

Nº 156  
R.E.J.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE QUIMICA

RELACION SUELO PLANTA Y MICROORGANISMOS EN  
AREAS FORESTALES DE LA "SERRANIA DEL AJUSCO"

T E S I S

Que para obtener el Título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

Presenta:

EULALIA SOLANA CORDOVA

FALLA DE ORIGEN

México, D. F. 1992



## **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.

INDICE.

	Pagina
I. INTRODUCCION .....	1
Introducción.....	1
Hipótesis.....	2
Ubicación de la zona .....	2
II. GENERALIDADES.....	4
Pinaceas.....	4
Origen de suelo.....	10
Aspectos físicos.....	12
Aspectos químicos.....	14
Fracción orgánica.....	15
Suelos forestales.....	15
Propiedades físicas de los suelos forestales...	17
A) Profundidad.....	17
B) Textura.....	18
C) Color del suelo.....	18
D) Materia orgánica.....	19
E) Relación C/N.....	25
F) Humedad.....	26
Aereación.....	26
Propiedades químicas de los suelos forestales...	27
G) Nitrógeno.....	28
H) Intercambio catiónico y aniónico.....	33
I) Potasio.....	34
J) Fósforo.....	35
K) Calcio.....	36
L) Magnesio.....	37
Propiedades microbiológicas de los suelos -- forestales.....	38
Gen. Beijerinckia.....	41
Gen. Azotobacter.....	42
Descomposición de materia vegetal por -- microorganismos.....	42
Bacterias nitrificantes.....	44
Factores que influyen en la nitrificación.....	44

Nitrificación heterotrófica.....	46
Transformaciones de la celulosa.....	48
Microflora celulolítica.....	49
Hongos.....	49
Levaduras.....	50
Actinomicetos.....	51

### III. METODOLOGIAS.....55

A) Descripción de los sitios de muestreo.....	55
B) Descripción de la toma de muestra.....	58
C) Propiedades físicas.....	59
Determinación de Color del suelo.....	59
Determinación de Textura.....	59
D) Propiedades químicas.....	60
Determinación del pH del suelo.....	60
Determinación del contenido de Humedad.....	60
Determinación de la Materia Orgánica.....	60
Determinación de Nitrógeno.....	60
Determinación de Nitrógeno Amoniacal.....	61
Determinación de Fósforo.....	61
Determinación de Potasio.....	61
Determinación de Calcio y Magnesio.....	61
Determinación de Manganeso.....	62
Determinación de Intercambio Cationico tot.....	62
Determinación de Cationes no metálicos canjeables.....	62
Determinación de Intercambio Ionico.....	62
E) Metodos Microbiológicos.....	62
Cuantificación del Número de Bacterias totales en medio sólido.....	62
Cuantificación de Azotobacter y Derrxia.....	63
Cuantificación de Derrxia.....	63
Cuantificación de Bacterias Celulolíticas.....	64
Cuantificación de microorganismos Desnitrificantes.....	65

Cuantificación de Hongos.....	66
Cuantificación de Bacterias Totales.....	66
IV. RESULTADOS.....	68
Vegetación encontrada en los sitios de muestreo.....	68
Descripción de los análisis de la zona..	70
Tabla # 1 Propiedades Físicas.....	71
Tabla # 2 Propiedades Químicas.....	72
Tabla # 3 Propiedades Microbiológicas..	74
Gráfica de Distribución anual de lluvias	77
Gráfica de Distribución anual de temperaturas.....	78
Días con lluvias en la zona del parque forestal.....	79
Gráficas de resultados.....	81
V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	89
VI. CONCLUSIONES.....	95
VII. BIBLIOGRAFIA.....	98

## I. INTRODUCCION.

El estudio de los recursos forestales en nuestro país, puede considerarse que se encuentra en los inicios, debido a que hay todavía zonas boscosas -- que no han sido tocadas por la mano del hombre, (considerandose como suelos -- vírgenes), y aún no han sido sometidos a estudios ecológicos.

Otras zonas boscosas como la del Valle de México, incluyendo los alrededores de la Ciudad de México constituyen parques forestales de recreación popular, los cuales por su función son sometidos a fuertes alteraciones microbiológicas, físicas y químicas, en gran parte debidas a la presencia del hombre.

Estas alteraciones son de gran importancia para la investigación de los suelos forestales y para ello es necesario conocer la población microbiológica y su relación con las características físicas y químicas de los suelos. Para el presente estudio se seleccionó el Parque Forestal "CUMBRES AJUSCO", situado en la Serranía del Ajusco al sur de la ciudad por su cercanía y por presentar perturbaciones ocasionadas por el hombre.

### OBJETIVOS.

Hacer un estudio físico, químico y microbiológico de los suelos y si es posible conocer la relación entre los microorganismos del suelo, con la vegetación y la orientación. Además de determinar la distribución de las poblaciones microbiológicas durante las diferentes épocas del año y en zonas como: a) albergues y campamentos, b) zonas de pastoreo, c) zonas de cultivo de árboles y d) zonas más alejadas de la presencia del hombre.

En nuestro país, los bosques constituyen un factor de gran importancia -- para la industria y las comunidades, por ser un recurso natural renovable que ocupa grandes áreas, sin embargo, muchas de estas áreas se encuentran en degradación y en descuido de magnitudes impresionantes. La explicación histórica de este fenómeno se hace patente al analizar las tres etapas de aprovechamiento forestal en México.

1. La sobreexplotación, que abarca desde la caída del Imperio Maya hasta 1926, en esta etapa se implicaba que el recurso era inagotable y que debía utilizarse para apoyar el desarrollo de otras actividades prioritarias. 2. El Conservacionismo, que abarca de 1926 a 1973, en el cual debido a la sobreexplotación, en la época anterior se decretan vedas e instrumentos legales para proteger el recurso. 3. El Racionalismo, que es la última etapa, en la que se -

que se pretende llegar a una distribución equitativa de los beneficios del recurso, así como integrar los planes forestales y consolidar los intereses de los sectores involucrados.

#### HIPOTESIS.

Comprobar en los suelos de la Serranía del Ajusco, si hay diferencias en las condiciones químicas, físicas y microbiológicas, en cuatro sitios de muestreo escogidos por su orientación: NORTE, SUR, ESTE, OESTE, del parque forestal "CUMBRES AJUSCO" y si existen relaciones entre los factores y la vegetación y si estas condiciones se mantienen invariables a lo largo de un año (temporada de secas y temporada de lluvias).

#### UBICACION DE LA ZONA.

La zona de estudio esta en el Parque Nacional "CUMBRES AJUSCO", creado por decreto presidencial el 26 de Agosto de 1936, con una extensión y propiedad de 920 hectáreas de propiedad comunal (26).

La modalidad del decreto fue: la expropiación de los terrenos comprendidos dentro del parque, excluyendo los terrenos en plena producción agrícola, como zonas de protección vegetal forestal, para conservación de la vegetación o tendiente a la reforestación.

El clima corresponde al de una zona subalpina, con precipitaciones anuales de 0-5 mm a 160-320 mm; el parque cuenta con alturas de 3,350 m a 4,000 m sobre el nivel del mar, entre las principales características figura la cuspide de la montaña del mismo nombre, cubierta por bosques de pino y oyamel. Hacia el sur contra la serranía, se contempla y destaca el cono truncado del volcán Xitle.

La vegetación ha sido poco estudiada hasta la fecha pero en 1951, Goldman, menciona una zona mezclada de encinos, madroños y pinos entre 2,750 m y 3,200 m; la zona canadiense definida por la presencia de oyamel en regiones de 3,200 a 3,800 m, y la zona hudsoniana entre 3,800 y 3,950 m, caracterizada probablemente por la presencia de Pinus hartwegii.

Guzmán Huerta (1958), reconoce cuatro tipos de vegetación, bosques de encino y aile a los 2,700 m, bosques de P. pseudotrobus, P. ayacahuite, P. monte zumac, y P. rudis a 2,700 y 3,300 m, bosques de oyamel en regiones húmedas de 2,800 a 3,500 m y bosques de P. hartwegii de 3,300 a 3,900 m.s.n.m.

En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, al hacer un estudio ecológico de la región montañosa se localizaron las siguientes comunidades bosques de P. pseudotrobus y P. ayacahuite de 2,800 a 3,200 m; bosques de P. montezumae de 3,000 a 3,200 m; bosques de Abies religiosa de 3,000 a 3,500 m; bosques de P. hartwegii de 3,500 a 4,000 m y vegetación alpina de 4,000 m hasta arriba.

En las zonas de vegetación alpina, se cumple una función de protección del suelo y es muy importante, tanto el zacatón como las plantas de hábitos rastreros, ya que el primero con su vasta red de raíces y los segundos con toda la planta, son una barrera contra los efectos erosivos. La zona boscosa no solo protege al suelo de la erosión sino que además regula los escurrimientos del agua de lluvia, reteniendo gran parte de ella, disminuyendo así los peligros de inundaciones y reduciendo el arrastre de sedimentos, sirve de refugio de la fauna silvestre y es regulador de las condiciones climáticas.



## II. GENERALIDADES.

Es indudable que los bosques se encuentran en climas templados y fríos - y están caracterizados fundamentalmente por la presencia de coníferas, que son los más importantes desde el punto de vista nacional, tanto por su magnitud co por otros factores como la cercanía a poblaciones e industrias y la accesibilidad, etc.

Debido a que en nuestro país es muy común encontrar volcanes y depósitos de cenizas; encontramos formaciones geológicas de norte a sur; en la Sierra Madre Occidental, desde los estados de Chihuahua hasta Chiapas. En la Mesa Central se localiza el Eje Neovolcánico formado por macizos montañosos en Jalisco Colima, Michoacán, Edo. de México, Puebla, y Veracruz. Otra formación geológica es la Sierra Madre del Sur, en los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz, estas elevaciones montañosas varían de 2,000 a 5,000 m.s.n.m y están cubiertas por vegetación de Abies spp, Pino spp, Quercus spp y pastizales. (73).

De acuerdo con las condiciones de cada región existen diferentes tipos - de suelo y en cada uno surgen distintos tipos de vegetación o fauna y en general, diferentes condiciones ambientales que determinan la explotación de los - recursos naturales y la presencia misma del hombre.

El suelo exige un uso racional por parte del hombre pues al estar sujeto a una explotación inadecuada sufriría deterioro.

Existen diversas causas por las cuales el suelo puede deteriorarse, y - este fenómeno origina el desgaste de los suelos, al perder elementos químicos como son el nitrógeno, fósforo y magnesio esenciales para producir fertilidad.

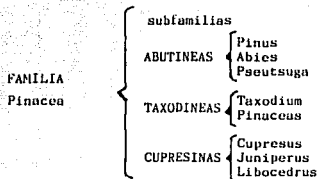
Uso forestal: Los bosques se localizan en suelos de buena calidad, lo - cual puede deteriorarse por efectos de la tala inmoderada y de la ausencia de reforestación, que puede ocasionar cambios climatológicos y erosión del suelo al destruir la ecología de los bosques.

Nuestro país cuenta con 19.8 millones de hectáreas de bosques, de las - cuales 9 millones son de especies maderables (que son las de mayor importancia económica) y 10.8 millones son de especies no maderables.

### PINACEAS:

Constituye una de las familias más importantes del reino vegetal y las - que en mayor cantidad se encuentran formando un bosque en la zona de estudio

Las pináceas son árboles o arbustos siempre verdes más o menos resinosos. Esta familia comprende en México 8 géneros agrupados en tres subfamilias:



1. Pinus: de hojas agrupadas, largas y agudas con vainas en la base (P. - mponophylla) o de hojas solitarias lineares, casi cuadrangulares o escamiformes.
2. Abies: cono erecto o escamas caedizas.
3. Pseutsuga: cono colgante y escamas persistentes.
4. Taxodium: conos globulosos con escamas gruesas; hojas caedizas, cono alargado, con escamas delgadas persistentes.
5. Pinacea: hojas escamiformes o de hojas cuadrangulares, punzantes, sotenidas por bases salientes.
6. Cupresus: fruto globuloso, escamas poligonales, pilladas.
7. Juniperus: cono colgante, escamas persistentes.
8. Libocedrus: fruto alargado, escamosos, oblongados no piltradas.

**Pinus (gen):**

Descripción general: Son árboles siempre verdes, más o menos resinosos, - con hojas aciculares (agujas), en número de 1-8, protegidas en la base por una vaina caediza o persistente y con los frutos en forma de conos leñosos; formado por escamas que abrigan las semillas.

Clasificación: Se clasificaron botánicamente desde hace más de 100 años utilizando el grupo, las especies, variedad y forma.

Secciones	Especies, variedad y formas
Grupo montezumae	<u>P. montezumae</u> Lamb. mtz. f macrocarpa. lindleyi hond.

Grupo rudis

P. hartwegii lind.

P. rudis Endl. (teocote)

hartwegii: cono muy oscuro, casi negro. Escamas delgadas y frágiles, ambas aplastadas, rara vez salientes (3,4,5 hojas), 3 hojas con apofisis aplastadas, rara vez protuberantes, muy poca espina o casi nula.

montezumae: cono de 16-20 cm (macrocarpa), hojas gruesa, apofisis saliente, hojas delgadas apofisis algo achatadas, cono encorvado (lindleyi).

teocote (ajusco): Apofisis uniforme, hojas tiesas y rígidas.

Abies mexicanos (54,55).

Descripción general: Los Abies llamados vulgarmente oyameles, abetos, o pinabetes, son árboles corpulentos, siempre verdes, resinosos, de copa simétrica y aguda. Hojas lineares y persistentes. Las inflorescencias masculinas se producen en la parte inferior de las ramillas; los frutos se presentan en las ramillas más altas, y constan de un eje erguido y persistente con las escamas caducas, son árboles de lugares montañosos elevados.

troncos: son erguidos y simples de 30-40 metros de altura, A. religiosa.

Corteza: es oscura, gruesa y hendida y con placas escamosas e irregulares en los árboles adultos y grisacea y más o menos lisas en los juvenes.

Ramillas: Son opuestas y frecuentemente disticas, de color moreno rojizo

Hojas: son lineares sésiles, rectas o algo falcadas muy delgadas (A. guatemalensis) o relativamente gruesas (A. mexicana, A. veurii)

Apice: es agudo en algunas especies (A. religiosa) y a veces algo córneo en otras es truncado y redondeado, obtuso o más o menos emarginado.

Canales resiníferos: están limitados por una capa de células muy pequeñas que protegen a las células secretoras.

Yemas: son globulosas u ovoides, situadas lateralmente y siempre protegidas por una capa de resina.

Inflorescencias: las inflorescencias masculinas son más numerosas, aparecen en la cara inferior de las ramillas en la cima del árbol y crecen rápidamente.

Conos: son sésiles o subsésiles, solitarios pero muy próximos, de modo que frecuentemente aparecen agrupados.

Madera: es suave y poco durable, de color blanco crema, con un hilo más o menos recto.

Lugares y climas: crecen en lugares montañosos y fríos, en altitudes de 2,800 a 3,500 m.s.n.m., se encuentra en terrenos húmedos en las montañas o en las barrancas.

Distribución: se localiza en la región central del país (Michoacan, Jalisco, Guerrero, Edo. de México, Valle de México, Puebla, Hidalgo, Veracruz y Tlaxcala).

Clasificación: Se basa en el número de canales resiníferos, en el tamaño de la bráctea con relación a la altura de la escama, en la distribución de las hojas y en la forma del ápice.

Para determinar fácilmente las especies y variedades se han formulado — dos clases basadas, una en la forma de ápice de las hojas y otra en el tamaño relativo de la bractea.

Pinus religiosa (H.B.K.):

Schl el cham.

Fué colectada por Humboldt y Bonapland en 1803, entre Mazatlán y Chilpancingo, aunque la descripción original también encaja para las variedades encontradas en el Valle de México y en especial en la zona del Ajusco.

Pinus montezumae var. Lindleyi.

London, (Encycl. trees, pp 1004, 1883).

El pino ha sido difícil de definir, particularmente partiendo de las descripciones de Gordon y Shaw.

Cuando las apófisis son piramidales, tienen notable parecido con el P. — michoacana cornuta aunque sus hojas son algo menores y delgadas y los conos — más chicos.

Por su aspecto general se parecen al P. pseudotrobus, pero las ramillas — son asperas, con las bases de las brácteas fuertes, abultadas y descamadas de color moreno oscuro.

En general las hojas son delgadas en número de 5, de 27 a 35 cm de largo triangulares flexibles y colgantes de color verde oscuro.

Las vainas persistentes de 25 a 30 mm de color castaño cenizo.

Cono solitario, pocas veces de paredes largamente ovoides y atenuado gradualmente hacia el ápice, de 12 a 14 cm de largo, con pedúnculos de 10-12 mm, — escamas de unos 20 mm o muy bajas y planadas, duras con la cúspide oscura que

remata en punta corta y persistente.

Var. *hartwegii*:

Arbol de 15-30 m, de corteza agrietada de color pardo rojizo, con ramas extendidas e irregularmente colocadas, ramillas muy asperas con las bases de las brácteas largas y fuertes a veces agudas y salientes que con frecuencia se descaman, en la forma típica se observan tres hojas.

*Pinus toocete*, Schl et Cham. *Linnaea* V. (1830).

Este tipo tiene una amplia zona de distribución y presenta por lo mismo muchas variaciones, tanto en su cono como en sus hojas. Shaw consigna dimensiones de las hojas como de 10-20 cm, siendo generalmente fuertes y en número de 3 pero pudiendo ser 4 o 5 y describe los conos caedizos no excediendo de 6 a 7 cm, las hojas son 3, asperas lineares, con el dorso convexo, el borde toscamente aserrado, concavas, interiormente recorridas a lo largo por un nervio carinado y potente, mide de 3 a 5 pulgadas.

Los suelos forestales de la Sierra Madre Occidental, se han clasificado como café forestales, rojos forestales, praderas, y en las montañas más altas se observan zonas con suelos en proceso de podzolización. Algunos suelos son de origen de cenizas volcánicas ricas en mineral vítreo, se clasifican como -- suelos de ANDO, los pedólogos rusos los clasifican como Kraznozen, estos suelos se caracterizan por tener propiedades dominantes como: 1) Alto contenido en materia orgánica en los primeros 30 cm. 2) Los porcentajes de materia orgánica varía entre 5 a 20%. 3) Las concentraciones de nitrógeno ( $N_2$ ) van de 0.2 a 0.7%. 4) El pH de 4 a 6.5. 5) La capacidad de intercambio catiónico varía entre 15 a 60 meq/100 gr. 6) El complejo de intercambio es alto en el horizonte A y bajo en el horizonte B. 7) De las bases intercambiables domina el calcio y le sigue el magnesio.

