sea rechazada si el valor calculado es mayor que el valor tabulador a nivel de significación deseado (Ya-lun-chou, 1986).



R

E

S

U

L

T

A

D

O

S

En la realización del presente trabajo los datos obtenidos durante el mismo se arreglan en tablas y gráficas para su mejor entendimiento. En la tabla uno estan las propiedades físicas y químicas del suelo para los dos primeros muestreos correspondientes a los meses de febrero y marzo, los que corresponden a la época de descanso del suelo de cultivo, el cual presenta ba desechos de la cosecha anterior y en donde dicho suelo había sido barbechado. Esta tabla muestra datos de textura, densidad real, densidad aparente, porcentaje de espacio poroso, porcentaje de humedad, pH, porcentaje de materia orgánica.

En la tabla dos se tienen los resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo correspondientes a la época de siembra, crecimiento y desarrollo del cultivo: (abril, mayo y junio), así como la cosecha (julio), obteniéndose un sólo resultado para todos los muestreos de textura, densidad aparente, densidad real, porcentaje de espacio poroso, ya que estas características edáficas no cambian tan bruscamente en el lapso de unos meses, a diferencia del porcentaje de humedad, pH y porcentaje de materia orgánica, los cuales si cambian a través del tiempo.

En la tabla tres se presentan los resultados estadísticos obtenidos de análisis no paramétrico aplicando la prueba H Kruskal-Wallis, con una significancia del 5%, mostrando si existen diferencias significativas o no, al ser aplicados los diferentes tratamientos de fertilización para las propiedades físicas y químicas del suelo.

La tabla cuatro reúne la información acerca de la densidad de microorganismos por gramo de suelo para los muestreos de los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio, es decir todo el desarrollo del experimento hasta su termino, analizando dichos resultados con los valores promedios que se muestran.

Encontrándose presentes en todo el estudio los hongos, bacterias y actinomicetos de mayor a menor densidad respectivamente. Dichos valores se muestran representados en las graficas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, con los respectivos mensuales.

En dicha tabla se excluyen los datos de las algas, ya que al analizar su distribución y a bundancia se encontraron en una concentración muy baja y para no incurrir en errores de cuantificación se realizo solo un análisis cualitativo de ellas.

En la tabla cinco se muestran los resultados estadísticos obtenidos al realizar el análisis no paramétrico, por medio de la prueba de Kruskal-Wallis, para determinar si existian diferencias significativas en los resultados obtenidos de las densidades de hongos, bacterias y actinomicetos por gramo de suelo, al ser aplicados los diferentes tratamientos de fertilización.

La tabla seis nos muestra el listado de la microflora edáfica encontrada, estando los hongos representados por familias Dematiaceae, Moniliaceae y Tuberculariaceae y seis géneros, para las bacterias con las familias Pseudomonadaceae, Enterobacteriaceae, Nitrobacteriaceae, y

Rhizobiaceae y dos géneros y para los actinomicetos las familias Actinomycetaceae, Nocardiaceae y Micromonosporaceae y dos géneros, para las algas las familias Clorofiaceae y Cianoficeae, y cuatro géneros.

Por último en la tabla siete los valores de densidad de los microorganismos por gramo de suelo para los diferentes grupos encontrados de las diferentes familias y géneros de hongos, bacterias y actinomicetos. Se muestran en la tabla siete.

Tabla 1.-Propiedades físicas y químicas del suelo para el muestreo 1 (febrero) y muestreo 2 (marzo).

Tabla 1.-Propiedades físicas y químicas del suelo para el muestreo 1 (febrero) y muestreo 2 (marzo).

Propiedad	muestreo 1	Muestreo 2
Clase textural	Migajon arcillo limosa arena 7% limo 63% arcilla 30%	
Densidad aparente (g/ml)	1.09	1.07
Densidad real (g/m)	2.28	2.30
% Espacio poroso	52.07	53.22
% Humedad	23.30	25.47
pH (en agua 1:2.5)	5.28	5.35
% de Materia orgánica	3.55	3.29

No Existe

Página

Tabla 3.-Resultados estadísticos al aplicar la prueba H Kruskal-Walis a las propiedades físicas y químicas del suelo.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO	H PRUEBA KRUSKAL - WALIS					
	FERTILIZACION			A TRAVES DEL TIEMPO		
	H TEORICA	H CALCULADA	DIFERENCIA SIGNIFICATI- VA	H TEORICA	H CALCULADA	DIFERENCIA SIGNIFICATI- VA
DENSIDAD APARENTE	18.54	18.89	NO	12.83	2.76	NO
DENSIDAD REAL	18.54	17.45	NO	12.83	4.11	NO
% ESPACIO POROSO	18.54	15.86	NO	12.83	11.95	NO
% HUMEDAD	18.54	4.49	NO	12.83	18.93	SI
PH	18.54	0.5972	NO	12.83	23.89	SI
% MATERIA ORGANICA	18.54	4.97	NO	12.83	13.13	SI

Nota: Existe diferencia significativa cuando el valor de la H calculada es mayor que la H teórica.

No existe diferencia significativa cuando la H calculada es menor que la H teórica.

5  
 Tabla 4.-Densidad de Microorganismos x 10<sup>5</sup> / gramo de suelo

MUESTREO	TRATAMIENTO	HONGOS X 10 <sup>5</sup> / G DE SUELO	BACTERIAS X 10 <sup>5</sup> / G DE SUELO	ACTINOMICETOS X 10 <sup>5</sup> / G DE SUELO
1 (FEBRERO)	---	6	37	3
2 (MARZO)	---	9	54	4.5
3 (ABRIL)	1	9	15	6
	2	15	15	6
	3	3	12	6
	4	15	18	6
	5	12	18	6
	6	15	9	6
	7	6	12	6
	PROMEDIO X=	10.7	14.1	3.8
4 (MAYO)	1	12	9	3
	2	18	9	6
	3	6	9	3
	4	6	9	3
	5	12	6	3
	6	12	9	3
	7	9	3	3
	PROMEDIO X=	10.7	7.3	3.4
5 (JUNIO)	1	12	12	3
	2	18	9	6
	3	9	6	3
	4	12	6	3
	5	15	6	3
	6	18	6	3
	7	9	3	3
	PROMEDIO X=	13.2	6.9	3.4
6 (JULIO)	1	9	3	3
	2	12	6	3
	3	6	6	3
	4	6	6	3
	5	9	3	3
	6	12	3	3
	7	6	3	3
	PROMEDIO X=	8.5	3.8	1.3

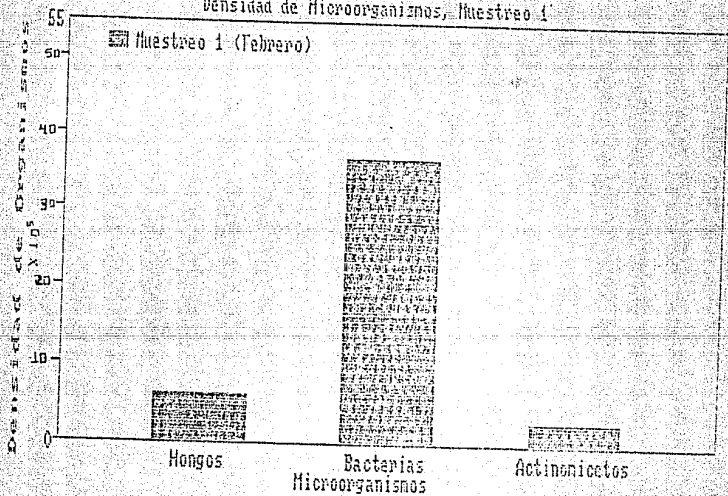
Tabla 2.-Propiedades físicas y químicas del suelo en los muestreos de abril, mayo, junio y julio

TRATAMIENTO NUMERO	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE (g/ml)	DENSIDAD REAL (g/ml)	ESPACIO POROSO (%)	MUESTREO 3 ABRIL			MUESTREO 4 MAYO			MUESTREO 5 JUNIO			MUESTREO 6 JULIO		
					HUMEDAD (%)	pH EN AGUA 1:2.5	MATERIA ORGANICA (%)	HUMEDAD (%)	pH EN AGUA 1:2.5	MATERIA ORGANICA (%)	HUMEDAD (%)	pH EN AGUA 1:2.5	MATERIA ORGANICA (%)	HUMEDAD (%)	pH EN AGUA 1:2.5	MATERIA ORGANICA (%)
					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	M															
	I															
	G															
2	A	1.09	2.24	51.24	26.34	5.4	3.0	27.51	4.9	2.3	30.1	4.8	2.1	39.2	4.7	2.1
	J															
	O															
3	N	1.10	2.42	54.48	25.4	5.6	3.2	27.54	5.0	2.5	28.3	5.0	2.3	36.7	4.8	2.8
	R															
	C	1.07	2.30	53.57	28.6	5.4	3.4	29.3	4.8	2.6	31.7	5.1	2.4	38.5	5.0	2.3
4	I															
	L	1.00	2.25	51.7	27.8	5.4	3.1	28.6	5.1	2.5	27.5	5.0	2.2	37.5	4.9	2.5
	O															
5	L	1.09	2.37	51.8	28.0	5.5	3.6	28.3	5.0	2.3	29.9	5.1	2.5	37.1	5.1	2.4
	I															
	M															
6	O	1.15	2.50	52.7	28.3	5.5	3.5	29.5	5.0	2.4	31.9	5.0	2.2	37.3	4.9	2.1
	S															
	O															
7	O	1.11	2.56	56.60	26.1	5.3	3.4	27.8	5.1	2.3	29.7	4.9	2.2	38.2	4.9	2.2

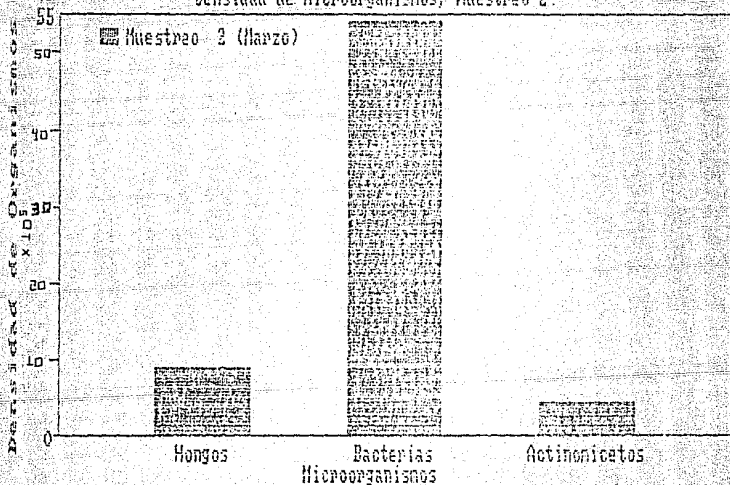
Nota: X = valores promedio



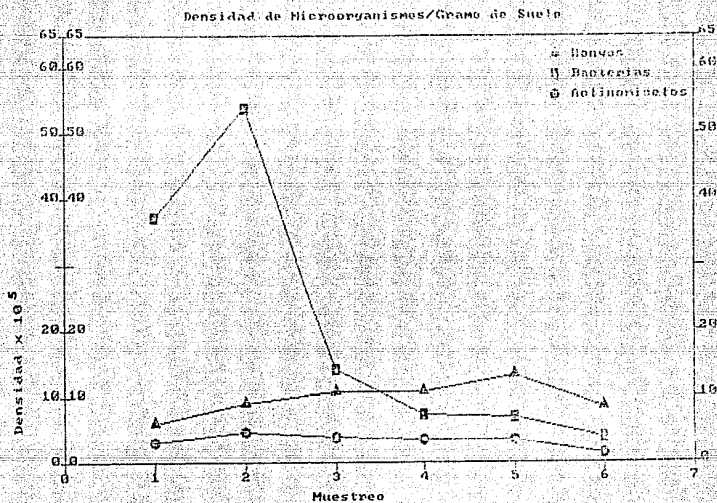
### Densidad de Microorganismos, Muestreo 1



### Densidad de Microorganismos, Muestreo 2.

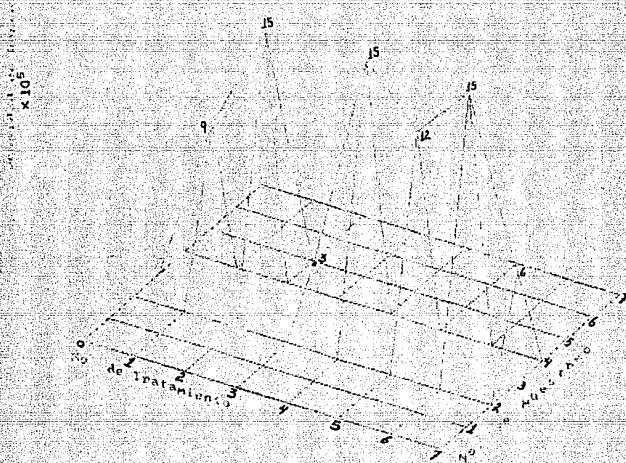


### GRAFICA 3



GRAFICA 7 (A)

Densidad de Hongos/gramo de suelo, Muestra 3.



GRAFICA Y (B)

Densidad de Bacterias por gramo de suelo, Muestra 3

Densidad de Bacterias  
 $\times 10^5$

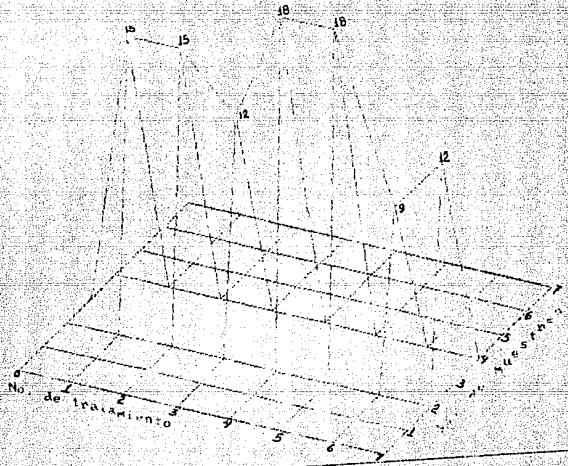
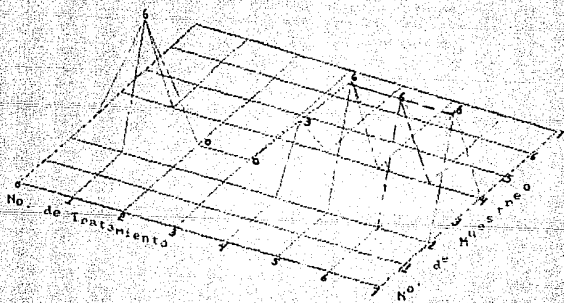


GRAFICO 2 (c)

Densidad de actinomicetos/gramo de suelo, Muestreo 3

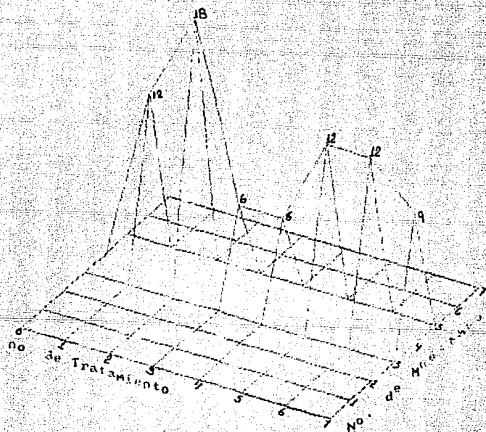
Densidad de actinomicetos  
 $\times 10^5$



GRAFICA 5(A)

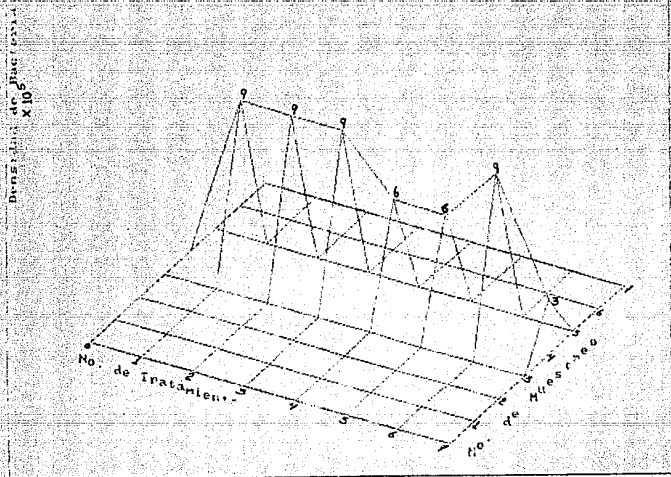
Densidad de hongos por gramo de suelo Muestreo 1

Densidad de hongos  
x 10<sup>5</sup>



GRAFICA 5 (B)

Densidad de bacterias/gramo de suelo, Muestreo 4

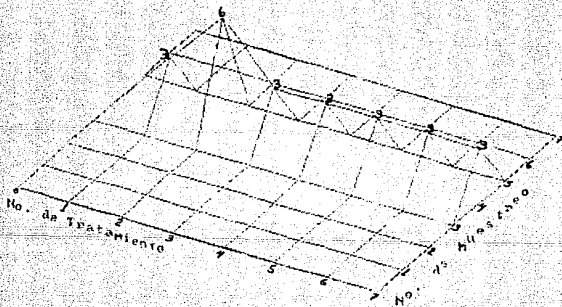




GRAFICA 5(C)

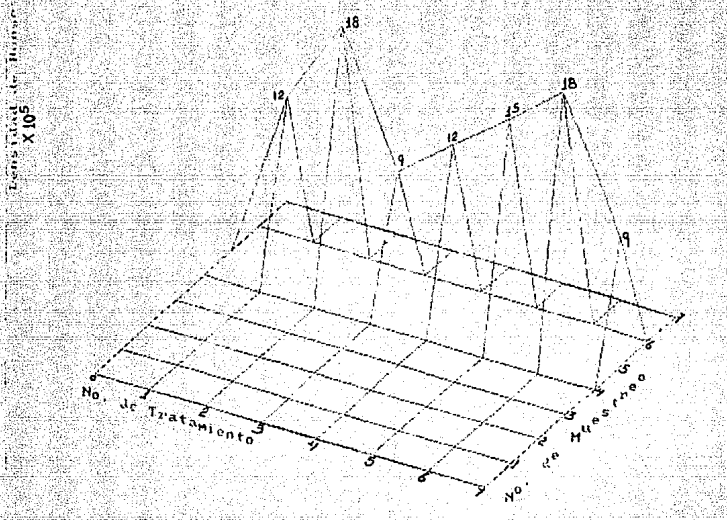
Densidad de Actinomicetos/gramo de suelo, Muestra No. 1