Otras características sobresalientes de estos suelos, son su contenido de  $Al^{3+}$  intercambiable, y la presencia de óxidos e hidróxidos de aluminio denominado generalmente gibsita. El contenido arcilloso de estos suelos es el alofano, la haloisita y la caolinita, pero domina la haloisita. La relación  $-- SiO_2/Al_2O_3$  de las arcillas, van de 30-50 meq/100 gr. En los suelos más intemperizados se acumula gibsita, óxido de hierro y caolinita. El alofano y el  $Al_3$  se encuentran en las superficie y son responsables en gran parte de la fija--

ción de cantidades considerables de fósforo, lo cual limita el uso de fertilizantes fosfatados, en cultivos en escala comercial.

Algunas zonas son las características de los suelos de ANDO no deben someterse a cultivos agrícolas, ya que debido al contenido de aluminio y materia les coloidales que fijan fuertemente el fósforo, se considera que el único uso adicional es para el desarrollo de coníferas (que normalmente se encuentran a altitudes sobre el nivel del mar que van de 800 m hasta 4,400 m y en el cual ocurren variantes de temperatura y precipitaciones caracterizados por clima templado-húmedo). Los suelos de estas áreas son fundamentalmente derivados de rocas igneus y calizas.

Las arcillas dominantes de estos suelos son la haloisita, caolinita y el alofano.

Las características físicas son: a) varían de profundos a delgados; b) textura de migajón; c) ricos en materia orgánica; d) las principales coloraciones son: café, negro, rojo; e) con pH ligeramente ácido.

La vegetación esta constituida principalmente por bosques de coníferas, latifoliadas y zacatonales.

Dentro del campo se encuentran asociaciones vegetales de importancia cuya distribución obedece fundamentalmente a los cambios de temperatura, por la variación de altitud, destacando las siguientes:

A) Asociación de Oyamel (A. religiosa): este tipo de vegetación se localiza en cuñadas donde las condiciones de humedad del suelo como del ambiente son elevados y la exposición de los terrenos en que vegeta, generalmente es al norte. Los límites altitudinales son aproximadamente a los 2,800 a 3,600 m. Las especies arbóreas que conviven en esta asociación son: P. ayacahuite, P. hartwegii, Alnus firmifolia, Ribes ciliatum y Salix oxylepis, predominando sobre todas ellas el A. religiosa. En el estrato arbustivo, entre las especies más abundantes se encuentra el Sinecio agustofolios, S. barba-johannes, Salvia elegans, Eupatorium globratum, Arctostophylus arguta, Arbutus glandulosa, Buddleia parviflora. En el estrato herbáceo y rasante se encuentra Bryum procerum, Archimilla procumbens, Leptodontium gracile, Agrostis toluensis, Festuca amplissima, Poa annua. (81).

B) Asociación Pinus hartwegii: Esta asociación es la mayor y vegeta en la parte más alta, entre 3,350 y 4,000 m., encontrándose en las partes de menor altitud, asociadas con A. religiosa, Alnus firmifolia, P. montezumae, P. ayacahuite var. vertchii y P. rudis. En el estrato arbustivo se encuentran Lupinus elegans, L. montanus, Puestremon gentianoides, Sinecio cinerarioides y S. sinautus. Así lo mismo en los estratos herbáceos y rasante predomina por abundancia Stipaceae, Poa conglomerata, Poa annua, Festuca tolucensis, Alchemilla procumbens, Muhlenbergia macroara. (81).

C) Asociación Pinus montezumae: Esta asociación ocupa el segundo lugar - en extensión y se encuentra en las áreas de menor pendiente y con suelos más profundos que los demás. Su límite altitudinal inferior se encuentra a 2,700 m donde hace contacto con bosques de P. liophylla y P. teocote y su límite superior se localiza a unos 3,400 m.s.n.m. Se le encuentra asociado con P. ayacahuite var. vertchii, A. religiosa, Alnus firmifolia, Buddlia parviflora y Arbutus glandulosa. En el estrato arbustivo se encuentran Baccharis confertu, Gnaphalium sp., Quercus laurina, Salvia elegans, S. barba-johannes, Stevia elonga. Así mismo, en el estrato herbáceo se observa Agrostis tolucensis, Auricularia nutans, Bromus lacineatus, Brachipodium mexicanus, Ribes ciliatum.

D. Asociación de Pinus ayacahuite var. vertchii: Es la asociación menos definida y de menor extensión y localizada en donde la humedad ambiental ya es mayor. Su límite altitudinal inferior es de 2,750 m., se encuentra acompañado de P. liophylla y P. teocote y su límite superior es de 3,350 m., donde P. montezumae y A. religiosa son abundantes. Formando parte de esa asociación también con regular importancia, Quercus laurina, Salix paradoxa y S. oxylepis. En el estrato arbustivo se encuentra Arctostaphylos arguta, Buddlia parviflora; en los estratos rasantes y herbáceos se observa Alchemilla procumbens.

#### ORIGEN DEL SUELO.

El suelo tiene su origen en la descomposición de las rocas superficiales y constituye el soporte natural de las plantas al que se fijan mediante las raíces, las cuales extraen buena parte de los elementos que necesitan para subsistencia y desarrollo. Desde el punto de vista agrológico, el suelo es la región que mantiene la vida de la planta del cual estas obtienen su soporte mecánico y sus nutrimentos.

Químicamente el suelo contiene gran cantidad de sustancias orgánicas que no se encuentran en la misma cantidad en los estratos subyacentes. Microbiológicamente es uno de los sitios donde hay mayor interacción biológica y reacciones bioquímicas, debido a la vasta población de microorganismos como bacterias, hongos, algas, protozoarios y diferentes especies de organismos pluricelulares.

El suelo está compuesto por varias fases las cuales contienen los cinco componentes principales del suelo, materia orgánica, materia inorgánica, agua, aire y comunidad biótica, la cantidad de estos constituyentes no es la misma en todos los suelos, sino que varía con la localidad. Estas fases que componen el suelo son: la fase sólida, la cual contiene el material mineral y orgánico, la fase líquida que contiene agua, cationes, aniones y micronutrientes en forma soluble; la fase gaseosa, que es la atmósfera del suelo y que contiene micronutrientes en forma soluble, nitrógeno, oxígeno, CO<sub>2</sub>, y gases raros, y la fase viva formada por microorganismos, fundamentalmente por bacterias, hongos, actinomicetos, algas y fauna del suelo, etc. La cantidad de nutrientes no es la misma en todos los suelos sino que varía de acuerdo a la localidad, al origen del suelo, el clima, la fisiografía, la altitud, etc.

Los suelos se clasifican generalmente según el tamaño y la cantidad de partículas de rocas o piedras de que están compuestos. Los suelos formados principalmente por arenas, se les denomina suelos arenosos, son ligeros fácilmente cultivables, con buen desagüe y el sol los calienta con facilidad; los suelos arcillosos, cuyas partículas son muy finas, tienden a ser pesados, fríos, húmedos; los suelos limosos, son de textura intermedia formado de lodo de los ríos o de mezcla de arena y arcilla; el suelo rocoso, es el que tiene gran proporción de partículas rocosas, están básicamente formados por los restos de putrefacción de la vegetación que queda al secarse los pantanos; los suelos alcalinos, son los que contienen grandes cantidades de sales alcalinas, y se encuentran en regiones secas.

Los suelos se pueden clasificar también como agentes causantes de su localización. Así los suelos glaciales, se han formado al depositarse arenas y gravas arrastradas por los glaciares; suelos aluviales, son también suelos trasladados a distancia y el agente es el río; suelos lacustres, son los suelos que se iniciaron por sedimentación en el fondo de los lagos posteriormente desaparecidos.



La capacidad del suelo depende de la capacidad para suministrar alimento suficiente, aire, y agua a las raíces de las plantas. Estas requieren alimento en forma sales solubles que contengan nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, magnesio, potasio, hierro y otros elementos. Parte de estas sales se obtienen directamente de la descomposición de los minerales y las rocas. (76).

La fertilidad del suelo dependerá en gran medida de la presencia de microorganismos, algunos de los cuales poseen la facultad de atacar sustancias químicas, minerales de las rocas. Otras descomponen sustancias orgánicas formando otras más sencillas que pueden ser utilizadas por la planta como alimento. Otras pueden tomar nitrógeno libre del aire y formar con el, nitratos que son los más importantes nutrientes vegetales.

Aunque el suelo tenga las sustancias nutritivas necesarias para la planta, para que crezcan, se requiere la presencia de bastante cantidad de agua -- que disuelva dichas sustancias.

#### Diferencia entre suelos.

Existen diferentes fajas de suelo en la superficie terrestre. Existen -- además diferencias locales en los suelos; entre dos áreas cercanas, varía la profundidad, el color, el pH y la composición química de los diferentes horizontes. Estas variaciones se relacionan frecuentemente con la naturaleza del material rocoso, del que se originó el suelo, los factores climáticos, el tipo de vegetación y la topografía.

#### Aspectos físicos.

Los materiales sólidos ocupan alrededor de la mitad de volumen del suelo el resto lo constituyen poros llenos de aire y agua, ambos esenciales para la vida. La cantidad de espacio poroso depende de la estructura, el contenido de materia orgánica y la textura. En los suelos arcillosos, son generalmente pequeños. En las áreas arenosas los poros son grandes, pero la cantidad total de espacio poroso es menor que en los suelos donde predominan las partículas finas. El tamaño de cada poro y el espacio poroso total afectan el movimiento de retención de agua. En suelos arenosos el agua se mueve rápidamente a través de los poros grandes pero se retiene poco. En suelos más pesados los numerosos microporos contribuyen a una mayor retención de agua.

La porosidad de los suelos se ve afectada por el estado de agregación de

partículas estructurales grandes, compuestas de limo y arcilla, las condiciones meteorológicas, la actividad microbiana y otros factores. La porosidad depende del tamaño de los cuerpos; grandes que se rompan fácilmente hasta granulos pequeños de consistencia firme. Además de efectos sobre el movimiento del agua y aire, los que a su vez regulan la actividad de la microflora, los agregados son de interés debido a que el material celular y las excreciones de bacterias, hongos y actinomicetos, son factores que afectan la formación y la estabilidad de los granulos.

En ciertas épocas del año el suelo se encuentra muy húmedo y es utilizada el agua para la actividad biológica óptima, mientras que en otras ocasiones el grado de humedad es bajo y los microorganismos son dañados. Debido a que el agua del suelo proviene de la precipitación atmosférica, el abastecimiento es muy variable y en la naturaleza hay marcadas fluctuaciones en el contenido de agua del suelo.

El agua que se mueve por la fuerza de gravedad se denomina agua libre o gravitacional y se encuentra en los poros más grandes del suelo, es por esto que se afecta directamente la aereación. Parte del agua que se retiene es debida a la atracción entre el agua y los otros constituyentes del suelo. No toda el agua es aprovechada biológicamente y solo una parte de esta porción retenida en contra de la atracción gravitacional y puede usarse por los sistemas vivientes. La fase líquida es importante para las plantas y flora subterránea, debido a que contiene varios nutrientes que esta requiere, debido a que los materiales alimenticios necesarios se encuentran en la solución del suelo, así como determinado número de sales inorgánicas.

La aereación y la humedad se relacionan directamente debido a que la parte del espacio poroso no contiene agua, la cual a su vez desplaza al aire. Podría decirse que el gas que se encuentra en el perfil constituye la atmósfera del suelo.

La diferencia de la composición de la atmósfera de la superficie se origina por la respiración de microorganismos y raíces vegetales, organismos vivos que consumen  $O_2$  y liberan  $CO_2$ . En el extremo opuesto, una aereación inadecuada se relaciona con deficiencias en el drenaje e inundación.

### Aspectos químicos.

Las plantas y los microorganismos, obtienen muchos de los nutrientes de la porción inanimada del suelo por lo que se requiere considerar la composición química de este medio ambiente. Algunas especies obtienen carbono o nitrógeno de la atmósfera en forma de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , o  $\text{N}_2$ , pero la mayor parte de estos elementos así como el resto de los nutrientes microbianos, se obtienen de la fuente líquida, o sólida del suelo. Puede observarse que la profundidad afecta la composición química. Por lo general de la superficie total el 70-90% de la masa total es representada por el dióxido de silicio, es más abundante en la superficie del suelo que en el subsuelo, los otros componentes representan un movimiento descendente y se depositan en el horizonte B. De modo general, la materia orgánica y el nitrógeno son más sobresalientes en el estrato superficial. Por el contrario, la concentración de calcio y magnesio es menor en el horizonte A, que en los horizontes más profundos.

En el abastecimiento de nutrientes el suelo posee una extraordinaria capacidad para retener iones, los cationes como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , y  $\text{Mg}^{2+}$ , son extraídos de las soluciones de los minerales arcillosos, los cuales debido a la carga eléctrica negativa, atraen a los iones cargados positivamente. La materia orgánica del suelo también retiene cationes y su capacidad para extraer de la solución tales iones, debe considerarse como la de las arcillas. De hecho los coloides orgánicos son más activos que las arcillas, en cuanto al intercambio iónico. Esta retención de iones positivos conduce a una importante característica del suelo, la de Intercambio Catiónico.

Una característica importante de la capacidad de intercambio cationico, es de una medida de la capacidad de la arcilla y los coloides orgánicos para extraer iones positivos de la solución. La capacidad de intercambio, varía con la naturaleza, la cantidad de arcilla y materia orgánica, debido a que los suelos pesados son ricos en ambos componentes, tiende a representar intercambios mayores que en los suelos ligeros y en consecuencia, pueden extraer en mayor cantidad aquellos nutrientes que existen en forma cationica. Algunas sustancias que asimilan los microorganismos son de naturaleza aniónica, estos iones cargados negativamente son representados por los bicarbonatos, nitratos, fósforos, sulfatos o milibdatos. Sin embargo, el intercambio aniónico nunca es apreciable en el suelo por lo que es de poca importancia biológicamente.

### Fracción orgánica. (7).

La fracción del suelo con frecuencia se denomina como HUMUS, y es el producto de la actividad de síntesis y descomposición de la microflora y fauna. Es reserva alimenticia predominante debido a que contiene el carbono orgánico y el nitrógeno que se requiere para el desarrollo microbiano.

El humus es a la vez un producto de metabolismo microbiano y una fuente de alimentación, cuando los restos de plantas y animales caen al suelo o se incorporan a él son sujetos a descomposición, formándose residuos de los cuales existe una gran variedad de productos.

La fracción orgánica nativa se origina de dos fuentes: los restos orgánicos vegetales que entran en el suelo, y los microorganismos del suelo. Los microorganismos actúan sobre los primeros para sintetizar protoplasma microbiano y nuevos compuestos que llegan a formar parte de la fracción orgánica. El humus existe en estado dinámico, continuamente degradado y reconstituido por los habitantes subterráneos a partir de los residuos de vegetación. La descomposición provoca pérdidas de algunos compuestos carbonados, y al mismo tiempo se origina nuevo tejido microbiano.

### SUELOS FORESTALES. (20, 37).

Al conjunto de árboles, arbustos y algunas formas de vida, presentan una relación natural y armónica en el suelo, los que en forma colectiva se llaman bosques forestales. El suelo influye en la composición de las plantas del bosque, tanto en su patrón morfológico, como en la velocidad de crecimiento, influye en el grado de productividad y de resistencia, así como en su estabilidad contra el viento. Muchos de los suelos de los bosques son producto de la erosión por el medio ambiente que actúa sobre las partículas de arena y arcilla, pero además es común que los bosques estén soportados por rocas y crestos, grava amontonada, depósitos de esqueletos en descomposición y turba en capas de desechos suspendidos por el agua, además zonas pantanosas y áreas permanentemente inundadas.

En general el suelo forestal se puede definir, como la fracción de superficie terrestre que sirve como medio de sustentamiento de la vegetación forestal y que consiste en la materia orgánica e inorgánica que contiene diferentes fracciones de agua y aire, la cual es habitada por microorganismos y fauna (76).

El suelo forestal presenta características particulares debido a la gran

cantidad de hojarasca, raíces de árboles y microorganismos específicos cuya existencia depende de la vegetación forestal. En estos suelos las raíces tienen la capacidad de ser la fuente principal de materia orgánica, ya que la cantidad de hojarasca es menor debido a la constante remoción por el correr del viento y del agua. Los suelos forestales se pueden presentar en diferentes formas y condiciones debido a los cambios ambientales. El constituyente vivo más importante del suelo del bosque, es el sistema de raíces de los árboles con los que a veces se asocian ciertas especies de hongos para formar micorrizas, ayudando a los árboles en la obtención de nutrientes. (63).

Debido a que el origen fundamental del suelo es la roca, la cual sufre un desgaste físico, que viene acompañado de profundos cambios causados por procesos químicos, como son: hidrólisis, carbonatación, oxidación y reducción.

En este desgaste químico, el agua, oxígeno, bióxido de carbono y algunos ácidos reaccionan con los minerales de las rocas reduciendo las partículas coloidales. Los productos finales de la transformación incluyen partículas de cuarzo, ácidos, sales minerales y minerales secundarios. El desgaste es el primer paso de la formación del suelo, y le otorga a este propiedades que más tarde van a influenciar el crecimiento y distribución de los vegetales en los suelos.

La composición de los productos de desgaste va a estar determinada, tanto por la condiciones climáticas, como por la naturaleza de las rocas. En las regiones boscosas se producen tres etapas de desgaste que se diferencian por las propiedades coloidales del material desgastado.

a) Desintegración física: predominante en las regiones frías, por lo que se inhiben las reacciones químicas, hay rompimiento de las rocas y se acumulan desechos que se alteran mineralógicamente.

b) Ferralización: se lleva a cabo en regiones calurosas, tropicales y subtropicales.

c) Sialización: es característica de zonas templadas.

Las tierras boscosas constan generalmente de 4 o más capas (70), las capas separadas u horizontes del suelo constituyen lo que se llama perfil, estos horizontes se designan convencionalmente por las letras A, B, C, y G, acompañadas por un número.

Horizonte A. tierras boscosas: constan de 4 o más capas, constituidas --

de desechos orgánicos que se han incorporado al material mineral.

Horizonte A<sub>1</sub>. Capa mineral: capa orgánica que se produce por la incorporación de humus amorfo que se ha formado por la actividad microbiológica.

Horizonte A<sub>2</sub>. se encuentra empobrecido en sales coloides solubles.