Densidad de Actinomicetos  
 $\times 10^5$



GRAFICA 6 (A)

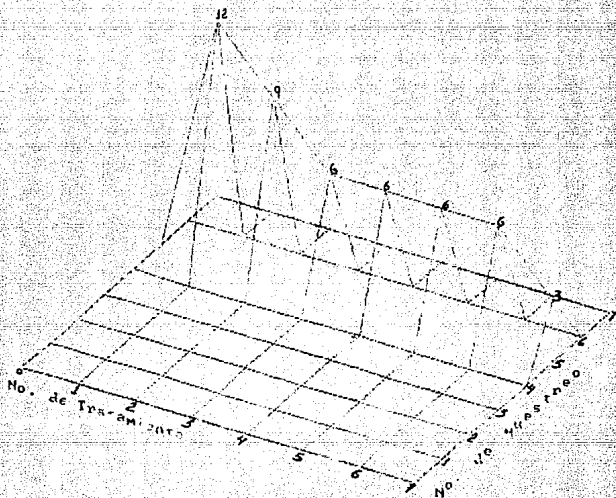
Densidad de Hongos/gramo de suelo, Muestreo 5



GRAFICA 6 (B)

Densidad de Bacterias/gramo de suelo, Muestreo 5

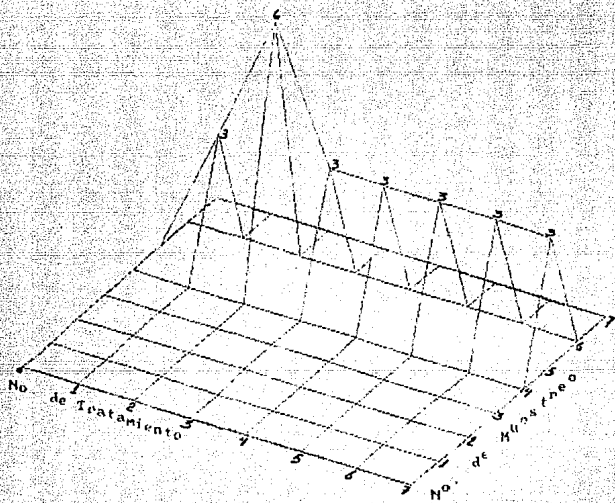
Densidad de Bacterias  
X 10<sup>5</sup>



GRAFICA 6(c)

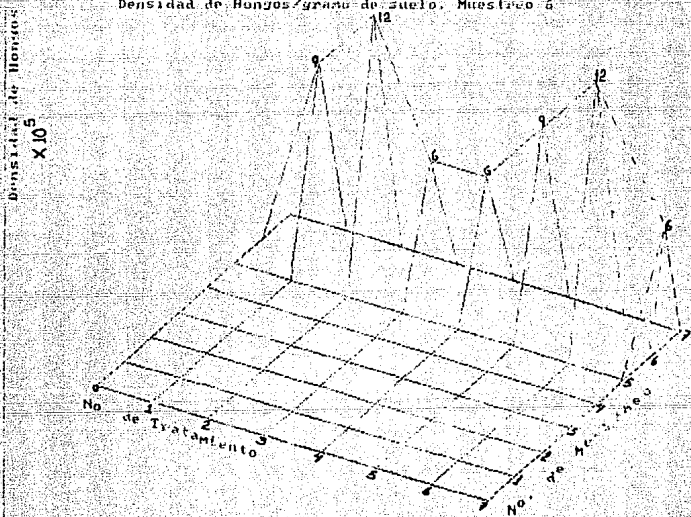
Densidad de Actinomicetos/gramo de suelo, Muestreo 5

Densidad de Actinomicetos  
 $\times 10^5$



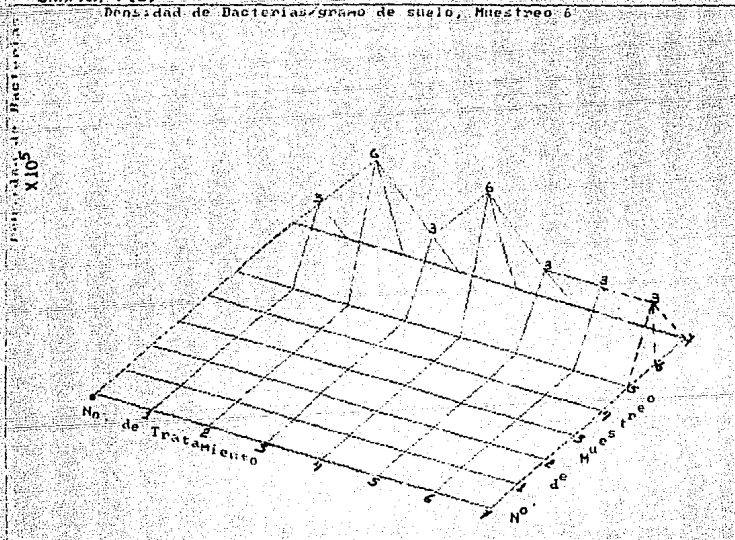
GRAFICA 7CA)

Densidad de Hongos/gramo de suelo. Muestra 6



GRAFICA 7(b)

Densidad de Bacterias/gramo de suelo, Muestreo 6



GRAFICA 7(c)

Densidad de Actinomicetos/gramo de suelo, Muestreo 5

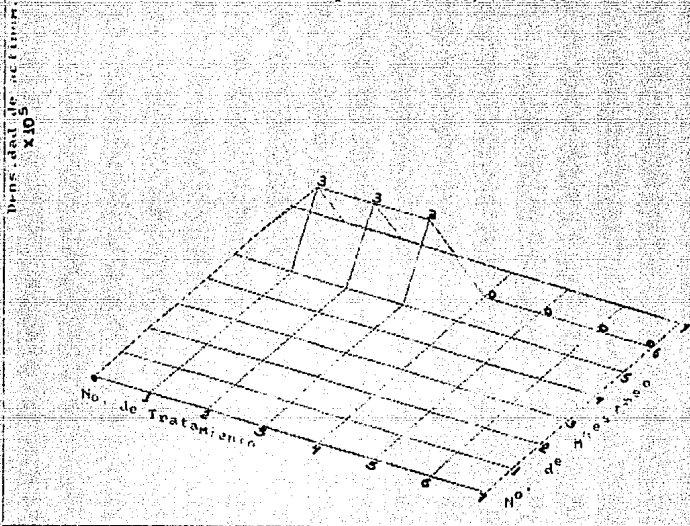


Tabla 5.-Resultados estadísticos al aplicar la prueba H Kruskal-Walis a las densidades de hongos, bacterias y actinomicetos por gramo de suelo obtenidas.

DENSIDAD DE ORGANISMOS POR GRAMO DE SUELO	H PRUEBA KRUSKAL - WALIS					
	FERTILIZACION			A TRAVES DEL TIEMPO		
	H	H	DIFERENCIA	H	H	DIFERENCIA
	TEORIA	CALCULADA	SIGNIFICATI- VA	TEORIA	CALCUALDA	SIGNIFICATI- VA
HONGOS	18.5	9.16	NO	12.83	14.35	SI
BACTERIAS	18.5	1.14	NO	12.83	16.47	SI
ACTINOMICETOS	18.5	0.26	NO	12.83	11.14	NO

Nota: Existe diferencia significativa cuando el valor de la H calculada es mayor que la H teorica.

No existe diferencia significativa cuando la H calculada es menos que la H teorica.



Tabla 6.-Listado de la microflora edáfica encontrada.

BACTERIAS	HONGOS	ACTINOMICETOS	ALGAS
FAMILIA:	FAMILIA:	FAMILIA:	FAMILIA:
-PSEUDOMONADACEAE	-MONILIACEAE	-ACTINOMICETAE	-CLOROFICEAE
-ENTEROBACTERIACEAE	GENERO:	-NOCARDIACEAE	GENERO:
-NITROBACTERIACEAE	<u>Aspergillus</u>	GENERO:	<u>Chlorella</u>
GENERO:	<u>Penicillium</u>	<u>nocardia</u>	-CIANOFICEAE
<u>Nitrosomonas</u>	<u>Verticillium</u>	-MICROMONOSPORACEAE	GENERO:
-RHIZOBIACEAE	-DEMATIACEAE	GENERO:	<u>Anabaena</u>
GENERO:	GENERO:	<u>Micropolyspora</u>	<u>Nostoc</u>
<u>Rhizobium</u>	<u>Alternaria</u>		<u>Modularia</u>
	<u>Cladosporium</u>		
	-TUBERCULARIACEAE		
	GENERO:		
	<u>Fusarium</u>		

Tabla 7.-Densidad de microorganismos x 10<sup>5</sup> / gramos de suelo. Para los diferentes tipos de grupos encontrados

MICROORGANISMOS EDAFICOS	TOTAL	No. DE MICROORGANISMOS POR GRAMO DE SUELO
HONGOS		
Orden Moniliales		
FAMILIA		
-Moniliaceae	198	
GENERO:		
Penicillium		118
Aspergillus		63
Verticillium		17
-Dematiaceae	84	
GENERO:		
Alternaria		48
Cladosporium		36
-Tuberculariaceae	29	
GENERO:		
Fusarium		29
BACTERIAS		
FAMILIA		
-Enterobacteriaceae	143	
-Nitrobacteriaceae	59	
GENERO:		
Nitrosomonas		59
-Pseudomonadaceae	49	
-Rhizobiaceae	28	
GENERO:		
Rhizobium		28
ACTINOMICETOS		
FAMILIA		
-Mycardiacaeae	43	
GENERO:		
Nocardia		43
-Actinomycetae	27	
-Micromonoporaceae	25	
GENERO:		
Micropolyspora		25

### VII. Análisis y discusión de resultados

Las propiedades físicas y químicas del suelo analizadas y que presentan en la tabla uno, corresponden a las muestras 1 y 2, el terreno donde se realizaron dichos muestreos presentaban las siguientes características; se acababa de levantar la cosecha anterior, quedando gran cantidad de residuos vegetales sobre de él y se realizaron las prácticas culturales. En dicha tabla se puede observar que el suelo posee una clase textural migajón-arcillo-limosa, con contenido de arena del 7%, limo del 63% y arcillas del 30%.

Este tipo de textura posee una cantidad considerable de arcillas que le confiere la característica de un suelo plástico, con problemas para trabajar y con un fuerte poder adhesivo, presenta además una riqueza en limo dando una textura limosa. El suelo al ser rico en limo y arcilla se le denomina de textura fina, esas partículas llenan los poros disminuyendo con ello la aireación y permeabilidad (Duchaufour, 1979).

En algunos estratos el suelo llega a presentar moteado negro y anaranjado debido a la presencia de iones férricos y manganésicos indicando condiciones periódicas de oxidación y reducción, condición que manifiesta estancamiento de agua, este fenómeno está aunado efecto de las partículas del suelo. La impermeabilidad de los horizontes minerales pueden conducir a una saturación total de los poros del suelo, por el agua de lluvia en períodos húmedos; en medios desprovistos de aire se hace asfixiante y reductor, el hierro pasa parcialmente a estado ferroso; solamente existen poros finos que se llenan no por gravedad, sino por progresión lenta del agua capilar hacia la profundidad la influencia de la gravedad depende en gran parte de la naturaleza del propio suelo y de la naturaleza de los organismos que en él se encuentran, siendo la cantidad de agua para la mayoría de los organismos del suelo entre 50 y 70% de la capacidad de retención de agua del suelo. La mayor parte de los organismos son aeróbicos y tal vez sólo unas cuantas bacterias pueden tolerar suelos que tienen una gran amplitud de condiciones de humedad.

Con respecto a la densidad aparente de 1.09 y 1.07 (g/ml), lo cual corresponde a lo reportado para los suelos de textura fina, y la densidad real fué de 2.85 y 2.36 (g/ml) respectivamente (tabla 1), dichos valores están estrechamente relacionados con el proceso de espacio poroso de 52.87 y 53.22%, el rango reportado es de 40 al 60%; la porosidad total está representada por los microporos, ya que la macroporosidad genera problemas de drenaje como la marca la presencia del moteado.

Para la microflora edáfica, la profundidad, la textura, la densidad aparente y real, la profundidad del perfil, son importantes, pero la función de estas variables parecer ser, en gran medida, resultado de las interacciones entre los determinantes primarios como la humedad, aireación, temperatura, materia orgánica, acidez, y suministro de nutrientes inorgánicos.

Los valores de humedad fueron del 23.38% y 25.47% respectivamente, estos valores están influenciados por la precipitación del mes, la textura y la impermeabilidad, ya que los suelos con alto contenido de limo y arcilla suelen ser poco permeables.

La humedad controla la actividad microbiana en dos formas; ya que el agua es el componente principal del protoplasma, debe de disponerse de un suministro adecuado para el desarrollo vegetativo; cuando la humedad es excesiva, la proliferación microbiana se detiene no tanto a causa del exceso de agua el cual no es perjudicial sino porque dicho exceso limita un intercambio gaseoso y disminuye el suministro de oxígeno disponible, creando así un ambiente anaeróbico.

Con respecto al pH se obtuvieron los valores de 5.28 y 5.35 por lo que es considerado un suelo ácido, la reacción del pH del suelo afecta notablemente la asimilación de nutrientes como el calcio, fósforo, molibdeno en la producción de sustancias tóxicas tales como el aluminio y el manganeso soluble y sobre todo en el efecto de la actividad microbiana ejerciendo una poderosa influencia en la característica y estabilidad del propio suelo, además de los cambios de pH en los cuales ciertos microorganismos del suelo encuentran las relaciones óptimas para su desarrollo, ya que algunos prosperan mejor en medios ácidos y otros en medios alcalinos o en rangos neutros.

Como regla general los hongos prefieren una reacción de 4.0 a 6.0, las bacterias de 6.0 a 8.0, los actinomicetos de 7.0 a 7.5 y las algas de 6.0 a 9.0, en donde los organismos fuera de sus respectivos rangos, ven disminuidas sus funciones biológicas (Teuscher y Adler, 1980).

En relación al pH (tabla 1), éste es más favorable a los hongos, debido a que las bacterias y los actinomicetos no son comunes en habitats ácidos, en las áreas de pH bajo los hongos dominan la comunidad microbiana. Esto no es consecuencia de que los hongos encuentren su óptimo en condiciones ácidas, sino un resultado de la ausencia de la competencia microbiológica -- por las reservas alimenticias. De este modo, debido a la insensibilidad de muchos hongos hacia elevadas concentraciones del ion hidrógeno y el estrecho intervalo de pH de muchas bacterias y actinomicetos, los hongos constituyen un gran porcentaje de la comunidad y son los responsables de una parte considerable de las transformaciones bioquímicas en habitats ácidos (Alexander, -- 1987).

En cuanto al porcentaje de materia orgánica para estos muestreos, se tienen los valores de 3.55 y 3.29% respectivamente y de acuerdo a la clasificación dada para la materia orgánica por Jackson, 1982, se le considera como rico en materia orgánica, debido a que existían residuos vegetales de la cosecha anterior, por lo que esta materia orgánica estaba acumulada en el sitio de trabajo. Estos porcentajes de materia orgánica en general favorecen el desarrollo de la microflora edáfica, es decir están dentro del rango reportado.

Analizando la tabla 2, correspondiente a los muestreos efectuados en abril, mayo, junio y julio (3,4,5 y 6), se obtuvo que la densidad aparente, densidad real y por ciento de espacio poroso no varían de estos valores ni dan cuando la superficie del suelo sufre cambios drásticos ya sea climáticos o geológicos, además de la composición del suelo en relación de contenido de limos y arcillas dependiera su susceptibilidad a la erosión.

En cuanto al porcentaje de humedad en el suelo se observó que en el mes de abril es menor a los muestreos posteriores, debido a que en este muestreo no se efectuó ningún riego, posteriormente en el siguiente muestreo se observa un ligero aumento en la humedad debido al riego efectuado en mayo, y en los siguientes muestreos se obtienen valores mayores en el porcentaje de humedad debido a las frecuentes precipitaciones pluviales, siendo en el último muestreo en julio en donde se observa el mayor porcentaje de humedad a causa de las continuas lluvias de temporada, estas pueden en su momento y dependiendo de los índices del contenido de humedad presentes en el suelo, el de activar, acelerar o inhibir las reacciones químicas y la actividad biológica del suelo.

En determinado momento el contenido de humedad es uno de los principales controladores de la descomposición de la materia orgánica, por lo tanto hay una gran producción de  $\text{CO}_2$  de la actividad biológica llegando a ser disueltos en el suelo y a su vez acidificando ligeramente a los suelos.

En relación al pH este varía con respecto al tiempo de 4.4 hasta 5.6 en el transcurso del mes de abril a julio.

A través del tiempo la acidez del suelo tiene su origen en el ácido carbónico, ácidos orgánicos productos de la descomposición de la materia orgánica, toma de cationes por las plantas y reemplazamiento de estos en el complejo de cambio y solución del suelo por protones, por lo tanto la humedad es un factor importante ya que a mayor humedad, mayor porcentaje de coloides ionizables y grupos funcionales serán solubilizados, además la acidez intercambiable se incrementa con el aumento de la lixiviación y la intemperización de los ambientes de mayor humedad.

Con respecto a la materia orgánica se observó que a través del tiempo varía en el mes de abril de 3.3%, mayo 2.5%, junio y julio de 2.2% de materia orgánica, observándose una disminución del mes de abril hacia el mes de julio, ya que la descomposición de los residuos dentro del suelo o sobre de él, se da bajo una amplia variedad de condiciones; la tasa de descomposición y productos formados depende de la temperatura, humedad, aireación y condiciones químicas. De estos factores se ha reconocido al contenido de humedad como el principal controlador de la descomposición de la materia orgánica, en sus componentes: I) azúcares, almidones y proteínas solubles, II) proteínas crudas, III) hemicelulosa, IV) celulosa y V) aceites, grasa y ligninas. Respecto a la composición de ésta desciende con respecto al tiempo y cuando se alcanza una composición química a la del humus, dependiendo de las condiciones de descomposición, los produc-

ductos finales son:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc., resultado de la actividad biológica del suelo y es responsable del reciclamiento de nutrientes, especialmente en aquellos sistemas donde es factible la incorporación de sustratos orgánicos, pudiendo afectar o ser afectados -- por las condiciones físicas y químicas del suelo (Mc. Laren, 1973).