Horizonte A<sub>3</sub>. capa de transición entre A<sub>2</sub> y B.

Horizonte B. enriquecimiento eluvial, que contiene sales solubles precipitadas y minerales coagulados, además de coloides orgánicos.

Horizonte C. es el substratum que no muestra signos de alteración, esta capa es pobre en carbono y sales solubles.

Horizonte G. Gley se forma por las aguas lodosas que contienen hierro y otros materiales reducidos.

El suelo esta constituido por elementos minerales; (40) arena gruesa, arena fina, limo, caliza, óxidos de hierro.

Por elementos orgánicos como humus y detritus vegetales.

La atmósfera del suelo esta formada por el contacto suelo agua, que desprende pequeñas burbujas al contacto con los terrones, pues tambien contienen constituyentes gaseosos.

El suelo esta constituido por:

- elementos figurados, solidos de naturaleza mineral u orgánica,
- elementos líquidos o soluciones del suelo,
- elementos gaseosos, formando la atmósfera del suelo.

El reparto de las tres fases en un suelo bien equilibrado es:

- a) aire,
- b) agua,
- c) constituyentes solidos 50% de los cuales 3 a 5 son orgánicos y el resto material mineral.

#### PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS FORESTALES.

A. PROFUNDIDAD: ejerce propiedades fisicas decisivas para el desarrollo y el crecimiento de los bosques, en suelos de poca profundidad, se ve afectada la capacidad de almacenamiento de agua, solo permite el crecimiento de maleza

B. TEXTURA: se refiere a la cantidad en que se pueden encontrar los diferentes tamaños de partículas minerales del suelo, expresadas en por ciento.

1. Burdas: comprende partículas de más de 0.05 mm de diámetro e incluye piedras, grava y arena, este material representa el esqueleto del suelo, su función es de soporte físico para las plantas.

2. Finas: comprende partículas de menos de 0.05 mm de diámetro y esta compuesta de limo y arcilla, este material es la parte activa del suelo.

Tipos de suelo	% de Limo y Arcilla de 0.05 mm de $\phi$
Arena	menos de 7.0
Arena gravosa	7.0-15.0
Arcilla arenosa	16.0-25.0
Arcilla ligera	26.0-40.0
Arcilla pesada	más de 40.0

Dependiendo de la cantidad de partículas de limo y arcilla se tienen distintas estructuras del suelo, que varían dependiendo del clima y condiciones en que se encuentran.

C. COLOR DEL SUELO: es el resultado de la luz reflejada por el suelo y es un índice preciso para el estudio de los fenómenos de pedogénesis. El color es un carácter fácil de descubrir y de un empleo cómodo para identificar un grupo de suelos en el cuadro regional o local. (5, 39).

Los elementos de color del suelo y las principales sustancias que le dan color al suelo son: humus, compuestos minerales (óxidos, sulfuros, sulfatos y carbonatos) que intervienen como pigmentos minerales. Los colores del suelo se miden más convenientemente por comparación con la carta de colores Munsell.

El arreglo es por matiz o tinte, brillo o pureza e intensidad o saturación, las tres variables simples o combinadas dan todos los colores.

Matiz o tinte (HUE), se refiere al color espectral y se relaciona con la longitud de onda de la luz dominante.

Brillo o pureza (VALUE), se refiere a la tenuidad del color en función de la cantidad de luz total.

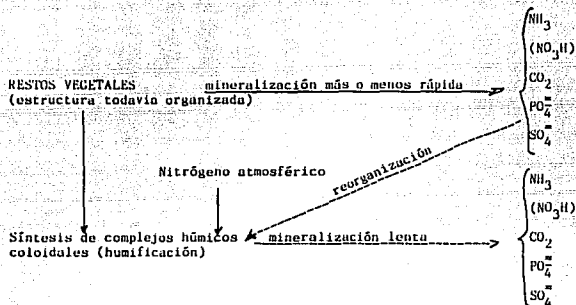
Saturación o intensidad (CROMA), es la fuerza del color espectral y aumenta conforme disminuye el gris.

Todos los colores en una misma plana son de matiz constante que se designa por un símbolo que aparece en la, esquina superior derecha. Verticalmente los colores aparecen más ligeros en orden sucesivo y su brillo aumenta. Horizontalmente los colores disminuyen en saturación hacia la derecha y están más oscuros hacia la izquierda. Así pues, las notificaciones Munsell constan de -- anotaciones separadas por matiz, brillo y saturación, que se combinan en este orden para formar la designación del color. El símbolo del matiz puede ser: -- R=rojo, YR=rojo o amarillo, precedido por números de 0-10. Entre cada dos literales, el matiz llega a ser más amarillo y menos rojo al aumentar los números. La mitad de la variación en cada literal del matiz es de 5, el punto 10 del matiz inmediato más rojo. La anotación del brillo, consiste en números que comienzan con cero para las tonalidades grises y aumentan a intervalos iguales hasta el máximo.

D. MATERIA ORGANICA: esta es extraordinariamente compleja, casi todas -- las sustancias orgánicas naturales más pronto o más tarde van a pasar al suelo. Su permanencia en el suelo puede ser breve si son fácilmente descompuestas por microorganismos, pero si son resistentes pueden ser permanentes por años. Gran parte de la materia orgánica que queda incorporada en el suelo, procede de restos vegetales o animales; sobre su superficie, puede destruirse allí y los productos finales ser arrastrados por el agua del suelo, o pueden incorporarse -- muy pronto por la acción de los nematodos del suelo u otros animales y tener -- lugar gran parte de la destrucción, cuando la materia orgánica está bien incorporada en el suelo mineral. (68, 69). Los restos vegetales de toda naturaleza (hojas de ramas muertas) que caen sobre el suelo, constituyen la fuente esencial de la materia orgánica, desde su llegada al suelo son descompuestos más o menos rápidamente por la actividad biológica. La materia orgánica así transformada, poco a poco y dando lugar por una parte a elementos minerales solubles o gaseosos, ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3\text{H}$ ,  $\text{CO}_2$ ), mineralización o degradación y por otra parte complejos coloidales (complejos húmicos=humus), que son relativamente estables y resistentes a la acción microbiana (humificación), estos compuestos húmicos se mineralizan a su vez pero mucho más progresivamente que la materia orgánica -- fresca (Wittich, 1952, Hénin y Depeels, 1954; Barbier, 1951).



El esquema de la descomposición de los restos orgánicos es el siguiente:



En condiciones favorables, la mineralización se realiza en dos etapas: primero, la producción de NH<sub>3</sub> (amonificación) después de oxidación de NH<sub>3</sub> a ácido nitroso y finalmente a ácido nítrico (nitrificación). En condiciones desfavorables (fuerte acidez o anaerobiosis), solo la amonificación permanecerá activa (31).

La velocidad de descomposición de los restos con estructura organizada es en función de las condiciones del medio, no solamente, varía en gran medida la cantidad total de nitrógeno mineral y de CO<sub>2</sub> formados, sino también su proporción respectiva, lo mismo que la cantidad y naturaleza de los complejos húmicos formados.

La materia orgánica condiciona el ciclo biológico de los elementos nutritivos y el material forestal en suelos con vegetación permanente. Se puede afirmar que un bosque vive -- en circuito cerrado --, ya que restituye por medio de los restos, las hojas muertas, la mayor parte de los elementos fertilizantes que toma del suelo, son provisionalmente en materia orgánica fresca en forma asimilable, pero luego son liberados progresivamente mediante el proceso de mineralización. (Hatmann, 1952).

El ritmo del ciclo biológico es muy variable, rápido cuando las condiciones son favorables a la actividad biológica; la hojarasca compuesta de restos

de estructura organizada, desaparece muy rápidamente liberando grandes cantidades de elementos nutritivos, por el contrario si las sustancias son desfavorables a la actividad biológica, el ciclo es lento, los procesos de descomposición están frenados, de forma que una espesa capa negra, de restos incompletamente transformados, se acumulan en la superficie del suelo mineral; los elementos asimilables son así momentáneamente almacenados y se liberan en forma progresiva.

#### Descomposición de la materia vegetal.

Resulta de los procesos esencialmente biológicos, a diferencia de la humificación que puede ser únicamente química, y para esquematizar nos situaremos en tres casos: a) suelos biológicamente activos, ricos en nitrógeno, no ácidos, b) medios poco activos, ácidos, c) medios mal o no aireados.

1) Hidrólisis de la celulosa: la lisis es muy sensible a la presencia de nitrógeno y al calcio del medio. Es muy rápido en un medio provisto de estos elementos, resultando de la actividad de las bacterias (principalmente Mixobacterias) y de ciertos hongos (Basidiomicetos), una gran parte del carbono se pierde en forma de  $CO_2$  y el resto se transforma en carbono celular.

En un medio ácido inactivo, pobre en nitrógeno, la hidrólisis puede ser bastante rápida, gracias a la acción de ciertas bacterias anaerobias (Clostridium), pero los resultados son completamente diferentes, ya que se forman productos solubles o gaseosos, ( $CO_2$ ,  $H_2$ , etanol, ácidos orgánicos), pudiendo ser la base de nuevas fermentaciones y transformarse a su vez en gas (metano). Por consiguiente los hidratos desaparecen completamente sin contribuir a la formación de nuevas moléculas húmicas.

2) Lisis de lignina: este tipo de degradación es poco conocido y parece estar ligado a la actividad de los hongos principalmente aquellos que producen la "podredumbre blanca". (31).

En medio aireado y activo intervienen principalmente, los basidiomicetos que al parecer producen una transformación rápida de la lignina, en ácidos húmicos. En medios ácidos los hongos lignívoros acidófilos ejercen una acción completamente diferente (Mangenot y Jacquin, 1960), fragmentando la molécula de lignina en monómeros solubles en núcleos aromáticos que en ciertos casos puede ser utilizados de nuevo en determinados procesos de polimerización.

En los medios mal aireados, la hidrólisis se hace muy lenta, mientras que los hidratos de carbono desaparecen con bastante rapidez.

3) Proteólisis: en los medios activos, poco ácidos y bien aireados la

proteólisis pasa por tres etapas: proteólisis propiamente dicha, con liberación de aminoácidos; amonificación, liberando amoniaco gaseoso a expensas de estos aminoácidos y finalmente nitrificación que transforma este amoniaco en nitritos y en nitratos (papel de Nitrosomas y Nitrobacter).

La proteólisis es rápida en estos medios biológicamente favorables mientras que en medios ácidos esta frenada por la presencia de polifenoles solubles que fijan las proteínas [Handley, 1954] (31).

El pH elevado y en presencia de gran cantidad de nitrógeno proteico, las bacterias y actinomicetos, son los agentes de una amonificación rápida, por el contrario en condiciones desfavorables, los hongos acidófilos no provocan más que una amonificación relativamente lenta. La relación C/N de los restos vegetales generalmente es un buen índice de la actividad proteolítica y amonificante; si esta relación C/N es alta (mayor de 25), los procesos están frenados y solo liberan una cantidad ínfima de nitrógeno amoniacal, siendo reutilizado -- en las síntesis microbianas, la totalidad del nitrógeno disponible. En lo concerniente a la aereación, es necesario destacar que una anaerobiosis relativa favorece una fuerte amonificación, al contrario de la nitrificación.

Resultados de los procesos de descomposición:

Estos procesos dependen de la actividad biológica del medio, ligada sobre todo al pH, y de condiciones relativas de aerobiosis y anaerobiosis.

En medios activos aereados, la mineralización de la materia orgánica fresca es rápida, la de la celulosa progresa más rápidamente que la de la lignina, que se transforma en ácidos húmicos y sobre todo en humina no extraíble. La proteólisis y la amonificación liberan nitrógeno mineral, una parte de la cual queda disponible, siendo integrada la otra en procesos de humificación. (32).

En medio poco activo medianamente aereado, la mineralización es lenta -- (acumulación de materia orgánica en la superficie), y libera muy poco nitrógeno mineral. La lignina desaparece en primer lugar por la acción de los lignívoros, libera monómeros polifenoles solubles que se suman a los compuestos tánicos, con frecuencia abundantes en estos medios, estos polifenoles forman con las proteínas complejos muy resistentes a la acción microbiana; son los comple

jos polifenol-proteínas, que a menudo impregnan las membranas celulósicas de los tejidos vivos, retrasando la descomposición (Handley, 1954). La anaerobiosis permanente retarda el conjunto de los procesos de mineralización sobre todo la lignina, con relación a los hidratos de carbono, de forma que la materia orgánica mal descompuesta se acumula en espesores bastante grandes.

Las alteraciones estacionales microclimáticas, aerobiosis y anaerobiosis relativa, desecación y humectación consecutiva, acelera los procesos de mineralización y los procesos de humificación.

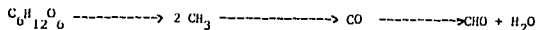
#### Humificación:

Es el conjunto de los procesos de síntesis que conducen a la formación de compuestos húmicos coloidales de neoformación. La humificación lleva a la formación de moléculas orgánicas complejas, con frecuencia insolubles, y el compuesto más importante que se origina es el ácido húmico y posteriormente, los ácidos fúlvicos (menos polimerizados). La humificación resulta, de los procesos puramente fisicoquímicos, (oxidación y polimerización) por influencia de la aereación, de la desecación y fijación de  $\text{NH}_3$  o  $\text{NH}_2^-$  por los radicales  $\text{COOH}^-$  por otra parte los procesos que se activan primero son los biológicos.

La humificación a base de productos celulósicos y otros hidratos de carbono; es de origen esencialmente biológico, que caracteriza unicamente los humus biológicamente muy activos, en estos humus, los dos procesos desarrollan en forma concurrente. Lignina e hidratos de carbono, participan en la formación de los ácidos húmicos. La lignina da lugar a compuestos de tipo heredado, debilmente transformados (oxidación), en los que se denomina la humina, mientras que los hidratos de carbono sufren despues de una hidrólisis previa, una transformación completa (ciclación) y son de origen de ácidos húmicos de neoformación y por tanto de procedencia dudosa.

Según Kononova, la humificación comienza precozmente en los tejidos vegetales en descomposición, mucho antes que los tejidos lignificados se deterioran, siendo los tejidos celulósicos vivos los unicos destruidos, se obtienen compuestos solubles en el agua, pero precipitables por los ácidos, que desde todos los aspectos son comparables con los ácidos húmicos.

Los procesos de transformación de la celulosa seria el siguiente:



Una primera transformación de la celulosa sería por la acción de las bacterias celulólicas, en particular las mixobacterias, producirían una simplificación de la molécula con formación de glúcidos o de urónidos, posteriormente algunos actinomicetos y hongos del género Penicillium, provocaría una ciclo---ción de los elementos produciendo núcleos quinónicos pigmentados, susceptibles a fijar compuestos nitrogenados.

Cualquiera que sea el origen de los compuestos húmicos, los que resultan de la transformación reciente de la materia orgánica fresca, están caracterizados por moléculas medianas o incluso pequeñas (peso molecular inferior o igual a 5,000), incluso fijados por arcillas estos compuestos permanecen bastante libres pero son susceptibles de sufrir una polimerización lenta y progresiva --- principalmente por influencia de contrastes de humedad estacional.

Balance y ecología de la humificación.

La cantidad global de los compuestos húmicos, que contiene el suelo caracteriza el grado de humificación, traduce el estado de equilibrio entre ganancias y pérdidas entre la producción y la biodegradación de estos compuestos húmicos. La cantidad de humus en el suelo depende de la rapidez de formación y - la resistencia a la descomposición microbiana (31).

La condición para una buena humificación es una fuerte actividad biológicca global, ligada principalmente a la aereación y a la riqueza de calcio y nitrógeno del medio; para la humificación es indispensable una descomposición rápida de la materia orgánica.

Factores ecológicos y tipos de humus.

Todo factor que modifique la actividad biológica en uno u otro sentido, provoca la aceleración o retraso del ciclo biológico e influye en la evolución del humus.

#### 1. El medio:

a. Factores climáticos: la descomposición rápida de la materia orgánica esta condicionada por una temperatura elevada y la humedad suficiente, pero no excesiva de forma que la aereación permanezca favorable. El clima local refuerza la acción del clima general, en montaña a poca altitud, la descomposición de la materia orgánica se retrasa, por el exceso de insolación que provoca la sequía, en las grandes alturas; el humus bruto se forma de preferencia

en las exposiciones frías en consecuencia de la insuficiencia de calor y de la radiación. Así mismo es importante la influencia de las variaciones rápidas -- del microclima con el tiempo, la alternancia de la sombra y la luz también provoca una alternancia de fases de aprovisionamiento y de mineralización; un humus bruto libera subitamente los elementos nutritivos inmovilizados y de esta forma el ciclo normalmente lento puede ser acelerado bruscamente en ciertos -- períodos.

b. La estación: corresponde a las condiciones ecológicas locales, dependen principalmente de la roca madre y de la topografía. Son esenciales dos factores: las condiciones de drenaje y de aereación, el medio local puede modificar las condiciones del clima en general y contribuir a crear el microclima interno del suelo (edafoclima) la riqueza química de la roca madre principalmente en lo que se refiere al calcio. (7).

E. RELACION CARBONO/NITROGENO (C/N): es un índice muy valioso, debido a que se informa sobre la riqueza de nitrógeno del humus, a la inversa se determina el contenido de carbono del suelo. Para la materia orgánica fresca, indica aproximadamente, la capacidad mineralizadora anual del nitrógeno, siendo es ta tanto más elevada, cuanto más baja en la relación C/N. (31).

Evolución de la relación C/N.

En el curso de la descomposición de hojarasca, en suelos naturales no -- cultivados, la evolución de la materia orgánica parece estar mineralizada en -- el espacio de la superficie, la relación C/N de la materia orgánica, informa -- sobre la riqueza de nitrógeno en la hojarasca, es decir de la materia orgánica del humus. (31).

Efecto físico de la materia orgánica en el suelo.

Entre sus diversas funciones, la materia orgánica ejerce una importante influencia puramente física, completamente aquella que ejercen los coloides -- minerales. La materia orgánica, aumenta considerablemente la capacidad de retención de agua en el suelo, tiene la habilidad de retener nutrimentos, como -- las bases y amonio. Se considera que la adsorción de los cationes por el humus excede a las partículas de arcilla por un cierto porcentaje. Sobre la incorporación con los suelos forestales minerales, el humus ejerce efectos benéficos en la estructura, porosidad, permeabilidad y aereación del suelo. La materia --

orgánica ejerce una influencia benéfica en las prácticas de reforestación, ya que la cantidad de humus presente favorece la sobrevivencia y crecimiento de las plantaciones forestales.