La gran mayoría de las bacterias, hongos y actinomicetos son saprófitos y trabajan como destructores de la materia orgánica, estos organismos efectúan la hidrólisis y la oxidación de compuestos orgánicos a través de las enzimas.

Se forman compuestos químicos cada vez mas sencillos hasta que al fin, el carbono e hidrógeno y oxígeno aparecen como  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Los constituyentes son temporalmente vueltos inasimilables o inmobilizados en organismos vivos. La inmovilización de nutrientes se refiere también al uso e incorporación de nutrientes en la materia viviente (Alexander, 1987).

Analizando la tabla tres, en esta se presenta los resultados estadísticos no paramétricos de las propiedades físicas y químicas de las muestra obtenidas de las parcelas distribuidas -- completamente al azar y posteriormente aplicando a estos resultados la prueba H Kruskal-Wallis (Yan-Lun Chou, 1986), se observó que: la aplicación de los tratamientos de fertilización al -- suelo no marca diferencia significativa para las propiedades físicas de textura, densidad aparente, densidad real, porcentaje de espacio poroso, humedad y las propiedades químicas del pH y materia orgánica.

Para poder observar variación en las propiedades físicas y químicas del suelo, se deben de dar cambios drásticos, estos deben de ser de un período de varios años.

Se observó que solo existen diferencias significativas para las propiedades de la humedad, pH, materia orgánica a través del tiempo y no por la fertilización.

Parisi (1979) encuentra que es concebible en un campo relativamente uniforme en un tipo de suelo y en manejo pesado, guarda similitud en sus propiedades físicas y químicas dependiendo únicamente de una gran variación de topografía, grado de erosión, tipo de suelo, tratamiento de otros factores como la vegetación, la litología, las pendientes, la organización y tipo del sistema erosivo etc. Estos se presentan interrelacionados, de forma que no son muy variables independientemente a lo largo del tiempo. Del val, 1989 menciona que cuanto al tiempo, los cambios en el suelo se manifiestan en períodos que son de corta duración (como los que se pueden producir a causa de una tormenta) otros duran decenas y centenas de años, y los hay de larga duración o de escala geológica.

En la tabla cuatro se muestran los datos de la densidad de organismos encontrados en el estudio.

Primeramente se puede observar los resultados para los muestreos efectuados en el mes de febrero y marzo, período en el que el terreno de cultivo se encontraba en época de descanso y

con desechos de materia orgánica de la cosecha anterior de gramíneas sobre de él, así como de estiércol, encontrándose con la densidad de hongos fué de  $6 \times 10^5$  y  $9 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo, para bacterias de densidad por gramo de suelo fué de  $37 \times 10^5$  y  $54 \times 10^5$ , y de la densidad de actinomicetos fué de  $3 \times 10^5$  y  $4.5 \times 10^5$ , respectivamente. En ambos muestreos, la densidad de bacterias fué mayor la densidad de hongos y actinomicetos (gráfica 1 y 2), en el período de estos muestreos. Aún no se efectuaba ningún tratamiento de fertilización al suelo. Las características presentes en el suelo eran menos desfavorables para las bacterias debido a que la población bacteriana soporta pH menos ácidos, así como un porcentaje alto de materia orgánica, siendo abundante en residuos de la cosecha anterior y presentar el suelo una buena aireación.

Alexander (1987) menciona que el tamaño de la comunidad de bacterias en suelos minerales esta relacionado con el contenido de la materia orgánica por lo que en localidades ricas en humus, las bacterias son numerosas. Además la presencia de residuos de cultivos inicia una rápida respuesta microbiológica.

Siendo mayor la estimulación durante los primeros meses de descomposición.

La flora bacteriana y fúngica por lo general prolifera inicialmente, en particular si el nitrógeno es abundante, mientras que la respuesta de los actinomicetos no es favorecida sino hasta las etapas finales de la descomposición. Esto sugiere que la elevada velocidad de crecimiento y la versatilidad bioquímica de algunas bacterias y hongos hacen de ellos los agentes iniciales de la destrucción, mientras que los actinomicetos sólo aparecen cuando hayan sido metabolizados los compuestos más fácilmente degradados y la crisis competitiva a disminuido (Alexander, 1987).

Los actinomicetos se desarrollan mas lentamente que la mayoría de hongos y las bacterias característica que indica su incapacidad como competidores efectivos y, su disminución cuando se eleva el nivel de humedad, así como la presión de competencia. Los actinomicetos llegan a predominar cuando los nutrientes comienzan a ser limitantes y la presión de competencia efectiva disminuye (Alexander, 1987).

En esta tabla 4 tambien se muestran los promedios (gráfica 3) de la densidad de microorganismos por gramo de suelo, en contrados en los meses de abril, mayo, junio y julio (gráfica 4, 5, 6 y 7 respectivamente), después de la aplicación de las diferentes dosis de fertilización utilizadas.

En dicha tabla se observa que la densidad de hongos de  $10.7 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo, permanece constante para abril y mayo, para junio tiende a aumentar ligeramente con una densidad de  $13.2 \times 10^5$ , finalmente para julio tiende a disminuir esa densidad, con valor de  $8.5 \times 10^5$ .

Para las bacterias se tiene en abril una densidad de  $14.3 \times 10^5$  organismos por gramo de

de suelo, de mayo a julio tiende a disminuir la densidad, con un valor de  $7.3 \times 10^5$  para mayo, yo, junio con  $3.8 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo.

En el caso de los actinomicetos su densidad tiende a disminuir de abril a julio, teniendo como densidades por gramo de suelo de  $3.8 \times 10^5$ ,  $3.4 \times 10^5$  y  $1.3 \times 10^5$  respectivamente.

Se observó que la densidad de los hongos tiende a aumentar de abril a junio. La distribución de los hongos esta determinada por la disponibilidad de sustratos carbonatados oxidables, debido a que su nutrición es heterotrófica y ni la luz solar ni la oxidación de sustancias inorgánicas proporcionan a estos microorganismos la energía necesaria para su crecimiento. En general, el número de hongos filamentosos en el suelo varían directamente con el contenido de materia orgánica utilizable; sin embargo este grupo se puede encontrar en áreas con bajo nivel de materia orgánica.

La concentración del ión hidrógeno es otra de las principales variables que regulan la actividad y la composición de la flora. Muchas especies pudieron desarrollarse dentro de un amplio rango de pH, desde el extremo ácido al alcalino. Debido a que las bacterias y los actinomicetos son comunes en habitats ácidos, en las áreas de pH bajo, los hongos dominan la comunidad microbiana. Esto no es consecuencia de que los hongos encuentre su óptimo en condiciones ácidas sino un resultado de la ausencia de la competencia microbiológica por las reservas alimenticias. De este modo debido a la insensibilidad de muchos hongos hacia elevadas concentraciones del ión hidrógeno y el estrecho intervalo de pH de muchas bacterias y actinomicetos, los hongos constituyen un gran porcentaje de la comunidad y son los responsables de una parte considerable de las transformaciones bioquímicas en habitats ácidos.

Stallings (1985) dice que la acidez está normalmente a un mínimo en el contenido de la primavera y conforme se entra al verano tiende a aumentar, debido a que tiende a incrementarse la humedad debido a la presencia de lluvias. Las fluctuaciones de la acidez del suelo, influencia la disponibilidad de los elementos nutritivos en alguna extensión.

Se sabe que todos los seres vivos requieren de humedad adecuada, por lo tanto, no es sorprendente que el agua de suelo tenga un efecto directo sobre la abundancia y las funciones de los hongos. Cuando el abasto de agua es bajo, la capacidad de estos organismos para catalizar reacciones químicas es deficiente o carecen de ella por completo. El mejoramiento en el status de humedad del medio favorece al número de hongos de modo que a niveles subóptimos de agua, su cifra está correlacionada positivamente con la humedad (Alexander, 1987).

Las variaciones periódicas del tamaño de la comunidad de un suelo determinado, para bacterias, están directamente relacionadas con las variaciones de humedad. En el caso de la inundación del suelo trae como consecuencia una disminución en abundancia de las bacterias que se desarrollan en presencia de aire algunas veces después de un breve incremento inicial en el número de aerobios estimulando paralelamente a los anaerobios.



Para el muestreo realizado en julio (gráfica 7), las precipitaciones pluviales se tornan más frecuentemente y abundantes. En algunos casos el suelo llega a presentar moteado negro y anaranjado debido a la presencia de iones férricos y mangánicos indicando condiciones periódicas de oxidación y reducción: Gavande (1979), cita que son características indicadoras de que en algunos momentos hay condiciones de estancamiento de agua. Lo cual afecta la población de los hongos, así como a las bacterias y actinomicetos por las condiciones de anegamiento y la disminución de las condiciones de aerobiosis, siendo mayormente afectados los actinomicetos, siendo estos los que menos soportan la humedad reportada para este muestreo. Alexander, 1987, menciona que en consecuencia de que los actinomicetos son incapaces de desarrollarse y diseminarse cuando el oxígeno libre es escaso, puesto que los actinomicetos comunes del suelo tienen metabolismo aeróbico. La aireación del suelo esta gobernada principalmente por las fluctuaciones en la humedad del suelo, mientras que un exceso de agua tiende a favorecer las condiciones anaeróbicas.