F. HUMEDAD: es el agua contenida en el suelo drenado y puede encontrarse en diferentes estados: a) Agua higroscópica, es adsorbida por el suelo a expensas de la humedad atmosférica, forma una delgada película alrededor de las partículas del suelo, esta agua no es absorbible por las raíces. b) Agua capilar no absorbible, llena los espacios capilares más finos del suelo. Esta agua difícilmente circula en el suelo y todavía es retenida enérgicamente para ser absorbida por las plantas. c) Agua capilar absorbible, es retenida por el suelo escurrecido, que llena los poros del tamaño intermedio, la cantidad de agua capilar que puede retener el suelo corresponde sensiblemente a la porosidad capilar o microporosidad. Esta agua absorbible por las plantas constituye la fuente esencial de la alimentación en agua de las plantas. d) Agua de gravitación, corresponde al agua que llena momentáneamente a los poros más gruesos del suelo después de los períodos de lluvias.

El nivel de agua tiene cierta influencia sobre la composición de los bosques, su grado de crecimiento y la capacidad de la regeneración natural.

La humedad está determinada, en gran parte por la porosidad y esta característica está relacionada con la textura del suelo. La porosidad se propicia cuando hay dominancia de las arcillas en el suelo, así como cuando hay mayor cantidad de materia orgánica. La porosidad varía de 30-65% en los suelos forestales, si el suelo tiene preponderancia de poros no capilares o poros grandes, tendrá una alta aereación y una gran capacidad de infiltración. Los poros no capilares más pequeños, son responsables de la retención temporal de una fracción considerable de agua gravitacional. Una pequeña porción de la humedad del suelo está constituida por vapor de agua la cual se mueve en las regiones más altas de presión hacia las más bajas de acuerdo a las variaciones de humedad y de temperatura.

AEREACION: La respiración aeróbica en las raíces de las plantas, comprende procesos continuos de absorción de oxígeno y anhídrido carbónico. Si este intercambio se interrumpe, se deteriora casi de inmediato, los procesos metabólicos de las raíces de las plantas que crecen normalmente en suelos bien -

drenados. Un intercambio gaseoso inadecuado puede disminuir el rendimiento de las plantas aunque dure un solo día y llegar a provocar la muerte de las raíces si se prolonga por días.

La aereación, en suelos saturados de agua los gases deben desplazarse, -- disueltos en el agua, pero el movimiento es demasiado lento para producir resultados. Si hay poros llenos de gases en el suelo, los gases disueltos en -- agua tienden a equilibrarse con la fase gaseosa, pero será más rápido por esta última pues la velocidad de difusión es mayor en esta que en el agua del -- suelo. Aunque los cambios de velocidad del viento, temperatura, presión barométrica y contenido de agua pueden provocar intercambio gaseoso por desplazamiento de aire dentro y fuera de los suelos, este proceso es de poca importancia -- comparada con la difusión gaseosa. Los espacios porosos están ocupados por el agua y aire. Se ha observado que el contenido de aire en el suelo influencia -- la destrucción o el crecimiento de la vegetación forestal.

La deficiencia de aire refleja usualmente en un desarrollo patológico -- del sistema de raíces. Los suelos con poco desalojo de agua, con bajos nutrientes y árboles no pueden expresar su dominancia, por otra parte el rápido -- crecimiento de los árboles en suelos donde hay mucha agua también puede hacer que decrezca la gravedad específica de los bosques, y puede fomentar daños por hongos y parásitos.

#### PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS FORESTALES. (75).

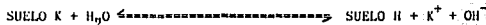
El estudio de las propiedades químicas del suelo revela la importancia -- de las relaciones entre su composición y crecimiento de las plantas. En los -- suelos hay que distinguir la acidez actual y la acidez total o potencial, la -- acidez potencial corresponde a la suma de los iones  $H^+$  de cambio que acompañan a las moléculas absorbentes, es decir que no están totalmente disociadas, pero que se disocian progresivamente a medida que se produce la neutralización, la acidez actual expresada por el pH o por el antilogaritmo de la concentra-- ción de los iones  $H^+$ , en estado libre de las soluciones del suelo.

A) Relaciones entre pH y el estado del complejo, aunque los iones  $H^+$  -- libres en las soluciones del suelo sean muy pocos en relación al conjunto de iones  $H^+$  del complejo, existe un equilibrio entre los primeros y los segundos.

Por consiguiente la acidez es más fuerte cuanto más rico en iones  $H^+$  de



cambio, es decir más desaturado en el complejo. Por el contrario los cationes básicos de cambio, actúan en sentido inverso y tiende a elevar el pH cuando el complejo absorbente libera algunos de ellos, hay formación de iones  $\text{OH}^-$  por hidrólisis.



En definitiva se comprende que el pH puede expresarse de una manera aproximada el estado de saturación del complejo, siendo el pH más elevado cuando más próximo del 100% esta la relación S/T.

B) Medida del pH del suelo: el método para conocer el pH del suelo consiste en medirlo en el campo con ayuda de pH-metros portátiles, provistos por electrodos de penetración. Lo más frecuente es efectuar la medida en el laboratorio, sobre una mezcla suelo+agua (generalmente 1/1) (47).

Elementos indispensables del suelo.

De muchos elementos que se han encontrado en los tejidos de las plantas, solamente ciertos elementos químicos son indispensables para el crecimiento de los árboles. Se ha encontrado que los elementos indispensables para el crecimiento de las plantas son: C, O, N, P, K, Ca, Mg, S. Los elementos menores necesarios para el crecimiento de las plantas son: B, Mn, Zn, Cu, y Fe, los cuales solo se necesitan en pequeñas cantidades.

Las plantas van a obtener C, O, H, P, S, bases y elementos a través del suelo. Generalmente el nitrógeno también se obtiene del suelo, pero las plantas lo reciben a través del aire por medio de la actividad de bacterias y otros microorganismos simbióticos.

Los nutrientes tienen importantes funciones fisiológicas en el desarrollo de las plantas, forma parte del material que constituye el protoplasma de la célula; influye en la hidratación de los coloides celulares, permeabilidad de la membrana, presión osmótica de las células, provee a la savia celular con sustancias amortiguadoras y frena el efecto de los iones tóxicos y actúa como catalizadores y coenzimas.

g. NITROGENO: forma solo parte del ciclo total de la naturaleza. La disponibilidad de este elemento en el suelo es muy importante, ya que se utiliza en la síntesis de proteínas, las cuales están relacionadas con los procesos vitales de las células, en los suelos naturales, el nitrógeno está sometido al ciclo biológico que caracteriza también elementos minerales, la mayor parte del nitrógeno tomado por los vegetales es devuelto al suelo en forma orgánica.

ca por medio de la hojarasca; de este nitrógeno, una parte se mineraliza, siendo entonces una fuente de alimentación nitrogenada de las plantas verdes, y otra se inmoviliza en forma de "humus". Se puede establecer un balance entre ganancias y pérdidas de nitrógeno, las ganancias se representan por el retorno al suelo en forma de hojarasca, la fijación de nitrógeno atmosférico, el aporte mínimo de nitrógeno soluble por lluvias.

Las pérdidas están representadas por: las sustracciones para la nutrición de las plantas, evaporación de amoníaco gaseoso, lavado de los nitratos solubles, la desnitrificación y la fijación irreversible de una parte de nitrógeno amoniacal.

En el bosque las pérdidas son debidas a la explotación maderera. Según las condiciones estacionales, predominan los fenómenos de mineralización de nitrógeno, principalmente en época de primavera bastante húmedas, o a las fases de reorganización de este elemento, en general durante períodos de verano, caudalosos y secos.

Este ciclo varía considerablemente en función del tipo de humus (68), las condiciones climáticas, influyen en forma determinante sobre la proporción del humus lábil con relación al humus estable, los compuestos lábiles predominan sobre aquellos que son estables, y por la influencia de una aereación favorable.

#### Nutrición nitrogenada.

Es el nitrógeno mineral (amoniacal o nítrico) resultante de la mineralización de la materia orgánica fresca y del humus el que constituye la fuente principal de la alimentación nitrogenada de las plantas, aunque se ha demostrado que puede absorber una cierta cantidad de moléculas más complejas, (aminoácidos). En sitios con humus poco activos, la nitrificación generalmente es lenta, por lo que la nutrición nitrogenada se efectúa sobre todo a expensas del nitrógeno amoniacal. Pero el nitrógeno amoniacal, en medio ácido, es retenido por el complejo absorbente de forma un tanto más energética, cuanto más saturado está dicho complejo. La absorción por las plantas de esta forma de nitrógeno es más lenta y más progresiva en los suelos forestales que en suelos agrícolas, los nitratos permanecen en solución y se acumulan en la superficie durante la estación seca, y son diluidos por la estación húmeda. En los suelos los restos vegetales y animales sufren procesos de transformación, las protei-

nas y otros compuestos.

La cantidad de nitrógeno del suelo está determinado por el clima y la vegetación (33). El clima ejerce una gran influencia en el contenido de nitrógeno del suelo, debido a las condiciones de temperatura y humedad que determinan en gran parte el desarrollo de las plantas y microorganismos. En los suelos -- volcánicos el contenido de nitrógeno es más alto que en otros suelos, debido a que las cenizas de las erupciones ejercen una acción rejuvenecedora en el suelo, además se forman complejos organominerales que protegen de la mineralización a las sustancias nitrógenadas.

El nitrógeno total del suelo, se compone de nitrógeno orgánico (representa entre 85 y 95%) e inorgánico (representa entre el 5-15%) en los suelos.

#### Transformaciones del Nitrógeno (7).

Cuando los restos vegetales y animales se depositan en el suelo, el nitrógeno que se acumula sufre una serie de transformaciones, cuando todo el material se incorpora al suelo y se transforma en sustancias nitrogenadas inorgánicas como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ , se habla de procesos de mineralización de nitrógeno pero en este proceso los microorganismos juegan un papel importante.

a) Amonificación: proceso en el cual las sustancias orgánicas son transformadas en amoníaco. En este proceso la materia orgánica es despolimerizada -- por enzimas proteolíticas a polipéptidos, y estos y estos se descomponen a aminoácidos porque pueden ser metabolizados por microorganismos, adsorbido por arcillas, incorporados al humus, utilizados por las plantas o mineralizados hasta llegar a amonio.

En este proceso participan microorganismos como: Pseudomonas sp., Clostridium sp., Escherichia sp., Streptococcus sp., Bacillus sp.. La amonificación se lleva a cabo por procesos de desaminación, activados por desaminasas, produciéndose además  $\text{NH}_4^+$ , ácidos grasos y compuestos aromáticos, así como compuestos de descarboxilación activados por descarboxilasas resultantes de dichas reacciones, las aminas metiladas. (34). El amonio que resulta de estas -- reacciones, puede ser absorbido por las plantas, por minerales arcillosos, o -- material orgánico, inmovilizado por microorganismos, u oxidado hasta nitratos.

b) Nitrificación: proceso en que las transformaciones de amonio que provienen de las transformaciones de la materia orgánica nitrógenada, es oxidada --

pasando primero a formar nitrito y posteriormente nitratos.

La primera reacción la llevan a cabo bacterias como Nitrosomonas sp., - Nitrosococcus sp., Nitrosogloea sp., la segunda reacción la llevan a cabo bacterias como: Nitrobacter sp., y Nitrocystis sp.. Durante la formación de nitratos se producen productos intermedios en el metabolismo bacteriano; pero en la segunda reacción no existen productos intermedios.

La proliferación de Nitrosomonas sp. y Nitrobacter sp., depende de la oxidación del nitrógeno. Las condiciones óptimas para la nitrificación son temperatura de 25°-35°C, el pH ligeramente ácido y condiciones intermedias de humedad. El proceso más importante en el ciclo del nitrógeno en los suelos es la nitrificación, la cual consiste en una serie de procesos biológicos y no biológicos que conducen a la reducción de nitratos. (2).

La desnitrificación biológica se debe a microorganismos como Pseudomonas sp., Xantomonas sp., Achromobacter sp., Bacillus sp.. La desnitrificación no biológica, resulta de las reacciones químicas entre los componentes nitrogenados inorgánicos del suelo y los que se aplican en los fertilizantes. Este proceso de desnitrificación, produce pérdidas de nitrógeno ( $N_2$ ) del suelo. Las plantas asimilan el nitrógeno en forma nitrada o amoniacal, aunque estos sean parte del nitrógeno total. Los procesos de fijación de nitrógeno, incluyen la fijación biológica y no biológica. La fijación biológica puede ser de tipo simbiótico o asimbiótico. Los microorganismos simbióticos, fijan el nitrógeno en mayor proporción, los microorganismos del género Rhizobium sp., los cuales se desarrollan en simbiosis con plantas leguminosas; los factores que influyen en la fijación del nitrógeno son: el pH, nutrientes, temperatura, humedad y aereación. Otros microorganismos asimbióticos, también pueden fijar el nitrógeno, estos pueden ser bacterias heterótrofas, algas azul-verde y bacterias fotosintéticas; entre las bacterias heterótrofas las más importantes son: Beijerinckia sp., Azotobacter sp., Achromobacter sp., Clostridium sp., Pseudomonas sp.. La fijación de nitrógeno biológica, se refiere a la adición de nitrógeno a través de la precipitación, esta forma de fijación es importante en el sistema ecológico natural, como en los suelos forestales. (18, 34).

Como el nitrógeno es una parte esencial de las proteínas y que estas son el fin de las moléculas responsables del nacimiento y crecimiento de las células.

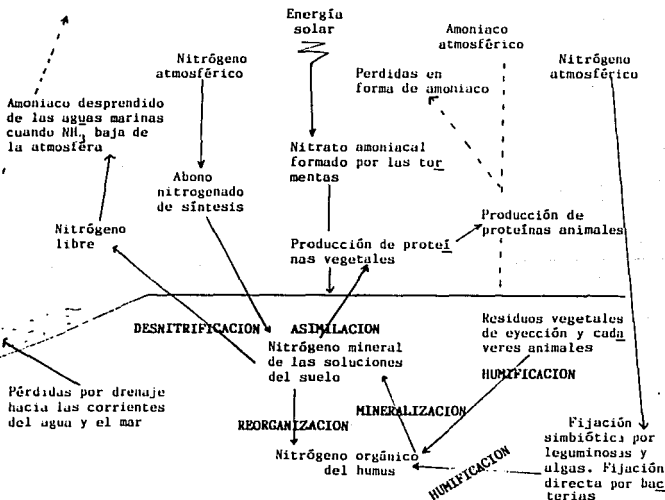
Las aportaciones de nitrógeno estan representadas por el nitrato amoniacal y el nitrógeno atmosférico fijado por vfa simbiótica.

Las pérdidas de nitrógeno se producen por: drenaje, desnitrificación y - volatilizaci3n del suelo.

El ciclo comprende las fases siguientes: humedecimiento, mineralizaci3n, asimilaci3n, producci3n de proteínas vegetales y regreso al suelo en forma de residuos.

Se intercalan ciclos secundarios, tales como el ciclo de mineralizaci3n-reorganizaci3n, o el ciclo suelo-vegetal-animal-suelo. A este proposito las -- proteínas animales son de origen vegetal, directamente (herbívoros o indirectamente carnívoros).

Ciclo del nitrógeno (40).



H. INTERCAMBIO CATIONICO Y ANIONICO: es una de las propiedades más importantes del suelo; son los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo, adsorben iones de la fase acuosa, desadsorben al mismo tiempo cantidades de otros cationes y establecen un equilibrio entre ambas fases. (18).

La materia orgánica, las arcillas y los hidróxidos funcionan como cambiadores. Los cationes cambiables en el suelo que se presentan principalmente son  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ .

La suma de los cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  se denominan bases cambiables y su porcentaje dentro de la capacidad total de intercambio se le denomina porcentaje de saturación. El  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  cambiables se agrupan bajo la acidez cambiable. La suma de la acidez y las bases cambiables es la capacidad de intercambio catiónico.

Naturaleza química del intercambio catiónico.

La cantidad de los cationes cambiables en los suelos depende de sus minerales, de su superficie, de las cargas del complejo coloidal y de las características de los iones presentes en la solución del suelo.

Tipos y propiedades de los cambiadores. (21, 17, 33).

Cargas electronegativas de los minerales arcillosos. En las illitas predominan el intercambio de  $\text{Si}^{4+}$  por  $\text{Al}^{3+}$ , en los tetraedros de sílice. En la montmorillonita predominan el reemplazo de  $\text{Al}^{3+}$  por  $\text{Mg}^{2+}$  por los octaedros, en la nontronita por  $\text{Fe}^{3+}$ . Los cationes absorbidos en la superficie de los minerales arcillosos son cambiables; los absorbidos en la superficie interna de arcillas trilaminares son cambiables cuando se expanden por la acumulación de agua entre los paquetes.

Cargas electrostáticas de la materia orgánica.

La capacidad de intercambio de la materia orgánica, se debe a los grupos funcionales carboxílicos ( $-\text{COOH}$ ), los metoxílicos ( $-\text{OCH}_3$ ), los alcohólicos ( $-\text{OH}$ ), los fenólicos ( $\text{OH}$ ) que se encuentran en la periferia de las moléculas de los ácidos húmicos. La intensidad de intercambio depende de la cantidad y del grado de acidez de los grupos. El grado de acidez depende del pH y su carácter anfótero, es posible la adsorción de aniones y cationes (21).  
Importancia de la superficie y de la densidad de carga.

La capacidad de intercambio depende de la superficie total o externa y -

de la superficie interna que presentan los minerales arcillosos, expandibles entre paquetes laminares. La superficie externa aumenta con la disminución del tamaño de las partículas o sea de las arenas a las arcillas. La densidad de -- carga por unidad de superficie determina, la capacidad de cambio de una sustan--  
cia.

Factores que influyen en los procesos de intercambio catiónico. (21,32, 33).

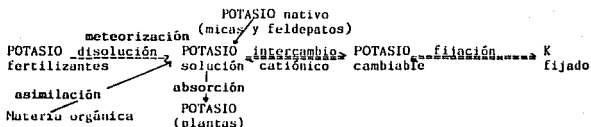
1) La composición de la solución externa: de acuerdo a la valencia y el agua de hidratación de los cationes presentes en la solución intermicelar y se producen diferencias con respecto a los cationes adsorbidos en la solución micelar. 2) La solución de la solución intermicelar: la influencia de la solu--  
ción intermicelar o externa es tal que al aumentar la concentración, crece la -- cantidad de cationes adsorbidos y que en cuanto más se diluyen, mayor es la -- proporción de los cationes divalentes adsorbidos. 3) La selectividad del com--  
plejo de cambio: la preferencia de que un cambiador puede mostrar por diversos cationes. Esta selectividad se debe a la característica de los diferentes com--  
ponentes del complejo de intercambio catiónico. 4) La reacción del suelo: de--  
termina las características de las cargas que se presentan en el complejo co--  
loidal de cambio anfótero, determina la cantidad de cargas denominadas depen--  
dientes del pH.

1. POTASIO ( 21,34): Este elemento se concentra en las hojas, brotes y --  
puntas de las raíces. Es proveído generalmente en su mayoría por feldepatos y  
micas. El potasio permanece en las plantas en forma de sal soluble y su fun--  
ción es más bien catalítica, es importante en las reacciones metabólicas como  
la transformación de carbohidratos y síntesis de proteínas, intervienen en la  
división celular y acelera la asimilación de  $CO_2$ . La mayor parte del potasio --  
se encuentra asociado a silicatos, este es el potasio estructural, y no esta --  
disponible directamente para la planta, pero participa en los procesos dinámi--  
cos. El potasio intercambiable se encuentra adsorbido a los coloides del suelo  
(arcillas, materia orgánica e hidróxidos). En suelos volcánicos se encuentran  
altos niveles de potasio intercambiables.

El potasio intercambiable, que esta adsorbido en el complejo coloidal, --  
esta en equilibrio con el potasio en solución y este es directamente disponi--  
ble por las plantas. El potasio no intercambiable o fijado es accesible a la --  
planta, solo cuando se agotan las otras formas disponibles de potasio en el --

suelo (8). La actividad microbiana influye en el aprovechamiento de potasio en el suelo, y en el desarrollo vegetal. Cuando los microorganismos descomponen la materia orgánica, liberan ácidos que reaccionan con neolitas, liberando potasio. Descomponiendo el material celular, el potasio otra vez se vuelve aprovechable y esta haciendo un ciclo biológico (movilización de potasio) (42). Una deficiencia de potasio en el suelo impide el crecimiento de raíces e inhibe el desarrollo normal del follaje, las hojas envejecen prematuramente y mueren en las puntas y a lo largo de los bordes.

Ciclo del Potasio en el suelo (6).



J. FOSFORO (2,46): se encuentra en el suelo en cantidades variables, y esto es debido a la diferencia de las rocas parenterales, el desarrollo de los suelos y a otras condiciones edafológicas y ecológicas. El contenido de fósforo total en los suelos forestales parece estar ligado con el contenido de materia orgánica de los suelos; al aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos y de los fosfatos orgánicos, se obtiene un contenido mayor de fosfato total y más fina la textura.

Formas de Fósforo en el suelo.

El fósforo presente en el suelo se presenta en forma de ortofosfatos en su gran mayoría. El fosfato se presenta en el medio en forma orgánica e inorgánica, la participación de fósforo orgánico es igual a la de fósforo inorgánico. Las formas inorgánicas forman sales y se encuentran combinados principalmente con calcio, magnesio hierro, aluminio, y minerales arcillosos. En este caso se observa una diferencia de formas químicas definidas y cristalinas o amorfas, fosfatos adsorbidos y presentes en las soluciones del suelo.

En el caso de los orgánicos uno o más hidrógenos del ácido fosforico dan origen a enlaces estéricos y el resto es reemplazado por cationes.

En base a la estructura química existen cinco tipos principales de com--



puestos fosfatados en la materia orgánica: 1) Fosfolípidos, 2) Ácidos nucleicos, 3) Fósforos metabólicos, 4) Fosfoproteínas, 5) Fósforos del ácido inositol. La distribución de la fracción fosfatada inorgánica, depende del grado de meteorización y desarrollo de los suelos. Para caracterizar el fósforo orgánico se utiliza la relación C/N/P, relación muy variable.

Papel de los microorganismos.

Su papel específico del suelo en relación con el ciclo de fósforo es la producción de enzimas como las nucleasas, necesarias para la mineralización de el fósforo orgánico; la inmovilización del fósforo aprovechable en compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el suelo.

Ciclo del Fósforo en los suelos. (33).

La disolución de los fertilizantes aplicados y de fósforos nativos inorgánicos y la mineralización directa de los fósforos orgánicos, son los procesos que llevan a la aparición de los iones fósforo de la solución del suelo de donde la planta se nutre.

K. CALCIO (33). a) Contenido y formas de calcio: El contenido de calcio en la corteza terrestre es de 3.6%. Las rocas ígneas y sedimentarias contienen entre 2 y 7% de calcio y las calizas entre 3 y 4% (33). El suelo no calcáreo - contiene por lo general entre 0.15 y 1.5% de calcio. Los suelos contienen menos calcio que la roca madre, lo que indica que el calcio es generalmente lavado del suelo y en consecuencia se le encuentra acumulado en forma de carbonato de calcio y sulfato de calcio en horizontes más profundos.

La mayor cantidad de calcio nativo en el suelo se encuentra asociado con feldespatos y minerales arcillosos. Además, los suelos contienen minerales cálcicos como: Carbonatos de calcio  $\text{CaCO}_3$ , Calcita y/o Magnesio  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  nativos, se pueden encontrar en suelos jóvenes derivados de las calizas.

Fried y Shapiro (10) describen que el calcio presente en la solución del suelo varía entre 20 y 1,500 mg Ca/l de la solución del suelo.

El calcio predomina generalmente entre las bases cambiables en la cubierta iónica del complejo coloidal del suelo. El contenido de calcio cambiabile depende del material parenteral y del grado de evolución del suelo.

La saturación del calcio aumenta con el pH. El calcio cambiabile solo representa una cantidad de calcio total.

### Ciclo del Calcio en los suelos.

La dinámica del calcio en la solución del suelo se encuentra en equilibrio con el calcio intercambiable, la magnitud de ambas formas varía constantemente a través de la absorción de calcio por las plantas y la pérdida por percolación. La dinámica del calcio como la del potasio es similar diferenciándose únicamente en el hecho de que el calcio no se fija. Los materiales de encaulado se disuelven lentamente en el suelo y producen efectos de supresión de las diferencias de calcio, magnesio y corrección de: a) los efectos negativos de deficiencia de las bases cambiables, b) alto poder de fijación de fósforo y molibdeno, c) pequeña actividad microbiana y consiguiente mineralización restringida, d) toxicidad de aluminio, hierro y manganeso, e) deficiencias de algún elemento.

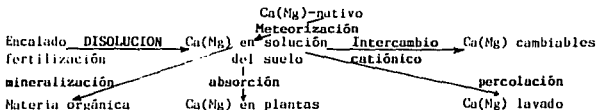
L. MAGNESIO (39). Contenido y formas de Magnesio (17,33). El contenido de magnesio total de los suelos no calcareos varía entre 0.1 y 1% de magnesio. Igual que el potasio y el calcio, el magnesio nativo se encuentra asociado a determinados minerales primarios y secundarios. El magnesio también se encuentra adsorbido al complejo de intercambio catiónico del suelo.

La cantidad y la proporción con respecto a otros elementos es variable entre suelos.

### Ciclo del Magnesio.

Las formas y la dinámica del suelo son muy parecidas a las de otros elementos alcalinos y alcalinotérreos como el calcio, potasio y sodio, se encuentran diferenciados solamente por las magnitudes de las formas y las cantidades que participan en los procesos. La absorción de magnesio por las plantas y cosechas varía entre 10 y 60 Kg/Ha.

### Ciclo del Calcio y Magnesio en los suelos. (33).



## PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DE LOS SUELOS FORESTALES.

Las relaciones del suelo y los seres vivos son numerosas y revisten las más variadas formas, ya que no pueden conceder más soporte que el suelo para un gran número de vegetales y animales.

Las relaciones del suelo y de la vida vegetal pueden analizarse clasificándose en tres partes: 1) la que comprende las actividades de los factores biológicos (vegetación, microfauna, hombre), 2) la que engloba los fenómenos que tienen una incidencia directa sobre la nutrición vegetal; 3) la que se limita a los fenómenos de alteración de la materia orgánica; estas propiedades microbiológicas representan la aptitud del suelo para proporcionar condiciones de vida más o menos favorables a los microorganismos que son indispensables para el metabolismo de los elementos nutritivos que existen en el suelo en forma orgánica, especialmente nitrógeno, pero también fósforo y azufre.

### Microorganismos del suelo.

Estos microorganismos pertenecen a cuatro grupos vegetales: Bacterias, Hongos, Algas y Protozoarios.

### Caracteres y condiciones específicas de vida.

a) Las bacterias: seres unicelulares de cuerpo rígido y aparentemente sin núcleo, inmóviles o móviles. Viven generalmente, estrechamente unidos con los coloides del suelo.

Los microorganismos aerobios, que necesitan para vivir la presencia de oxígeno, en estado libre o disuelto en el agua; los anaerobios que utilizan el oxígeno que se encuentra combinado de los compuestos químicos. Algunos bacterias se encuentran bien en atmósfera que contenga una proporción de oxígeno inferior al aire y son los microaerobios. La reacción del medio también interviene, la mayoría de las bacterias especialmente aquellas que favorecen el crecimiento de los vegetales cultivados, prefieren un pH neutro o ligeramente alcalino, mientras que los protozoarios concurrentes de las bacterias, se desarrollan mejor en medio ácido. Como todos los seres vivos, las bacterias se diferencian entre sí por su forma de nutrición. Dentro de los seres vivos se distinguen los autótrofos, los semiautótrofos y los heterótrofos. Los autótrofos pueden desarrollarse y crear materia viva sin la ayuda de la materia orgánica e incorporando únicamente sustancias minerales. La energía es obtenida de las reacciones en las que no interviene el carbono orgánico. A esta categoría

pertenecen las bacterias nitrificantes (Nitrosomonas, Nitrosococcus y Nitrobacter). Los semiautótrofos pueden dar origen a proteínas, a partir del nitrógeno gaseoso, pero la energía vital es suministrada por combustión del carbono, en este grupo se encuentra los rizobia y azotobacter. Los heterótrofos toman su alimentación nitrogenada y carbonada de las materias orgánicas cuya combustión parcial produce al mismo tiempo energía vital. Estas bacterias representan la proporción más importante de la población del suelo.

Las bacterias tiene que degradar y asimilar las moléculas de los compuestos que existen en el medio para extraer ellos sus alimentos o su energía vital, y con el fin de catalizar estas reacciones, segregan sustancias llamadas enzimas. Los hongos son eucariotes pluricelulares provistos de membranas diferenciadas y de núcleo cuando son monocelulares. Principalmente son heterótrofos. Los protozoarios son seres unicelulares, cuyo tamaño varia de 5-100µ de promedio, con un núcleo bien definido, o pluricelulares eucariotes heterótrofos.

Los microorganismos en el suelo.

Se localizan los microorganismos en la rizosfera, que es la parte del suelo donde las raíces se fijan y crean condiciones de vida especiales. Se ha comprobado que la población microbiana es particularmente densa en la superficie de las raíces así como en su entorno inmediato, sin embargo, disminuye rápidamente cuando se aleja de estos órganos. Los microorganismos forman alrededor de las raíces por el estrecho contacto una especie de vaina o forro.

Las secreciones de las raíces, ejercen sin duda una influencia sobre la población microbiana del forro, y se puede ver una modificación de esta población en el crecimiento de la planta. También se encuentran en las raíces y moléculas químicas muy complejas.

El régimen de las variaciones es diferente según se trate de un suelo natural o de un suelo cultivado, pues la influencia del hombre actúa profundamente. Tanto en un caso como en otro, la humedad, la temperatura, el pH, el contenido de oxígeno y la materia orgánica determinan la naturaleza y la actividad de la población microbiana.

La humedad es necesaria para la vida de los microorganismos y para sus desplazamientos.

La cantidad de agua necesaria para la migración y desarrollo óptimo va--

ria según sea la especie de microorganismos y la naturaleza de los suelos. La temperatura en los suelos donde se encuentran siempre microorganismos vivos es en las proximidades del cero y entre 45-50°C (temperatura en la cual son activas las especies termófilas). Al cambiar la temperatura con relación a los germines que no resisten las nuevas condiciones de calor, pasan al estado de vida lenta y son suplantadas por otras especies que se encuentran, en aquel momento en la temperatura óptima para su crecimiento

#### Ecología de los suelos forestales.

Se refiere a los procesos y condiciones del medio ambiente que hacen posible la supervivencia de la misma. El medio ambiente no viviente que lo habita funcionará como un sistema ecológico o ecosistema.

Los sistemas ecológicos en el bosque o región boscosa, hay una gran variedad de vegetación que demuestra las etapas de sucesión y adaptación a las diferentes regiones, climas y humedades de cada suelo. Entre los suelos se pueden encontrar diferencias locales, al pasar de una área a otra. Se encuentran diferentes profundidades, color, pH y composición química de los horizontes.

El suelo descansa sobre un sustrato muerto que puede influenciar grandemente sobre la capacidad productiva del suelo. Este sustrato puede almacenar agua y nutrimentos que pueden pasar periódicamente al sistema de raíces, por capilaridad o por elevación del agua subterránea. (2).

Las fuerzas que juegan un papel importante en la dinámica de las poblaciones del suelo, y el ambiente, están regidos por las propiedades físicas y químicas del suelo. (76)

Hay factores que en un momento dado pueden limitar el tamaño de la población microbiana en el suelo y son: espacio, disponibilidad alimenticia, pH, -- fuentes de oxígeno, humedad, temperatura, y CO<sub>2</sub> que es un factor ecológico importante, ya que no solo afecta a la proliferación autotrófica y altera el pH, sino su papel potencial de inhibidor diferencial y como nutrimento de los organismos heterotróficos, así como el carácter del hábitat influencia a los microorganismos del suelo, estos ejercen efectos bioquímicos sobre su ambiente entre estos están: a) incremento de la complejidad química del ecosistema debido a reacciones biosintéticas y formación del humus; b) oxidación de los elementos orgánicos e inorgánicos; c) reduce los estados de oxidación más altos de los elementos, y debido a estas reacciones solubilizan o precipitan las partí-

culas (20).

La importancia de los suelos forestales es el papel que juegan en el almacenamiento de energía transmitida por el sol, es atrapada por el follaje sintetizador, existente en los bosques. Eventualmente incorporada al suelo como humus. La habilidad del suelo forestal para conservar o incrementar la fuente de materia orgánica es una característica esencial que lo distingue de los suelos de cultivo.

El suelo también obtiene energía de la descomposición de rocas y minerales, por la descomposición de los compuestos endodermicos, aunque esta energía es mucho menor que la que proviene de radiaciones. (1,76).

El suelo forestal es el más rápido productor de celulosa y requiere un gasto mínimo de energía humana por unidad de área.

En cuanto a los organismos, a menor tamaño, mayor será el número y entre más específica su función, mayor será la influencia sobre las propiedades del suelo. (76). Los microorganismos son potencialmente activos en cualquier lugar y por lo tanto determina la distribución gérica y dominancia de especies.

#### MICROBIOLOGIA DE LOS SUELOS FORESTALES.

Género Beijerinckia (3,8,24).

Este género comprende bacterias aerobias que fijan el nitrógeno, es también conocida como Azotobacter indicum, en 1959, Derx, encuentra diferencias morfológicas, en diferentes suelos, que las distinguen de otras especies de Azotobacter, y propone el de Beijerinckia. Las condiciones que afectan la existencia de Beijerinckia en los suelos, son en apariencia distintas a las conocidas para Azotobacter, la mayoría de los aislamientos han sido hechos en suelos ácidos, en los que no había Azotobacter porque Beijerinckia es mucho más resistente a la acidez.

Derivado de algunos experimentos (10) se descubrió que el rango de temperatura para el desarrollo de Beijerinckia es mucho más limitado que el de Azotobacter. Las bacterias del género Beijerinckia son sumamente resistentes al frío (9,32,30) cuando se encuentran en suspensión, la mayoría sobreviven a temperaturas de almacenamiento de 4°C, durante 4 meses. Una alta proporción de suelos (74.2%) con rangos de pH entre 5.5 y 5.9 son favorables a Beijerinckia, en tanto que de pH 5.0 a 5.4 el porcentaje es de 64.3% (10,33,30).

Ningun suelo con un pH menor de 4 o mayor de 7.4 contiene Beijerinckia, en vista de que algunos suelos contienen sin excepci3n Azotobacter, se sugiere que la ausencia de Beijerinckia se deba a una competencia de Azotobacter, y no a las condiciones alcalinas del medio.

#### G3nero Azotobacter

Las bacterias pertenecientes a este g3nero, poseen la habilidad de fijar nitr3geno del suelo, para sintetizar materiales complejos org3nicos. De esto - deriva la importancia de las bacterias fijadoras de nitr3geno que existen normalmente en el suelo o tambien el que procede de algunas transformaciones qu3micas, (desnitrificaci3n).

Las bacterias del g3nero Azotobacter, son bastoncillos estrictamente aerobios, no espor3foros, m3viles, que con frecuencia se presentan en forma hinchada, ovalada o parecida a una levadura.

Estos microorganismos son muy sensibles a la acidez pues al pH menor de 6 puede ya no haber desarrollo, se ven favorecidos por el f3sforo pues este -- aparece en su constituci3n en una porci3n de 5%. La energ3a necesaria para fijar nitr3geno, la pueden obtener de la oxidaci3n de carbohidratos, alcoholes - superiores, dextrinas y 3cidos org3nicos.

#### Proceso de Amonificaci3n.

Es el proceso mediante el cual los residuos org3nicos prote3icos del suelo son descompuestos debido a la actividad de los germenos proteol3ticos dando por resultado la liberaci3n del amoniaco. Este proceso se toma como indicador de la calidad del suelo en lo que se refiere a la fertilidad, para ello se toma en cuenta la cantidad de amoniaco producido y la r3pidez con la que se lleva a cabo la amonificaci3n.

En el proceso de amonificaci3n se resume la transformaci3n de nitr3geno- prote3ico en amoniaco que se realiza en forma constante.

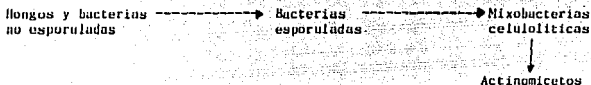
Por oxidaci3n completa efectuada por bacterias aerobicas, proteol3ticas, aerobias facultativas y hongos, produciendo amino3cidos, aminas y amoniaco.