El desarrollo y las actividades de los organismos del suelo se ven fuertemente afectadas por la concentración y grado de aprovisionamiento de ciertos gases (en particular oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno) en el aire. El oxígeno se necesita para procesos de oxidación, el dióxido de carbono y el nitrógeno para los organismos fijadores de nitrógeno.

La abundancia de oxígeno favorece las actividades de los formadores de nitritos y nitratos, a los fijadores de nitrógeno. A los hongos, actinomicetos y otros organismos que oxidan la materia orgánica.

La aireación pobre favorece los procesos de reducción y la acumulación de la materia orgánica del suelo debido a la descomposición restringida de esta (Foth, 1972).

Estas características y algunas mencionadas anteriormente son posible causa de la caída de la densidad de las poblaciones de microorganismos.

Por otro lado la enumeración de las algas en el suelo es de valor limitado, ya que es difícil de interpretar la importancia de los números de unidades de algas observadas.

Algunas especies son filamentosas y dan cifras bajas, mientras que otras son unicelulares y cada unidad propagativa representa una célula individual. Al mismo tiempo las formas coloniales en las cuales las colonias simples producen muchas unidades viables.

En las condiciones de nuestro suelo se encontraron algas del genero Anabaena y Nostoc, algas verde-azules, que se han encontrado a pH cercanos a 5.0 rangos aproximados a los encontrados en nuestro estudio.

Por lo que solo fue realizado un análisis cualitativo y no cuantitativo de las algas.

Las algas estan presentes en habitats en los cuales la humedad esta en el óptimo (68 - 88%, Valdes, 1980) y la luz accesible. Las algas se caracterizan por tener una nutrición fo---

toautotrófica, donde el mecanismo fotosintético los hace independientes de la materia orgánica preformada.

En suelos ácidos son dominantes las algas verdes clasificadas como Clorophytas, así como las algas verde-azules.

Las especies de Clorophytas no se ven afectadas por el pH y aparecen en regiones con gran diversidad en las concentraciones de iones hidrógeno, como consecuencia, estas dominan la flora de las algas en habitats ácidos debido a la ausencia de otras formas.

La humedad aparentemente es una limitación común para el crecimiento, ya que para el desarrollo de las algas generalmente aumenta al incrementarse el agua disponible. En suelos de cultivo, la cantidad de agua frecuentemente es insuficiente para el desarrollo de las algas -- (Alexander, 1987).

En forma general analizando los resultados estadísticos no paramétricos de la densidad - de microorganismo por gramo de suelo (reportado en la tabla 4), obtenidos de las muestras del suelo extraídas de las parcelas distribuidas completamente al azar y posteriormente aplicados a estos resultados la prueba H-Kruskal Wallis (Ya-Lun Chou, 1986). Se puede observar en la tabla cinco que la aplicación de los diferentes tratamientos de fertilización al suelo no marcan diferencias significativas en la densidad de hongos, bacterias y actinomicetos por gramo de -- suelo. Las diferencias significativas en estas densidades se van a dar a través del tiempo y no debido a la fertilización. Para que se de por la fertilización esta diferencia significativa, esta fertilización debería ser constante durante varios ciclos del cultivo y en dosis mayores a las óptimas y en este estudio las dosis utilizadas están por debajo o cercanas al óptimo recomendado por Fertimex, 1980, para esta localidad.

Los cambios ambientales a través del tiempo, afectan la densidad y composición de la flora y los factores abióticos pueden alterar significativamente a la comunidad y su potencial -- bioquímico. Entre las principales variables que influyen sobre la microflora edáfica están la -- humedad, aireación, temperatura, materia orgánica, acidez, suministro de nutrientes.

De acuerdo a los estudios realizados se obtuvo el listado de la microflora edáfica encontrada, tabla seis. En este listado se puede observar que para el grupo de los hongos fue determinado el Orden Moniliales, con tres familias: Dematiaceae, Tuberculariaceae y Moniliceae y -- seis géneros: Alternaria, Aspergillus, Cladosporium, Fusarium, Penicillium y Verticillium; para el grupo de las bacterias fueron determinadas cuatro familias, Rhizobiaceae, Pseudomonadaceae, Enterobacteriaceae, Nitrobacteriaceae y dos géneros Rhizobium y Nitrosomonas y para el -- grupo de los actinomicetos fueron determinadas tres familias: Actinomycetaceae, Nocardiaceae y Micromonosporaceae y dos géneros: Nocardia y Micropolyspora.

Ahora analizando la tabla siete, se tiene que en esta tabla se encuentra la densidad de los diferentes grupos encontrados para los hongos, bacterias y actinomicetos por gramo de suelo.

Primeramente analizando a los hongos, se tiene que el Orden Mucorales es el que está presente durante todo el estudio.

Ulloa, 1990, nos dice que este orden es uno de los de mayor importancia, ya que comprende más de 7000 especies de hongos, muchas de ellas de inmensa importancia para el hombre, ya sea como patógenas del hombre, plantas o animales, como hongos utilizados en la industria, o como participantes de fenómenos biológicos y ecológicos muy interesantes que suceden en el suelo, unos como saprofitos y otros como parásitos o depredadores de pequeños animales.

Dentro de esta tabla se puede observar que las familias Dematiaceae y Tuberculariaceae son las de menor densidad y la Moniliaceae es la que tiene mayor densidad. La densidad para esta familia es de  $198 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo.

Para la familia Dematiaceae con  $84 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo. Los hongos incluidos en esta familia, la mayoría de estas especies son saprobitas, pero también hay parásitas de plantas y animales así como del hombre (Ulloa, 1990).

Finalmente la familia con menor densidad de organismos por gramo de suelo fue la familia Tuberculariaceae con  $29 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo. De esta familia existen formas saprobitas que viven en el suelo y en restos de plantas, así como parásitas de vegetales y productores de micotoxinas.

Ahora analizando a cada familia, se tiene que para la familia Moniliaceae  $118 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo pertenecen al género Penicillium, después le sigue el género Aspergillus con  $63 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo y finalmente Verticillium con  $17 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo.

El género Penicillium es el predominante de todos los hongos encontrados. Este género pertenece a los hongos saprofitos, los cuales descomponen restos de vegetales y animales, degradándolos a sustancias químicas más sencillas que son devueltas al suelo, aumentando así su fertilidad. Este género es importante en la producción de antibióticos, como la penicilina. Además de que puede actuar como inhibidor de algunas bacterias y actinomicetos. Por lo que en algunos casos la población de estos es alta, tiende a inhibir a las poblaciones de bacterias y actinomicetos principalmente (Pelczar, 1986).

Aunado a estas condiciones, el pH presente en el suelo es ácido para el grupo de las bacterias y los actinomicetos y favorable para el desarrollo de los hongos, por lo tanto al no tener competencia por el espacio y los nutrientes, su densidad tendiera a elevarse y a mantener estable su desarrollo (Alexander, 1987).

Al género Penicillium, le sigue en predominancia el género Aspergillus. La mayoría de estos hongos son saprobios, pero muchos otros son patógenos de plantas y animales, o bien depredadores. Varias especies son utilizadas en procesos industriales para la elaboración de productos tales como ácidos orgánicos, enzimas, antibióticos y alimentos fermentados de varias clases.

Finalmente el género con menor densidad es Verticillium con una densidad de  $17 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo. Este género pertenece a los hongos saprobios, hongos que frecuentemente están aislados del suelo y que son responsables de enfermedades de diferentes plantas (Ulloa, 1998).

Para la familia Dematiaceae con  $84 \times 10^5$  organismos, de los cuales  $48 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo pertenecen al género Alternaria  $26 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo al género Cladosporium.

Las especies del género Alternaria son una de las principales causas fúngicas de alergias respiratorias en humanos, también son frecuentes las invasiones que hacen a laboratorios donde ocasionan problemas al contaminar los cultivos de otros organismos. Hay especies parásitas de plantas, por ejemplo de diferentes semillas y granos.

El género Cladosporium es saprofítico, común en el suelo; es capaz de sobrevivir como parásito de diversas plantas.

Finalmente para la familia Incertariaceae con  $29 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo, pertenecen al género Fusarium.

Este género pertenece al grupo de los parásitos facultativos, existen especies que parasitan diversas plantas, en las que generalmente causan marchitamiento. Producen toxinas que afectan la permeabilidad de las membranas celulares, alteran el metabolismo y contribuyen así a causar el marchitamiento.

Hay muchas variedades o cepas capaces de invadir o causar marchitamiento de plantas tan importantes para el hombre, como tomates, plátanos, camotes, porales, maíz, lino y muchos más (Ulloa, 1998).

Para el grupo de las bacterias se encontraron cuatro familias, la Enterobacteriaceae con  $143 \times 10^5$ , Nitrobacteriaceae con  $58 \times 10^5$ , Pseudomonadaceae con  $40 \times 10^5$  y finalmente Rhizobiaceae con  $28 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo.