#### DESCOMPOSICION DE MATERIA VEGETAL POR MICROORGANISMOS.

Kononova realiz3 una serie de estudios de laboratorio en relaci3n a la - descomposici3n de la materia org3nica vegetal por microorganismos bajo condi--

ciones controladas (3,2).

En estas investigaciones, se observó que la microflora actúa de la siguiente manera:



Los hongos y las bacterias van a atacar las sustancias orgánicas fácilmente disponibles, como aminoácidos, carbohidratos, proteínas simples, posteriormente las mixobacterias empiezan a predominar debido a que requieren del nitrógeno, y finalmente los actinomicetos se convierten en el grupo predominante una vez que ha terminado el proceso de humificación.

El proceso de humificación que antecede al de la nitrificación se esquematiza como sigue:

Compuestos hidrolisis enzimática Iones  $\text{NH}_4^+$  asociados especialmente con iones aminados de varias clases

y haciendo una representación específica de la amonificación:



El  $\text{NH}_3$  solo se forma parcialmente, pues en general se producen formas  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{OH}^-$ .

De acuerdo con la reacción anterior, cuando los microorganismos adquieren energía mediante el proceso de amonificación, desprenden cantidades muy grandes de  $\text{CO}_2$ , dejando una serie de productos secundarios principalmente los compuestos de amonio que se encuentran en forma de carbonatos y bicarbonatos debido a la abundancia de actividad de  $\text{CO}_2$ . Entre los factores importantes que pueden presentar influencia sobre el proceso podemos mencionar:

a) Aereación debida a que la mayoría de los microorganismos que intervienen en este proceso son aerobios, por lo cual es importante considerar el tamaño de la partícula.

b) Humedad la cual esta ligada con la aereación, es necesaria la presencia de niveles adecuados de humedad, permitiendo la buena circulación de oxígeno



no y una elevada humedad. En cuanto al pH, el óptimo para la amonificación es de 7, también la relación C/N es de importancia ya que a relaciones bajas de - 15/1 la amonificación se ve incrementada y si es lo contrario no va haber suficiente nitrógeno por mineralizar.

#### Bacterias Nitrificantes.

La nitrificación es el proceso biológico mediante el cual se va obtener nitritos y nitratos, utilizándose como sustrato inicial, compuestos que contienen nitrógeno reducido. Este sustrato generalmente es el amonio, el cual es la forma más reducida del nitrógeno, el producto final es el nitrato. Los compuestos con nitrógeno orgánico no pueden ser convertidos directamente a nitratos y el amonio será liberado como consecuencia de un proceso de mineralización. En base a la capacidad de los microorganismos nitrificantes de formar nitratos, - siendo este compuesto la mayor fuente de nitrógeno asimilada por las plantas - superiores, se comprobó que al destruir a las bacterias del suelo este perdía la capacidad de oxidar el amonio, restituyendo nuevamente la capacidad cuando se agregan pequeñas cantidades de suelo fresco (2,3).

Debido a las anteriores condiciones se dividió la nitrificación de la siguiente forma:

1) Consiste en la oxidación de amonio a nitrito y este paso se conoce como nitrosación, y es llevado a cabo por el género NITROSOMONAS sp.

2) La oxidación de nitrito al nitrato, este paso recibe el nombre de nitración y es efectuado por el género NITROBACTER sp.

La actividad de las bacterias que oxidan nitritos a nitratos se inicia - hasta el momento en que el amonio ha sido totalmente oxidado, ya que este compuesto se ha observado que es tóxico para las bacterias que continúan la oxidación.

#### Factores que influyen en la Nitrificación (2).

Este proceso presenta un grado de sensibilidad muy marcado hacia la influencia externa, esto se debe a la gran similitud fisiológica de ambas especies. Debido a las condiciones ácidas, la nitrificación es lenta aún en presencia de un sustrato adecuado, ya que las bacterias están ausentes cuando hay gran acidez. Los suelos alcalinos o neutros tienen grandes poblaciones de bacterias nitrificantes.

Los valores de pH óptimo se encuentran generalmente en 7. La aereación - es un factor importante para las especies en general, en aquellos suelos en -- los que la aereación es inadecuada habra poca oxidación de amonio y donde no hay oxígeno no se presenta la reacción.

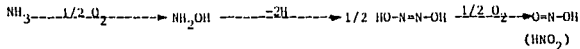
La humedad en el ambiente microbiano es de importancia, debido a que al encontrarse gran cantidad de agua de difusión de oxígeno va a disminuir, la ag reacción disminuye y el proceso puede hasta anularse totalmente. El rango óptimo de humedad generalmente varía de acuerdo al tipo de suelo, ya que los nitratos se producen rápidamente en suelos de 1:1.5 a 2:3 de capacidad de retención de agua. (2). La temperatura óptima generalmente es de 30°-35°C, este rango de pende de las características fisiológicas bacterianas. (2).

Características de las Bacterias Nitrificantes.

NITROSOMAS: realizan la oxidación de amonio a nitritos. Se desarrollan - en medios artificiales, sin materia orgánica o con pequeñas cantidades de está Bioquímica de la Nitrificación. (3,34).

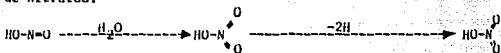
Es el primer paso realizado por las Nitrosomonas, el nitrógeno es oxidado desde -3 hasta +3 del  $\text{HNO}_2$ , por remoción de 6 electrones. Se ha observado - que en diversas condiciones la hidroxilamina, puede ser oxidada tan rápidamente como el amonio. Las bacterias causan la desaparición enzimática de la hidroxilamina pero la cantidad de  $\text{NO}_2^-$  es mucho menor en relación al  $\text{NH}_2\text{OH}$  que desaparece. Se propone que el  $\text{NH}_2\text{OH}$  es el primer intermediario de la reacción de - Nitrosomonas, por los siguientes puntos: a) La  $\text{NH}_2\text{OH}$  es rápida y cuantitativamente oxidada a  $\text{NO}_2^-$ , b) es uno de los sustratos oxidados demostrando que las bacterias tienen las enzimas necesarias, c) las enzimas son formadas en medios que contienen sales de amonio, d) mediante el uso de inhibidores demuestran la acumulación en las células de  $\text{NH}_2\text{OH}$ .

El mecanismo propuesto es el siguiente:



Es el mecanismo de Nitrobacter sp., donde cambia el estado de oxidación de  $\text{N}^{3+}$  a  $\text{N}^{5+}$ , sea que se oxida a dos electrones por molécula. La reacción de-

obtención de energía llamada deshidrogenación puede caracterizar la formación de nitratos:



Esta oxidación se ve incrementada por la presencia de molibdeno. Esto -- puede hacernos pensar en el hecho de que el sistema de activación de  $\text{NO}_2^-$  que -- contiene complejos Molibdeno-Enzimas.

#### Nitrificación Heterótrofa. (2,36).

Por medio del enriquecimiento adecuado, es posible que las bacterias heterótrofas oxiden compuestos nitrogenados orgánicos. Cutler y Mukerji, fueron los primeros en demostrar y aislar las bacterias que producen pequeñas cantidades de  $\text{NO}_2^-$  a partir de las sales de amonio, en medios con bajas concentraciones de azúcar (33). Generalmente, las bacterias toman amonio y lo oxidan a nitritos pero después la oxidación no continua y el nitrito desaparece por asimilación o por demanda de nitrógeno.

#### Reacciones de la Desnitrificación.

Dentro de las variadas reacciones que se llevan a cabo en el suelo, la -- desnitrificación se toma como un mecanismo respiratorio. En el, los nitratos y nitritos se reducen hasta  $\text{N}_2$ , liberando en la atmósfera y a veces se obtienen los óxidos de nitrógeno. Dicha volatilización va a causar una pérdida neta del elemento, lo cual es perjudicial para el suelo por ser un nutriente esencial, además no va a ser posible que el elemento entre en la estructura celular. Este proceso se realiza esencialmente en condiciones de anaerobiosis, puesto que los microorganismos que lo llevan a cabo van a utilizar el nitrato y el nitrito como fuentes de oxígeno y energía. En contraste con la desnitrificación el empleo de  $\text{NO}_3^-$  como fuente nutritiva se le puede denominar como asimilación de nitrato. Comparando ambos casos reductivos, encontramos las siguientes diferencias: a) los productos finales de la respiración de nitratos son volatilizados, b) los productos de asimilación son incorporados al material celular.

#### Influencia de los Factores Externos.

Los procesos de desnitrificación, están más o menos afectados por una serie de factores externos, dentro de los más importantes podemos mencionar: a) presencia o ausencia de oxígeno (aeración), b) cantidad de materia orgánica

ca presente, c) pH, d) humedad y e) temperatura. La presencia de la materia orgánica influye favorablemente la desnitrificación. Por lo tanto, la efectividad de los nutrientes orgánicos es promover la desnitrificación de los suelos la aireación va a afectar en dos formas que aparentemente se contraponen:

1) La desnitrificación, se lleva a cabo solo cuando el suministro de oxígeno es insuficiente para satisfacer la demanda microbiana. Al mismo tiempo se necesita oxígeno para formar nitrato y el nitrito, esenciales en el proceso. (70, 34).

En suelos aireados, el proceso también disminuye, el tamaño de los agregados, también influye en forma directa sobre el intercambio gaseoso, puesto que al aumentar el diámetro de las partículas aumenta la aireación y disminuye la pérdida de nitrógeno.

El efecto del agua se atribuye a la acción que ejerce sobre la difusión de oxígeno a los sitios de actividad microbiana. En niveles de humedad por debajo del 60% de la capacidad de retención de agua no ocurren pérdidas; la cantidad y rapidez de la desnitrificación es directamente proporcional al régimen de humedad. En cuanto al pH en los suelos ácidos la población solo llega a ser lo suficientemente grande a pH arriba de 5.5. Se ha demostrado que la desnitrificación por medios microbiológicos, es altamente sensible a la acidez y a las pérdidas; en estos suelos no puede atribuirse a la presencia de agentes biológicos. La temperatura es otro de los factores que van a afectar este proceso, a temperaturas bajas (2°C), la desnitrificación procede lentamente y al aumentar la temperatura se eleva; la rapidez de pérdida biológica. La temperatura óptima para la desnitrificación es de 25°C. (34).

Características de la Desnitrificación. (24, 30, 75).

La presencia de un gran número de bacterias desnitrificantes no indica que necesariamente sean las condiciones óptimas para llevar a cabo este proceso, así mismo el crecimiento de estos microorganismos tampoco va a depender de la reducción del nitrato. Las bacterias desnitrificantes son aerobias como las Pseudomonas, Achromobacter, Escherichia, Bacillus, Micrococcus. Las especies activas se desarrollan en forma aeróbica, en ausencia del nitrato o en forma anaeróbica, por su presencia en este caso de los productos no gaseosos, sino

más bien  $\text{NO}_2^-$ , o amoníaco, por la que el nitrato va a ser aceptor de electrones para el virus o ausencia de oxígeno. Podemos resumir tres reacciones microbianas del  $\text{NO}_3^-$ : a) reducción completa de  $\text{NO}_3^-$  a amonio por aparición frecuente de  $\text{NO}_2^-$ ; b) reducción incompleta del  $\text{NO}_2^-$  y acumulación; c) una reducción de  $\text{NO}_2^-$ , seguida por el desprendimiento de productos gaseosos.

### TRANSFORMACIONES DE LA CELULOSA. (3).

Es un compuesto, que se encuentra en las plantas superiores, es el compuesto más abundante. Gran parte de la vegetación agregada al suelo es celulosa, su descomposición tiene un significado especial en el ciclo del nitrógeno. A pesar de que la celulosa es un material inerte, hay microorganismos que son capaces de destruirla, y emplearla como fuente energética, a tal extremo que solo prosperan los medios que contienen como fuente carbonada la celulosa. La celulosa se encuentra en los hongos, algas y en general en las plantas que producen semillas.

#### Factores que rigen la descomposición.

Hay un número de factores que rigen el metabolismo de la celulosa en el medio ambiente, el nivel de nitrógeno disponible, la temperatura, aereación, humedad, pH, la porción relativa de lignina en el residuo, y la presencia de otros carbohidratos. (2,70). 1) El nivel de nitrógeno disponible, a mayor concentración de nitrógeno no inorgánico se incrementa el rompimiento de la celulosa en el suelo, las sales de amonio, los nitratos pueden emplearse como fuente de nitrógeno, 2) la temperatura también afecta la degradación. A temperaturas moderadas la población predominante es de mesofílicos y de termofílicos. La aereación que va a gobernar la composición de la microflora activa ya que en medios oxigenados predominan las bacterias aeróbicas y en medios donde disminuye la presión parcial de oxígeno, es decir en medios anaerobios van a predominar las bacterias anaerobias. La rapidez del metabolismo de la celulosa en un medio anaerobio es menor si se compara con medios aereados.

En cuanto a la humedad en medios que tienen un alto nivel de humedad, va haber una pobre difusión de oxígeno al medio microbiano, por lo tanto el habitat será anaerobio.

A pH ácidos la degradación de la celulosa es realizada más fácilmente a concentraciones bajas de iones de hidrógeno (suelos alcalinos), sin embargo, -

al pH 5 el proceso es rápido.

#### Microflora celulolítica.

Se ha clasificado en anaerobia y aerobia, encontrándose la mayor parte - dentro del grupo de anaerobios. La población que emplea celulosa, incluye bacterias termofílicas, hongos filamentosos, actinomicetos, basidiomicetos, bacterias mesofílicas aerobias y anaeróbicas y ciertos protozoarios. (42). Dentro de la microflora termofílica anaerobica se encuentran los hongos y los actinomicetos, la presencia de un sustrato fermentable y la exclusión del aire, estimula a esta microflora, son sensibles a la acidez y se han encontrado a un pH de 4.3.

#### Bioquímica de la Celulosa (2,6).

El paso inicial de la degradación de la celulosa es la hidrólisis enzimática del polímero, siendo el complejo enzimático la celulosa. Esta cataliza la conversión de la celulosa insoluble a productos más simples. La célula microbiana es permeable a la celulosa y el organismo puede excretar enzimas extracelulares por disponer de fuentes de carbono. En conclusión las bacterias anaeróbicas convierten generalmente la celulosa en dos grupos, principalmente la sustancia celular y  $CO_2$ .

Los principales productos de descomposición por hongos y actinomicetos - son carbón celular y  $CO_2$ . Los aerobios mesofílicos y termofílicos son incapaces de metabolizar totalmente el sustrato simple y por lo tanto son liberados gran número de compuestos orgánicos como productos finales.

#### HONGOS (6,8).

Representan un papel importante en la microbiología del suelo, van a ser particularmente activos en el estado de descomposición de los residuos de las plantas, en el proceso de agregación que se realiza en el suelo, contribuyen - los hongos junto con las bacterias, en la descomposición de desechos orgánicos complejos, en compuestos nitrogenados más simples, que la planta utiliza como alimentos y en diversos procesos que se realizan en el suelo (35,70).

Morfológicamente los hongos se caracterizan por su aspecto filamentosos - típico por lo que la clasificación depende de las diferentes estructuras de los filamentos. Los hongos constituyen gran parte del protoplasma microbiano - que se encuentra en el lecho en descomposición, particularmente en los estratos orgánicos de los suelos boscosos o selváticos pero en general son los principales agentes de descomposición en ambientes ácidos. Característicamente los hongos filamentosos, presentan una red de micelio constituida por cadenas de - hifas independientes. El micelio puede subdividirse en células individuales, - mediante paredes transversales o septos. Las hifas de los hongos sin septos -- son continuas u multinucleadas, sin tales paredes transversales.

#### Distribución y Abundancia.

La abundancia y la actividad fisiológica de la flora fúngica en diferentes habitats varia considerablemente y la comunidad y sus actividades bioquímicas sufren una variación apreciable en el tiempo en un sitio determinado. La - nutrición de los hongos es heterótrofa y ni la luz solar, ni la oxidación de - sustancias inorgánicas proporciona a estos microorganismos la energía necesaria para su crecimiento; en consecuencia la distribución de hongos esta determinada por la disponibilidad de los sustratos carbonados oxidables.

La concentración de los iones hidrógeno es otra de las principales variables que regulan la actividad y la composición de la flora.

Todos los seres vivos requieren de la humedad adecuada y por lo tanto, - el agua del suelo tiene 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 ellas por -- completo.

En el extremo opuesto, cuando la humedad es excesiva, la difusión del -  $O_2$  necesario para el metabolismo aerobico es inadecuado para cubrir las demandas microbiológicas y los hongos estan entre los primeros que sufren las consecuencias. Como grupo los hongos filamentosos son aerobios estrictos aunque se conocen algunas excepciones, y algunas especies consideradas comunmente como - aerobias obligadas, crecen en cierta medida cuando el  $O_2$  no esta presente.

#### LEVADURAS. (6,8).

En muchos suelos puede demostrarse la presencia de estas. El término no

tiene validez taxonómica, pero en el grupo se incluyen aquellos hongos que -- existen principalmente como organismos unicelulares y que se reproducen por -- gemación o por fisión. Pueden diferenciarse dos categorías principales; el -- grupo esporógeno que produce ascosporas y el que no produce las ascosporas.

#### Crecimiento y Sobrevivencia.

Los hongos tiene muchas estructuras que permiten la sobrevivencia de la población, cuando las condiciones del medio ambiente no son favorables para el metabolismo activo o cuando se establecen parásitos en torno al organismo. (3)

#### ACTINOMICETOS. (6,8).

Las bacterias verdaderas se diferencian claramente de los hongos filamentosos y muchas características morfológicas separan a las dos clases. Sin, embargo, existen grupos de transición entre las bacterias simples y los hongos - cuyos límites se superponen con los de los vecinos más primitivos y con los -- más desarrollados como los actinomycetos. También no tiene validez taxonómica ya que estos microorganismos se clasifican como bacterias en su sentido estricto y son miembros de la orden de los Actinomycetales.

Los microorganismos producen filamentos delgados, ramificados que se desarrollan en un micelio, en todos los géneros del suelo, excepto el género Actinomyces. Muchos de los actinomycetos del suelo producen sobre sus hifas esporas asexuales, conocidas como conidios aislados en parte o formando cadenas, - mientras que unos habitantes del suelo producen esporas en una estructura especializada conocida como esporangio. La relación de los actinomycetos con los - hongos se manifiesta en tres propiedades: a) micelio de los actinomycetos superiores tienen las ramificaciones más extensas, características de los hongos, . b) muchos actinomycetos forman micelio aéreo, c) el crecimiento de los actinomycetos en cultivos líquidos raramente producen la formación de filamentos gruesos o esferas.