La familia Enterobacteriaceae está compuesta por bacterias gram negativas que son móviles debido a flagelos o inmóviles. Pueden llegar a fermentar rápidamente la glucosa con o sin producción de gas, esta familia está compuesta de numerosos tipos teniendo en común ciertas características morfológicas y biológicas o antigénicas (Morales, 1961).

Esta familia pertenece a los bacilos anaeróbicos facultativos, por lo que pueden adaptarse tanto a condiciones de aerobiosis como de anaerobiosis (Pelaez, 1988).

El tamaño de la comunidad de estas bacterias, en suelos minerales está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica y la calidad de ésta, por lo que en localidades ricas en humus, éstas son numerosas (Alexander, 1997).

Otra de las causas del posible aumento de este grupo de bacterias fue la labranza, ya que son tratamientos que generalmente causan marcadas alteraciones biológicas.

En algunos casos pueden mejorar la estructura y la porosidad del suelo, favoreciendo así, el movimiento del aire, alterando el status de humedad y exponiendo nutrientes orgánicos inaccesibles para la acción de algunas bacterias aeróbicas y puede aumentar en algún momento la actividad de algunas bacterias anaeróbicas facultativas (Quintero, 1994).

En predominancia a la familia Enterobacteriaceae, le sigue la familia Nitrobacteriaceae, sus funciones son la de oxidar nitritos a amonio, pero para que esta familia tenga un buen desarrollo, deberán estar en un suelo, que tenga presencia de proteínas que suelten amonio al descomponerse, adecuada aireación, adecuada humedad, bastante calcio (no fuertemente ácido) (Donahue, 1981).

Para las familias que se llegó a género fue Nitrobacteriaceae con  $59 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo que pertenecen al género Nitrosomona, estos oxidan nitritos a amonio.

Pero tomando en cuenta que nuestras condiciones del suelo en estudio, como pH ácido, exceso de humedad en el mes de junio y julio, trae como consecuencia condiciones de oxígeno escasas, que son más favorables para el grupo de las Enterobacteriaceae que para Nitrobacteriaceae, y que en determinado tiempo pueden ser sus limitantes.

Para la familia Pseudomonadaceae, está se divide en saprófitos y patógenos, por lo menos 6 grupos para saprófitos y 7 para los parásitos.

En algunos casos algunos géneros de Pseudomonas pueden fijar también nitrógeno en pequeñas proporciones en condiciones aeróbicas, pero mucho mejor en condiciones de poca tensión de oxígeno (Russell, 1958).

La familia con menor densidad fue Rhizobiaceae con una densidad de  $28 \times 10^5$ , estas bacterias establecen una asociación con las raíces de las leguminosas, donde se forma un nódulo en el cual se fija nitrógeno atmosférico en amonio, compuesto que es proporcionado a la planta.

Y también para la familia Rhizobiaceae con el género Rhizobium con  $28 \times 10^5$  organismo por gramo de suelo.

Las bacterias de este género presentes en el suelo se caracterizan por ser las únicas con la habilidad de infectar las raíces de leguminosas e inducir la formación de nódulos capa-

ces de fijar nitrógeno atmosférico.

Estas bacterias son aeróbicas, gram negativas que no producen esporas. Usualmente sus requerimientos nutricionales son simples como biotina, tiamina o ácido pantoténico, alguna vitamina, sin embargo la mayoría puede crecer en un medio simple a base de minerales, menos sales y azúcar (Nutman, 1963).

La temperatura óptima de crecimiento es de 28 a 30°C (F. A. O., 1984), aunque algunas exhiben tolerancia a bajas temperaturas abajo de 5°C. Algunas especies de Rhizobium toleran temperaturas arriba de los 40°C.

Algunas especies son muy sensibles a pH bajos y no se pueden establecer los hilos de infección radicular en suelos ácidos. Los iones nitrato y nitrato inhiben la formación de nódulos a relativamente bajas concentraciones (Berkon, 1980).

Por lo que se puede explicar el porque de su baja densidad con respecto a los otros grupos de bacterias.

Resumiendo, las familias Pseudomonadaceae, Nitrobacteriaceae, Rhizobiaceae se ven afectadas por el pH ácido, la humedad, más que la familia de las Enterobacteriaceae, por lo que no son un poco más abundantes.

Para el grupo de los actinomicetos, se puede decir, que tomando en cuenta suelos húmedos, la población baja drásticamente pero en suelos con condiciones de sequedad aumenta su población; tiene poco o nulo desarrollo a temperaturas altas o bajas, su óptimo es entre 28 y 37°C; sólo en áreas alcalinas y especialmente cuando hay sequedad, la abundancia es alta, con valores del 95% de organismos (Alexander, 1987).

En comparación con las bacterias, los actinomicetos son menos comunes en áreas húmedas, además las poblaciones son mayores en pastizales y en suelos de pastoreo que en suelos cultivados.

Por último se desarrollan mucho más lentamente que hongos y bacterias, capacidad que los limita como competidores efectivos, su incapacidad competitiva podría explicar su relativa escasez en las etapas iniciales de la descomposición de la materia orgánica.

Teniendo en cuenta las condiciones en que se desarrollan los actinomicetos normalmente y apreciando las condiciones de nuestro suelo, se observa que las poblaciones de los actinomicetos son bajas.

De los actinomicetos fueron determinadas tres familias: Nocardiceae con  $43 \times 10^5$ , Actinomitae con  $27 \times 10^5$  y por último Micromonosporaceae con  $25 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo.

De la familia Nocardiceae, los  $43 \times 10^5$  organismos por gramo de suelo corresponde al género Nocardia y de la familia Micromonosporaceae  $25 \times 10^5$  organismos pertenecen al género

### Microspora.

El género Nocardia está constituido por actinomicetos que fragmentan en elementos o cooides gram positivos, aerobios, parcialmente ácido-resistentes o no ácido-resistentes, crecen en medios ordinarios, a la temperatura del laboratorio, pero hay especies que sólo se desarrollan a 37°C. son unas de las principales causas fúngicas progresivas de la micosis (Rendon, -- 1975). El género Microspora posee hifas fragmentadas en tres o cadenas cortas, características. Se le considera como un género poco común en el suelo (Alexander, 1987).

Finalmente analizando el grupo de las algas, en la tabla siete no aparece su densidad por gramo de suelo, debido a que este grupo fue determinado sólo cualitativamente.

Con esta determinación se pudo observar que la familia más abundante fue la Cianoficeae después le siguió la Cloroficeae.

Para la primera familia se encontraron tres géneros: Nostoc, Anabaena y Modularia y para la segunda familia sólo se encontró el género Chlorella.

Las algas verdes clasificadas como Clorofitas se caracterizan por poseer cromatóforos, que son los que dan a estos organismos el color verde. En el suelo, estos organismos generalmente son unicelulares, aunque se conocen tipos filamentosos. En suelos ácidos, se encuentran miembros de esta clase. Dentro de las especies que se encuentran están Chlorella, Meridium, Ulothrix, etc.

Con respecto a las algas verdes-azules, las Cianofitas, algunos de sus géneros son unicelulares y crecen individualmente o en colonia; Anabaena y otros pueden ser filamentosos. El color característico del grupo resulta de la presencia de además de la clorofila y carotenoides, de un pigmento azul conocido como ficocianina. Este grupo de algas prefiere ambientes neutros o alcalinos.

Se han reportado muchos géneros en el suelo, pero los descritos con más frecuencia son: Anabaena, Calothrix, Chroococcus, Modularia, Nostoc, Oscillatoria, Scytonema y otras.

## VIII.- CONCLUSIONES

Se puede decir en forma general que se cumplieron con los objetivos planteados al inicio de este trabajo y esto permitió llegar a las siguientes conclusiones.

- 1.- La microflora edáfica se encontró distribuida a lo largo de todo el estudio, siendo más abundante en los meses húmedos (verano).
- 2.- Las bacterias son las más abundantes al inicio del estudio, bajando su densidad considerablemente durante el desarrollo del cultivo y al producirse cambios de humedad y pH.
- 3.- De los cuatro grupos que constituyen la microflora, las algas son el grupo que presenta la menor abundancia.
- 4.- La dosis de fertilizante y abono aplicados al suelo no marcan diferencias significativas que afectaran el desarrollo y abundancia de la microflora edáfica.
- 5.- El suelo posee una clase textural migajón-arcillo-limosa, con problemas de estancamiento, por lo que se ven disminuidas las condiciones de aereación y permeabilidad.
- 6.- Finalmente consideramos que las características del suelo como son el pH, humedad y temperatura son factores determinantes para el desarrollo de la microflora edáfica.



B

I

B

L

I

O

G

R

A

F

I

A

## IX.- LITERATURA CITADA

1. - Alexander M., 1987.  
Introducción a la microbiología del suelo.  
Ed. A.G.T., Mexico. 491 p.
2. - Allen O., 1949.  
Experiments in Soil Bacteriology.  
Ed. Burges Publishing Co. 122 p.
3. - Bergey, D.H. 1948.  
Bergey's manual of determinative bacteriology,  
by Robert S. Breed E.G.D. Murray 6a ed. Baltimore.
4. - Booth C. 1985.  
The Genus FUSARIUM.  
Ed. C.A.B. Inglaterra. 237 p.
5. - Brook D.I. 1984.  
Microbiología, Ed. Hispanoamericana S.A.  
4a. Ed., Mexico. 906 p.
6. - Burges A. et al. 1971.  
Biología del suelo.  
Ed. Interamericana. 20a. ed.
7. - Burrows W. 1974.  
Tratado de microbiología.  
Ed. Interamericana. Mexico 385-387 p.
8. - Burrows W. 1985.  
Microbiología de Burrows.  
Ed. Interamericana, 22a. ed., Mexico 1181 p.