Los actinomycetos antes de la esporulación, constan de un organismo, un micelio derivado de una unidad de propagación. Las colonias de algunos géneros que se desarrollan sobre la superficie de agar, pueden tener una consistencia firme y se adhieren fuertemente al sustrato solidificado, la superficie parece pulverulenta y llega a pigmentarse, cuando se producen las esporas aéreas. En los organismos que tienen un micelio sencillo, la colonia tiene la consisten--



cia más harinosa y frecuentemente se desintegra al ser tocada.

#### Distribución y Abundancia.

Los actinomicetos son numerosos y están ampliamente distribuidos, en abundancia siguen las bacterias. Particularmente en ambiente de pH elevado, los actinomicetos constituyen una gran proporción de la comunidad y como regla general son saprófitos. En sus habitats normales, los actinomicetos pueden presentarse en forma de conidias o hifas vegetativas y ambas formas pueden originar colonias en medios de agar. El tamaño de la comunidad depende del tipo de suelo, de algunas características físicas, el contenido de materia orgánica y del pH del medio ambiente.

Las áreas climáticas cálidas son muy favorables para una extensa flora de actinomicetos que los de las áreas frías.

#### Metabolismo del Carbono. (46).

Los actinomicetos utilizan una gran variedad de compuestos orgánicos, como los azúcares, almidón y hemicelulosa, proteínas y un buen número de sustancias, algunos actinomicetos pueden atacar también diversos compuestos que son degradados con mucha facilidad. Las mejores fuentes de carbono son la glucosa, maltosa, dextrina, almidón, glicerina y las proteínas. En condiciones especiales de fermentación se forman diversos ácidos.

#### Metabolismo del Nitrógeno. (46).

Las sales de amonio son por lo general preferidas frente a los nitratos, como fuente de nitrógeno mineral. Tanto la nitrificación como la reducción de los nitratos puede ser obra de algunos Streptomyces. La acumulación de amoníaco como consecuencia de la desaminación, pone de manifiesto que los aminoácidos son utilizados más como fuente de nitrógeno. Lo mismo ocurre con las proteínas y con las peptonas. (75, 22).

#### Elementos minerales.

Al igual que otros microorganismos, los actinomicetos necesitan un medio nutritivo bien equilibrado, en lo que se refiere a la composición mineral. Una proporción suficiente de K, Mg, Zn, Fe, Cu y Ca es generalmente necesaria para el crecimiento y metabolismo de los actinomicetos.

Los actinomicetos también producen muchas vitaminas, pigmentos y antibióticos, en algunos casos con tal intensidad que esta propiedad tiene aplicación

industrial, como en el caso de la vitamina B<sub>12</sub>.

#### Influencias ambientales.

Para los actinomicetos el status de materia orgánica, pH, humedad y temperatura son los determinantes ecológicos principales. Los actinomicetos son afectados directamente por la presencia de carbonos aprovechables y se presentan en cantidades especialmente grandes de terrenos con abundante materia orgánica proveniente de raíces y restos vegetales que determinana en gran medida, la influencia microbiológica de la estación.

Los actinomicetos como microorganismos del suelo.

A. La presencia en el suelo: el número de Streptomyces sp., existentes en el suelo varía ampliamente tanto en cifras absolutas como relativas. La profundidad del contenido de agua, la reacción del suelo, el tipo de suelo y la vegetación que lo cubre influyen sobre la presencia y el crecimiento de los Streptomyces en el suelo.

B. Actividad en el suelo: 1) descomposición y transformación de la materia orgánica, existen muchas sustancias que contienen carbono y/o nitrógeno en su molécula, y se encuentran en el suelo en forma de restos de plantas y animales, y generalmente se reúnen bajo el nombre de materia orgánica del suelo. 2) Patogenicidad frente a las plantas, a pesar de la gran cantidad de especies distintas de actinomicetos que se encuentran presentes en el suelo, solamente unas pocas actúan como organismos patógenos para las plantas. 3) Equilibrio microbiano, cualquier tipo de suelo constituye un habitat natural para los microorganismos, posee su propia microflora, bien equilibrada y típica y este equilibrio microbiano va ligado a los factores que caracterizan el tipo de suelo.

#### Taxonomía. (15).

Actualmente se sabe que los suelos contienen gran cantidad de actinomicetos, de géneros característicamente diferentes, estos se pueden dividir en ciertas familias: I. STREPTOMYCEAE, de hifas generalmente no fragmentadas, con extenso micelio aereo y cadenas de esporas de 5 a 50 o más conidias por cadenas. II. NOCARDIACEAE, hifas característicamente fragmentadas que producen pequeñas estructuras redondas o elongadas. III. MICROMONOSPORACEAE, hifas fragmentadas; conidias aisladas en pares o en cadenas cortas. IV. ACTINOPLANA---

CEAE. Los fragmentos hifales se dividen para formar gran número de estructuras redondas móviles. VI. FRANKIACEAE. habita los nodulos de las raíces de algunas plantas no leguminosas. No crece fuera de la planta hospedera. VII. ACTINOMYCETACEA. no produce micelios verdaderos. Por lo general son anaerobios estrictos facultativos.

#### Actividad y Función.

Los actinomicetos se desarrollan mucho más lentamente que los hongos y bacterias características que indican su incapacidad como competidores efectivos y su disminución cuando se eleva al nivel de nutrientes, así como la presión de competencia. Su inadecuada capacidad competitiva podría explicar su escasez relativa durante las etapas iniciales de descomposición de restos vegetales. Los actinomicetos empiezan a predominar cuando los nutrientes comienzan a ser limitantes y la presión de los competidores más efectivos disminuye.

Las evidencias de que estos microorganismos participan en algunos procesos son: a) descomposición de algunos de los componentes resistentes de los tejidos vegetales y animales. Los actinomicetos no responden inmediatamente a la adición de materiales carbonados naturales; b) formación de humus mediante la transformación de restos vegetales y del lecho de hojas en los compuestos naturales de la porción orgánica del suelo; c) transformaciones a la temperatura elevada particularmente en abonos verdes calientes, y en putrefacción, pudra, acumulaciones de abono y estiércol; d) provocan algunas enfermedades a las plantas; e) causan infecciones en animales y seres humanos; f) son de posible importancia en el antagonismo microbiano y en la relación de la composición de la comunidad del suelo.

### III. METODOLOGIAS.

En base a estudios realizados por diversos investigadores (68), se ha demostrado que un suelo va a contener siempre la misma capa y en un determinado tiempo, una cantidad uniforme de flora bacteriana, si las condiciones de muestreo son la mismas en cada ocasión (46).

Debido a las variaciones es necesario efectuar varios muestreos, debido a que un solo muestreo carece de valor, en base a las condiciones de heterogeneidad del suelo. Es necesario que la toma de muestra se lleve a cabo en las mismas condiciones de profundidad. Las muestras se deben analizar en el menor tiempo posible, en el laboratorio, debido a que conforme transcurre el tiempo se altera facilmente la población microbiana.

#### A. DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO.

##### Sitio # 1

Fecha de muestreo: Marzo, Junio, Septiembre, y Febrero.

Orientación: ESTE.

Zona Parque Nacional "CUMBRES AJUSCO"

Elevación sobre el nivel del mar, 3,800 m

Descripción de la zona: Zona boscosa, terreno limpio, sin desechos comestibles, escasa vegetación, suelo esponjoso, con muchas raicillas, sin presencia de prado superficial o visible, con mucha humedad retenida, con poca materia orgánica; la superficie cubierta con arena muy fina. Arboles de una sola especie (ciprés), sin inclinaciones en el suelo; no había piedras, suelo blando y con superficie plana, solo presentando mayor dureza a los posteriores muestreos. Es un sitio receptor de agua por una pendiente cercana, pero pierde el agua por escurrimiento, temporalmente es un sitio con anegamientos.

Flora: Arboles y plantas juvenes, leñosas con un solo tallo (25 pz).

Hierbas: De consistencia suave el tamaño y las formas de vida son: \*árboles de 4-15 metros, de hojas escamiformes y de tamaño pequeño, cobertura abierta o discontinua de 50-90%. \*\*Matorral: de hojas aciculares. \*\*\*Hierbas: menos de 0.5 m, la textura de la hoja es dura.

Superficie del suelo: En las partes descubiertas había formaciones de costras duras, pero de material aluvial estable, no reciben adición de nuevos materiales.

Profundidad del muestreo: de 0-20 cm.

Pedregosidad: Sin piedras, menos del 1%, tamaño grava y piedras pequeñas.

Consistencia: Seco, blando, débilmente coherente, se desmorona fácilmente entre las manos bajo ligera presión.

#### SITIO # 3

Fechas de muestreo: Marzo, Junio, Septiembre, y Febrero.

Orientación: NORTE.

Zona: Parque Nacional "CUMBRES AJUSCO".

Elevación sobre el nivel del mar: 3,450 m.

Descripción de la zona: Zona completamente boscosa, con muchos desechos comestibles, que producen la alteración del sistema ecológico y determina la presencia del hombre. Con mucha dureza, bastante vegetación, abundantes pastizales, árboles de una sola especie (oyamel), con 2 pz/m<sup>2</sup>; con una inclinación aproximada de 4 metros, la superficie del suelo, erosionada. Después de las lluvias el suelo se encontró con más dureza. Con una pendiente máxima de escarriamiento aproximadamente a 30°, con una pendiente convexa, es un sitio receptor y anegado por aguas dulces ocasionalmente.

Flora: Árboles, plantas leñosas de tallo adulto, matorrales: plantas adultas con más tallo, ambas siempre verdes, al tamaño de los árboles aproximadamente de 10-20 metros, los matorrales de menos de 1.0 metro..

La forma de las hojas: Aciculares de textura membranosa, cobertura compacta y continua.

Profundidad: de 0-20 cm.

Pedregosidad: Muy poca alrededor del 1%, tamaño grava (2mm a 1 cm) piedras medianas (5-10 cm).

La superficie del suelo en el caso de zonas descubiertas de matorrales, es la formación de costras duras y presencia de piedras.

Consistencia en seco: es ligeramente duro el suelo (débilmente resistente a la presión). La consistencia en húmedo, es muy firme y se desmenuza bajo la fuerte presión, fácilmente se rompe entre los dedos.

### SITIO # 3.

Fecha de muestreo: Marzo, Junio, Septiembre y Febrero.

Orientación: SUR.

Zona: Parque Nacional "CUMBRES AJUSCO".

Elevación sobre el nivel del mar: 3,500 m.

Descripción de la zona de muestreo: Suelo muy erosionado por la tala immoderada, presencia de desechos comestibles por el establecimiento de campamentos cercanos; suelos muy secos superficialmente, pastizales cubriendo la superficie, presencia de árboles maduros cercanos, solo la presencia de matas o arbustos pequeños en la zona; suelo interior húmedo, demasiado suave y esponjoso ( $1.0 \text{ árbol/m}^2$ ).

La pendiente máxima de escurrimiento es mínima o casi plana.

Drenaje superficial: Sitio normal, por que recibe la misma cantidad de agua que la que pierde por escurrimiento, y es un sitio sin anegamientos.

Flora: Árboles adultos leñosos, con un solo tallo, matorrales con más de un tallo, siempre verdes, 25-50% de las especies caducifolias.

Tamaño: Árboles mayores a 20 metros, solo un matorral de menos de 1.0 metro, la forma de las hojas es acicular, de textura membranosas, cobertura compacta o continua.

Superficie del suelo: En superficies descubiertas hay formación de costras o presencia de piedras.

Profundidad del muestreo: de 0 a 20 cm.

Pedregosidad: Muy pedregosos, tamaño grava y piedras pequeñas y medianas

Consistencia en seco: Duro, moderadamente resistente a la presión, puede ser roto con las manos, sin dificultad, la consistencia en húmedo, es extremadamente firme, el suelo se desmenuza inicialmente por presión muy fuerte.

### SITIO # 4.

Fecha de muestreo: Marzo, Junio, Septiembre, y Febrero.

Orientación: OESTE.

Zona: Parque Nacional "CUMBRES AJUSCO".

Elevación sobre el nivel del mar: 3,700 m

Descripción de la zona: Lugar de escasos árboles ( $3 \text{ pz/m}^2$ ), no se detecta la presencia del hombre, zona no boscosa, solo superficialmente húmedo, sin

presencia de pastizales cercanos, pero sí alrededor, solo que se encontraban - secos (la mayoría era verde en esas fechas), con muchas raicillas en el interior. La pendiente máxima de escurrimiento es de aproximadamente  $45^{\circ}$ , y de forma concava-convexa.

Drenaje superficial: Con mucha agua, pero es un sitio donador, en pendiente con escurrimiento que exceden a la cantidad de agua que reciben del sitio proveniente de pendientes más altas, no hay anegamiento de aguas.

Flora: árboles, plantas adultas, leñosas de un solo tallo; árboles jóvenes leñosos de más de un tallo, matorrales, plantas adultas con más de un tallo siempre verdes.

Tamaño: árbol de 10-20 metros y de 4 a 16 metros, matorrales de 1 metro, hojas de cobertura compacta o continua, membranosa.

Superficie del suelo: en casos de superficies descubiertas, sin costras y sin piedras.

Profundidad del muestreo: de 0 a 20 cm.

Pedregosidad: Sin piedras.

Consistencia en seco: suelo seco, no coherente, húmedo.

#### B. DESCRIPCIÓN DE LA TOMA DE MUESTRA.

En los sitios de muestreo, se abrieron pequeños pozos en el suelo con una profundidad de 0 a 20 cm, pero eliminando de cada zona por muestrear el musgo y la hojarasca, y posteriormente se hicieron cortes longitudinales del suelo a todo lo alto y ancho del pozo con una espátula estéril, recogiendo inmediatamente la muestra del suelo con un cucharón estéril. La cantidad de muestra obtenida fue colocada en cajas de aluminio de 20X20X20 cm con tapas de ajuste hermético y perfectamente identificadas y numeradas por zonas.

Se recolectó 1.00 Kg del mismo suelo y a la misma profundidad para el análisis físico y químico; para el análisis microbiológico 0.500 Kg.

Se obtuvieron muestras de árboles, ramas y conos de cada especie en las diferentes zonas, envasando el material en bolsas de polietileno con cierre hermético.

En las zonas de muestreo se tomó en cuenta la localización geográfica con respecto al parque Nacional (Norte, Sur, Este y Oeste).

### C. PROPIEDADES FISICAS.

Para el análisis de las propiedades físicas en cada una de las muestras recolectadas previamente, se siguieron las metodologías que se describen a continuación:

#### DETERMINACION DEL COLOR DEL SUELO (5,79).

La determinación del color del suelo se fundamenta en descubrir el resultado de la luz reflejada sobre el suelo para determinar el grado de coloración que se produce en el suelo, ya sea seco o en húmedo.

#### Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 5, con el apoyo de las Tablas Munsell.

#### DETERMINACION DE LA TEXTURA DEL SUELO. (11,9).

#### Método Bouyoucos.

Se refiere a la cantidad de partículas de diferentes tamaños que se encuentran en el suelo expresadas en por ciento. La separación de las partículas minerales se logra eliminando las sustancias cementantes que las unen como la materia orgánica y los carbonatos.

T  
E  
X  
T  
U  
R  
A

GRUESA

partículas de diámetro mayor de 0.05 mm e incluye rocas, grava y arena.

FINA

Partículas de diámetro menor de 0.05 mm y comprende limo y arcilla.

Las dos fracciones pueden separarse agitando el suelo con agua y dejando que la suspensión se sedimente. Después de un tiempo el material grueso se sedimenta, mientras que la arcilla y el limo quedan en suspensión. Las cantidades relativas de las partículas finas y gruesas del suelo, determinan la textura. El material grueso representa el esqueleto del suelo y su función es bien delimitada a dar soporte físico a las plantas jugando un papel menos importante en su nutrición; el material fino es la porción donde se efectúan las reacciones más importantes del suelo. Las designaciones texturales del suelo tienen el propósito más importante como la actividad biológica.



Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 9.

#### D. PROPIEDADES QUIMICAS.

Estas metodologías fueron las más importantes para el análisis de las -- propiedades químicas de los suelos:

##### DETERMINACION DEL pH DEL SUELO (17, 21, 25).

Utilizando un potenciómetro Sargent-Welch, mod. IP S-30010-50, para la -- determinación de los pH.

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 25.

##### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. (6,11).

Metodología:

Se pesaron 5.0 gr de suelo húmedo (previamente muestreado de las respec-  
tivas zonas), se colocaron en pesafiltros los cuales se encontraban a peso con  
stante y previamente pesados, y se secaron en la estufa a 80°C, por un período .  
de 3 a 5 horas.

La fórmula aplicada fué:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{A - B}{A - C} \times 100$$

A = peso del pesafiltro más suelo húmedo.

B = peso del pesafiltro más suelo seco.

c = peso del pesafiltro vacío.

##### DETERMINACION DE LA MATERIA ORGANICA. ( 7, 13, 46).

Método de Walkley y Black.

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 46.

##### DETERMINACION DE NITROGENO. (42, 36).

Método de Kjeldahl modificado.

Las fórmulas aplicadas fuerón:

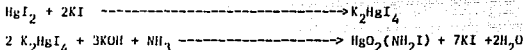
meq de Nitrógeno = ml de HCl utilizados por la muestra al titularse.

mg de Nitrógeno =  $\frac{\text{meq de N}_2 \times 14 \text{ mg}}{\text{meq}}$

% de Nitrógeno total =  $\frac{\text{ml de HCl} \times N \times 1.4}{\text{gr de muestra}}$

DETERMINACION DE NITROGENO AMONICAL. (46).

La determinación se llevó a cabo mediante la utilización del reactivo de Nessler:



Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 46.

Las fórmulas aplicadas fueron:

$\text{NH}_4^+$  (meq/100 gr de suelo)  $\frac{\text{dilución} \times \text{meq de la curva} \times 100}{\text{peso de la muestra}}$

NOTA:

La muestra del suelo: lo ideal es que la muestra del suelo se encuentre en las condiciones de humedad como se encuentra en el campo, de forma que su equilibrio iónico no haya sido perturbado por el proceso de desecación.

DETERMINACION DE FOSFORO. (13, 17, 21).

Método de Osmond.

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 46.

DETERMINACION DE POTASIO (44, 46).

Metodología:

Se aplicó la metodología indicado en la bibliografía # 46.

DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO. (20, 21,23).

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 46.

DETERMINACION DE MANGANESO. (39, 46).

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 46.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL. (13, 44).