- 9 .- Caballero Mata Raymundo. 1978.  
Influencia de la dosis, fuente y oportunidad de la aplicación de gallinaza y su interacción con los fertilizantes químicos sobre el rendimiento del Maíz (*Zea mays*), en la zona III del plan Puebla. Tesis Profesional: Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L. 135 p.
- 10 .- Campbell. H., 1987.  
Ecología Microbiana. Ed. Limusa. Mexico. pp. 28 - 253.
- 11 .- Centro estatal de Estudios Municipales. 1988.  
Los municipios del Estado de México.  
Enciclopedia de los municipios del Estado de México. Vol. 2. 689 p.
- 12 .- Cooke W.G. 1985.  
Fertilización para rendimientos máximos.  
Ed. Continental. Mexico.
- 13 .- Cooke W.G. 1985.  
Fertilizantes y sus usos.  
Ed. CECSA. Mexico.
- 14 .- Cronquist A., 1980.  
Introducción a la botánica.  
Ed. CECSA, 2a. ed., Mexico. 847 p.
- 15 .- Delaat A., 1969.  
Microbiología del suelo.  
Ed. Chapingo. 4a. ed. Mexico.
- 16 .- Del Val Joaquin. 1989.  
Factores de erosión.  
Investigación y Ciencia (152). 72-81 p.
- 17 .- Dirección general de unidades de riego para el desarrollo rural. 1976.  
La gallinaza como abono.  
Mexico. D.F. 53 p.

- 18 - Donahue, Ray. 1981.  
Introducción a los suelos en crecimiento de las plantas.  
Ed. Hispanoamerica S.A. 624 p.
- 19 - Duchaufor P.H. 1978.  
Prices de pedologie.  
Ed. Masson y Cia. Paris.
- 20 - Duchaufor P.H. 1984.  
Edafogénesis y Clasificación.  
Ed. Masson. S.A. 493 p.
- 21 - Echegaray A. 1969.  
Microbiología del suelo.  
Ed. Chapingo. 4a ed. Mexico.
- 22 - Finck A. 1985.  
Fertilizantes y fertilización.  
Ed. Reverte. Barcelona. 40-58 p.
- 23 - Foth H. 1972. Fundamentos de la ciencia del suelo.  
Ed. CECOSA. Mexico. 45-57 p.
- 24 - Garcia T. 1981.  
Experimentos de Microbiología del suelo.  
Ed. CECOSA. Mexico. 40-57 p.
- 25 - Garza Ramon J.R. 1985.  
Prueba de 4 diferentes abonos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de Azobacter spp. Tesis profesional Universidad Autonoma de Nuevo León. Monterrey, N.L.
- 26 - Gaucher G., 1971. Tratado de pedología agrícola.  
Ed. Omega. España. 412-420 p.

- 27 .- Gavino G. 1972.  
Técnicas selectas de laboratorio de ciencias.  
Ed. Limusa. Mexico 92-235 p.
- 28 .- Gross A. 1981.  
Abonos.  
Ed. Mundo Prensa. 7a. ed. Madrid pp. 188-195 .
- 29 .- Gutierrez Rodriguez. 1980.  
Efectos de la aplicación de abonos orgánico e inorgánicos sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo andosol. Tesis profesional: Universidad Autónoma de Chapin  
yo, México.
- 30 .- Jackson M. 1982.  
Análisis químicos del suelo.  
Ed. Omega. España 382 p.
- 31 .- Koneman Elmer. 1985.  
Diagnóstico microbiológico.  
Ed. Panamericana. Buenos Aires 333 p.
- 32 .- M. Ortega Martha 1987.  
Catalogo de algas Continentales Recientes de México.  
Cordinación de la Investigacion Cientifica , Instituto de Biología. UNAM. 565 p.
- 33 .- Marshall D., 1987.  
Biología de las algas.  
Ed. Limusa Mexico.
- 34 .- Moyo CC., 1989.  
Temperatur effects and soil urease activity.  
Soil Biology Biochemistry, Vol. 2(7). 935-937.

- 35.- Osuna Ceja Esteban. 1987.  
Efecto de lluvia sobre las propiedades físicas de los suelos laboreados. Tesis profesional.  
Colegio de posgraduados, Chapingo México. 183 p.
- 36.- Palmer, 1979.  
Introducción a la ciencia del suelo y manual de laboratorio.  
Editor S.A. Mexico.
- 37.- Parisi V. 1984.  
Biología y ecología de suelo.  
Ed. Blume. pp 9-25, 45-69, 72-103.
- 38.- Pelczar J. 1982.  
Microbiología.  
Ed. Mc. Graw. 2a. ed. Mexico.
- 39.- Primavera A. 1984.  
Manejo ecológico del suelo.  
Ed. El Ateneo. 5a. ed. Argentina. 499 p.
- 40.- Quintero Lizaola Roberto. 1984.  
Efecto de la labranza sobre los microorganismos del suelo.  
Tesis profesional: Universidad Autónoma de Chapingo. 59 p.
- 41.- Ramirez Monrroy Antonio. 1985.  
"Triticale y efecto de la humedad".  
Ed. Chapingo. México. 86 P.
- 42.- Reyes. 1981  
Diseño de esperimentos aplicados.  
Ed. Trillas. México 344 p.

- 43 .- Ríos G., 1985.  
Prácticas del módulo de 7º Semestre de la carrera de biólogo.  
Mexico. 65-81 p.
- 44 .- Rocha Sosa Mario. 1990.  
La fijación del nitrógeno.  
Ic y t. Vol. 2 (166-167) 78-82 p.
- 45 .- Rusell J. 1960.  
Las condiciones del suelo.  
Ed. CECSA. Mexico. 881 p.
- 46 .- Sinnot W. 1963.  
Botánica.  
Ed. Continental, 6a ed. Mexico. 584 p.
- 47 .- Teuscher H., 1985.  
El suelo y su fertilidad.  
Ed. Continental. 9a ed. 509 p.
- 48 .- Thompson I. 1978.  
El suelo y su fertilidad.  
Ed. Reverte. 3a ed. España. 15-19, 30-31, 40 p.
- 49 .- Thompson I. 1982. El suelo y su fertilidad.  
Ed. Reverte, 4a. ed. España. 649 p.
- 50 .- Ulloa Miguel, 1990.  
El reino de los hongos.  
Fondo de cultura. UMMM. 591 p.
- 51 .- Valdés Benedicto. 1989.  
Modificación de algunas condiciones físicas y químicas y de la actividad biológica --  
del suelo por la incorporación de estiércoles. Universidad Autónoma de Chapingo.  
Ed. Chapingo. Chapingo. Mexico. 160 p.

52 - Wilson L. 1980.  
Botánica.  
Ed. Hispanamerica S.A. Mexico. 682 p.

53 - Ya-Lun-Chou, 1986.  
Análisis estadístico.  
Ed. Interamericana, 2a. ed. 596 p.



A

P

E

N

D

I

C

E

## Medios de Cultivo.

### 1. - Medios de cultivo generales para bacterias, actinomicetos y hongos.

#### Medio de agar - Dextrosa

Componentes	g/lit
mezcla de peptonas	10.0
extracto de carne de res	3.0
dextrosa	10.0
cloruro de sodio	5.0
agar	15.0

pH final 6.9 ± 0.1

#### Agar de infusión de cerebro-corazon.

Componentes	g/lit
Infusión de cerebro de ternera	280.00
infusion de corazon de res	250.0
mezcla de peptonas	10.0
cloruro de sodio	5.0
fosfato disódico	2.5
dextrosa	2.0
agar	15.0

pH final 7.4 ± 0.02

### 2. - Medios de cultivo específicos

#### Agar Cetrimide (Pseudomonas)

Componentes	g/lit
peptona de gelatina	20.0
Cloruro de magnesio	1.4

sulfato de potasio 10.0

agar-agar 15.0

pH final 7.0 - 7.4

Agar de hierro y triple azúcar (Enterobacterias)

Componentes g/lit

mezcla de peptonas 20.0

cloruro de sodio 5.0

lactosa 10.0

sacarosa 10.0

dextrosa 1.0

sulfato de hierro y amonio 0.2

tiosulfato de sodio 0.2

rojo de fenol 0.025

agar 13.0

pH final 7.3 ± 0.1

Agar-glicerol-extracto de levadura (aislamiento de actinomicetos)

Componentes g/lit

glicerol 5 (ml)

extracto de levadura 2

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1

Agar 15

Solución de cristal violeta 1 % en sol. acuosa

### 3. - Solucion Bristol para cultivo de algas

Componentes	g/lit
$\text{NaNO}_3$	0.25
$\text{NaCl}$	0.025
$\text{FeCl}_3$	0.5
$\text{CaCl}_2$	0.025
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.075
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	0.075
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.018
Agua desionizada	1000 ml