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 46.

DETERMINACION DE CATIONES NO METALICOS CANJEABLES. (39,46).

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 46.

DETERMINACION DE INTERCAMBIO IONICO. (46).

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía de Peech U.S.D.A. 757 pag. 10, 1947.

E. METODOS MICROBIOLOGICOS.

Para el análisis microbiológico de las muestras del suelo, recolectado, se siguieron las metodologías que se describen a continuación:

DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DEL METODO DE DILUCIONES DEL SUELO. (13).

CUANTIFICACION DEL NUMERO DE BACTERIAS TOTALES EN MEDIO SOLIDO.

Las diluciones empleadas para cada microorganismo fueron:

Para Azotobacter y Derris, las diluciones utilizadas fueron  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$ ; para microorganismos celulolíticos,  $10^{-1}$  a  $10^{-7}$ ; para Nitrosococcus, Nitrobacter y Nitrosomonas:  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$ ; para Hongos y Actinomicetas:  $10^{-6}$  a  $10^{-8}$ ; para Bacterias totales:  $10^{-8}$  a  $10^{-10}$ .

\* CUANTIFICACION DE LAS BACTERIAS DEL CICLO DEL NITROGENO.

AZOTOBACTER Y DEXIA. (13).

La determinación se basa en la habilidad que presentan los microorganismos para crecer en sustratos que son ricos en carbohidratos y que no contengan nitrógeno; en base a que los microorganismos pueden fijar nitrógeno atmosférico, esta deficiencia en el medio de cultivo no va a restringir su crecimiento, pero si el de las bacterias heterotróficas que no tienen capacidad de emplear nitrógeno atmosférico.

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 63.

Lectura de resultados:

Al final del periodo de incubación se hizo el recuento de colonias tomando en cuenta la caracterización morfológica de dicho grupo bacteriano.

Las colonias producen pigmentos fluorescentes, suaves, mucosas y convexas de rápido crecimiento.

Morfología microscópica: Son células predominantemente largas lisas, de forma alargada u oval, se encuentran en pares; la movilidad es por flagelos peritricos o polares, o no móviles gramnegativos o algunas veces de gram variable; no producen endosporas.

Fórmula empleada para la cuantificación de las bacterias por gramo de suelo:

$$\text{Bact./gr} = \frac{\text{media arit. del \# de colonias} \times \text{dilución}}{\text{peso de 1.0 gr de suelo seco}}$$

CUANTIFICACION DE DEXIA.

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 63.

Lectura de resultados:

Dexia formó dos tipos de colonias:

- a) Colonias pequeñas de color café claro, que no fijan nitrógeno.
- b) Colonias grandes café que son fijadoras de nitrógeno. En medio con glucosa se observó, cuerpos refractivos, células muy elongadas.

## CUANTIFICACION DE BACTERIAS CELULOLITICAS. (3, 27, 75, 63).

### Metodología:

Se colectó la muestra y se trató por el método de diluciones especificado anteriormente; a partir de la dilución mayor preparada se va a transferir - una alícuota de 1 ml a cada uno de los cinco tubos por dilución, se agita cuidadosamente y se incuba por un período de 30 días a 30<sup>o</sup> C.

### Lectura de resultados:

Al finalizar el período de incubación y para la determinación de la destrucción celulolítica, se agitan los tubos y se reconocen como positivos los - tubos en los cuales el papel filtro se desintegró o se partió a la mitad. Posteriormente la cuantificación se hizo por el método del número más probable para poblaciones microbianas

## \*CUANTIFICACION DE MICROORGANISMOS AMONIFICANTES, NITRIFICANTES Y DESNITRIFICANTES (15, 15, 3, 63).

Las bacterias del suelo que llevan a cabo la oxidación de amoníaco a nitritos y de nitritos a nitratos son quimioautotróficas. lo cual indica que son capaces de utilizar un material inorgánico como su única fuente de carbono. Para enumerar las bacterias nitrificantes y separarlas de otros organismos del suelo, son aprovechadas las propiedades quimioautotróficas.

En el caso de los nitrosomas, el medio que contiene amoníaco como fuente de nitrógeno es utilizado para su cultivo, en caso de que los microorganismos se hallen presentes, se llevará a cabo la oxidación de amoníaco a nitritos; por lo que una prueba positiva para nitritos en el medio inoculado pero negativa - para los testigos, va a indicar la presencia de Nitrosomonas. Sin embargo la - prueba negativa para nitrito, no indica necesariamente la ausencia del microorganismos, sino que es posible que tanto las bacterias nitrito-oxidantes, como - las amoníaco-oxidantes estuviesen presentes en el inóculo, y que durante la incubación el nitrito formado fuese oxidado a nitrato por la acción del grupo Nitróbacter.

Una prueba positiva para nitritos y nitratos en los tubos inóculados y - una prueba negativa en los tubos testigos no inculados indicaría la presencia

de Nitrosomonas.

Sin embargo la producción de nitritos y la falta de producción de nitratos no es suficiente prueba para afirmar que realmente se ha obtenido un cultivo puro de Nitrosomonas. Es necesario realizar pruebas adicionales para demostrar la ausencia de microorganismos.

Para aislar y cuantificar Nitrobacter en el inóculo se determina por la prueba negativa para nitrito y positiva en los controles, está después de la incubación.

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 13.

Incubaciones:

Amonificantes es por un período de 15 días a 28°C; para los Nitrificantes es por un período de 28 días a 28°C; para los Desnitrificantes es por un período de 7 días a 28°C.

Lectura de resultados:

Al final de los respectivos períodos de incubación, la determinación de amonio, nitritos y nitratos, se llevó a cabo con los siguientes reactivos: para la determinación de Amonio se determina con reactivo de Nessler, para la determinación de Nitritos y Nitratos, la presencia se determina por medio del reactivo de Griess-Illosway.

CUANTIFICACION DE MICROORGANISMOS DESNITRIFICANTES. (13)

El proceso de desnitrificación, se lleva a cabo la desaparición del aceptor terminal de electrones que puede ser el nitrito o el nitrato, como la fuente energética. Conforme las bacterias se desarrollan y el pH se eleva, el color de la solución el cual inicialmente es verde va virando a un color azul intenso, y al mismo tiempo se van desprendiendo grandes cantidades de nitrógeno gaseoso.

Metodología:

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 13.

La incubación se llevó a cabo por un período de 7 días a 28°C, se observa diariamente la producción de gas y la transformación del color verde al ---

azul intenso.

**Lectura de resultados:**

Al final del período de incubación se llevó a cabo la observación de estos tubos y se marcan como positivos aquellos que presentan una coloración azul intensa y una formación vigorosa de gas. Posteriormente la cuantificación de las bacterias desnitrificantes se lleva a cabo por el método del número más probable para poblaciones bacterianas.

**CUANTIFICACION DE HONGOS. (13, 24, 52).**

**Metodología:**

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 13.

La incubación se lleva a cabo por un período de 7 días a 28°C.

**Lectura de resultados:**

Posteriormente a la incubación, se hace el recuento de colonias de hongos. Como las colonias de bacterias y actinomicetos no están invariablemente ausentes, se incluyen en el conteo únicamente aquellas que se reconocen como producidas por hongos y no por bacterias, o aquellas que no son típicamente algodonosas o filamentosas. Se calcula el número de hongos por gramo de suelo seco o sea de la misma forma que las bacterias.

**CUANTIFICACION DE BACTERIAS TOTALES. (1, 42, 61, 63)**

La cuantificación de la flora total del suelo puede llevarse a cabo mediante la utilización de métodos microscópicos o métodos culturales. El método de diluciones del suelo se utiliza frecuentemente para la estimación del número de microorganismos viables del suelo.

**Metodología:**

Se aplicó la metodología indicada en la bibliografía # 13.

La incubación se llevó a cabo a temperaturas de 28°-30° C durante un período de 3 a 5 días.

**Lectura de resultados:**

Examinar las cajas con cuidado, después del período de incubación, seleg

cionar las cajas que presenten colonias bien aisladas y entre 30 a 200 colonias por caja para hacer la cuantificación. No incluyendo en la cuenta las colonias de hongos filamentosos; el número de bacterias por gramo de suelo se —  
calcula por la fórmula de cuantificación de bacterias por gramo de suelo seco.



#### IV. RESULTADOS.

##### A. VEGETACION ENCONTRADA EN LOS SITIOS DE MUESTREO.

###### SITIO # 1

###### Arboles:

###### Cupressus Lindleyi.

Con eflorescencias masculinas de ramillas cortas.

###### Cupressus aff. sempervirens (ciprés) cupresáceas.

Planta introducida; se emplea como cortina rompevientos.

###### Hierbas:

###### Cinna poaeformis (zacate) gramíneas.

###### Didymata mexicana (acazochilt, trébol de monte) rabíceas.

Trifolium amabilis (trébol) leguminosa.

###### Arbustos:

###### Fuchsia microphylla (uretillo) Onagraceas.

###### Sinecio salignus D. C. (jarilla, flor de dolores, hierba casia) compuestas.

###### SITIO # 2

###### Arboles:

###### Pinus teocote (ocote) pinácea.

Buddleia parviflora (tepozán) loganiáceas.

###### Abies religiosa (abeto, oyamel) pináceas.

###### Hierbas:

###### Artemisa ludovisiana (estafiate) compuesta.

###### Tagetes lucida (hierbanis, pericón) compuestas.

###### Turaxama officinale (diente de león) compuesta.

###### Arbustos:

###### Sinecio mexicana (mirto) Labiadas

###### Syrphocarpos microphyllus (perlilla) carpiocoliáceas

###### SITIO # 3

###### Arboles:

###### Pinus hartwegii pinácea.

###### Pinus montezumae (pino moctezuma) pinácea

Hierbas:

Achillea lanulosa (plumbajillo mil en rama) Compuestas.

Aegopogon cinchroides (zacate) gramíneas.

Festuca toluencis (zacatón) gramíneas.

Uxalis jaquiniana (trébol) leguminosas.

Arbustos:

Sinecio salignus (jarilla, jaral amarillo, flor de dolores) compuestas.

Synphoricarpos microphyllus (perilla) carpoliáceas.

SITIO # 4

Arboles:

Abies religiosa (abeto, oyamel) pináceas.

Quercus mexicana (encino rojo) fagáceas.

Quercus rugosa (encino de asta, encino blanco) fagáceas.

Pinus montezumae (pino moctezuma) gramíneas.

Hierbas:

Achillea lanulosa (plumbajillo, mil en rama) compuestas.

Cirsium penetorum (cardo santo) compuestas.

Festuca toluensis (zacatón) gramíneas.

Muhlenbergia moerouii (raíz de zacatón) gramíneas.

Muhlenbergia (escobilla) gramíneas.

Arbustos:

Baccharis conferta (hierba del carbonero, escobilla) compuestas.

Sinecio barba-johannis (barba de Juan de Dios) compuestas.

Pinus ayacahuite.

SUR  
(SITIO # 3)

(SITIO # 1) ORIENTE      " PARQUE FORESTAL "      PONIENTE (SITIO # 4)  
" CUMBRES AJUSCO "

(SITIO # 2)  
NORTE

MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	FEBRERO
PROPIEDADES QUIMICAS	PROPIEDADES QUINICA	PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS	

DETERMINACIONES DE:

COLOR

TEXTURA

RELIEVE

EROSION

DETERMINACIONES DE:

pH

% DE HUMEDAD.

% DE MATERIA ORGANICA.

% DE NITROGENO TOTAL.

NITROGENO AMONIACAL.

RELACION CARBONO-NITROGENO.

SALES MINERALES:

Fósforo y Fósforo disp.

Potasio y Potasio disp.

Calcio + Magnesio.

Calcio sustituible.

Magnesio sustituible.

Manganeso sustituible.

Capacidad de Intercambio Cationico Total.

Capacidad de Intercambio cationico.

CUANTIFICACIONES DE:

AZOTOBACTER.

DERXIA.

ANONIFICANTES.

NITRIFICANTES  
(Nitrosomonas y Nitrobacter).

DESNITRIFICANTES.

MOO. CELULOLITICOS.

HONGOS.

ACTINOMICETOS

MOO. TOTALES.

PROPIEDADES FISICAS

( 18, 4, 5, 9 )

SITIOS DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (cm)	ALTURA s.n.m.	ORIENTACION	pH	COLOR DE SUELOS		%	%	%	CLASIFICACION TEXTURAL	% HUMEDAD
					S. SECOS	S. HUMEDOS					
1	0-20	3,800	ESTE	6.19	Café amarillo	Café pardo osc.	82.58	11.27	6.15	Migajón arenoso	13.80 17.51 33.97 14.00
2	0-20	3,450	NORTE	6.18	Café grisaseo osc.	Gris osc.	83.28	11.40	5.32	Migajón arenoso	21.50 27.255 49.95 22.00
3	0-20	3,50	SUR	5.99	Café grisaseo osc.	Negro	83.56	9.44	7.00	Migajón arenoso	15.50 18.68 23.16 16.00
4	0-20	3,700	OESTE	6.12	Café grisaseo osc.	Gris osc.	83.26	10.44	6.30	Migajón arenoso	22.50 25.46 38.95 23.00

PROPIEDADES QUIMICAS ( 1 )

( 7, 47, 44, 57 )

SITIOS DE MUESTREO	%		RELACION C/N	mg/100gr $N_2-NH_4^+$	ppm			meq/ml	
	M. ORGANICA	N <sub>2</sub> TOTAL			FOSFORO	FOSFORO d	POTASIO	POTASIO s	Ca + Mg
1	21.85	0.3943	18.98	0.00048	3.00	4.00 B	16.00	16.42	0.0255
	27.75	0.4733	18.37	0.0005	3.00	4.28 B	20.00	16.00	0.026
	31.465	0.5638	16.33	0.0005	5.00	4.64 B	20.00	18.21	0.0325
	22.67	0.3804	19.29	0.00054	2.50	2.14 B	10.00	12.14	0.026
2	34.285	0.632	30.43	0.00073	5.00	6.42 B	14.00	13.85	0.029
	41.635	0.6529	25.35	0.00076	5.00	7.14 A	18.00	14.00	0.0295
	49.365	0.7346	21.28	0.00078	7.00	7.85 A	10.00	18.00	0.030
	26.535	0.0622	31.54	0.0009	5.00	4.71 B	12.00	12.14	0.030
3	30.164	0.5247	22.87	0.00126	6.00	4.85 B	22.00	21.42	0.030
	36.12	0.5429	22.10	0.0014	6.00	5.71 B	25.00	22.00	0.032
	40.565	0.7475	16.05	0.0014	8.00	7.14 A	25.00	24.28	0.0295
	39.31	0.4905	24.46	0.00158	6.00	6.07 B	19.00	12.14	0.0295
4	20.605	0.6822	17.59	0.00174	4.00	4.00 B	25.00	16.42	0.0355
	26.75	0.6998	17.14	0.00194	4.00	4.71 B	30.00	25.00	0.0377
	40.395	0.7483	16.03	0.0019	6.00	6.071 B	30.00	30.00	0.034
	24.68	0.6578	18.24	0.0020	4.00	4.00 B	21.00	12.14	0.034

PROPIEDADES QUIMICAS ( 2 ).

( 40. 44 )

SITIOS DE MUESTREO	meq/ml CALCIO	ppm MAGNESIO	ppm CALCIO	ppm MAGNESIO	ppm Mn	meq/100 gr CIC	meq/100 gr CIC (Cl <sup>-</sup> )	meq/100 gr CIC (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	meq/100 gr CIC (Cl <sup>-</sup> )	meq/100 gr CIC (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
1	0.019	0.00564	28.57 MP	1.42 P	1.071 P	16.495	0.1414	0.0102	0.1223	0.01225
	0.013	0.0112	40.00 MP	2.00 P	1.21 P	17.486	0.2020	0.014	0.1479	0.014
	0.0228	0.00841	40.00 MP	2.07 P	1.35 P	17.939	0.3810	0.0195	0.1178	0.0205
	0.13	0.0112	25.71 MP	1.21 P	0.92 P	17.937	0.1267	0.0097	0.01058	0.01225
2	0.018	0.00954	32.14 MP	1.78 P	1.42 P	16.72	0.1352	0.0225	0.1187	0.02475
	0.0159	0.0118	35.71 MP	2.00 P	1.50 P	19.76	0.2845	0.0223	0.1487	0.0245
	0.015	0.01302	35.78 MP	2.07 P	1.57 P	22.339	0.3531	0.0359	0.12023	0.0395
	0.018	0.0104	32.85 MP	1.785 P	1.35 P	22.622	0.2181	0.0245	0.1044	0.0245
3	0.027	0.00633	37.14 MP	2.14 P	0.64 P	15.66	0.1651	0.0252	0.1195	0.0275
	0.017	0.01302	40.00 MP	2.14 P	0.64 P	20.555	0.2949	0.0257	0.1775	0.0275
	0.0145	0.01302	38.92 MP	2.21 P	0.71 P	28.415	0.40	0.035	0.1512	0.036
	0.0147	0.01284	35.71 MP	2.00 P	0.571 P	28.56	0.1891	0.0289	0.1253	0.035
4	0.0157	0.01786	30.00 MP	2.14 P	0.50 P	13.705	0.1210	0.0295	0.01078	0.0295
	0.021	0.01449	35.71 MP	2.28 P	0.50 P	37.48	0.3109	0.0312	0.14183	0.039
	0.016	0.01562	35.71 MP	2.428 P	0.571 P	40.43	0.2974	0.0418	0.1297	0.040
	0.0209	0.0085	28.57 MP	2.07 P	0.428 P	38.124	0.1510	0.0382	0.1212	0.032

PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS ( 1 )

( 13 )

SITIOS DE MUESTREO	Bacterias por gramo de suelo seco					
	AZOTOBACTER	DERXIA	AMONIFICANTES	NITROBACTER	NITROSOMONAS	DESNITRIFICANTES
1	263 732	213.0	1 450 000	6 900	210 000	760 000
	682 082	171.0	16 000 000	220 000	5 150 000	1 400 000
	763 216	190.0	16 000 000	1 450 000	1 450 000	1 800 000
	781 449	200.0	275 000	12 000	110 000	440 000
2	582 732	178.0	1 010 000	17 000	175 000	460 000
	753 942	209.0	16 000 000	275 000	2 200 000	5 400 000
	871 870	190.0	16 000 000	2 200 000	5 150 000	9 200 000
	779 944	160.0	240 000	220 000	220 000	950 000
3	134 188	144.0	420 000	22 000	150 000	810 000
	643 669	179.0	16 000 000	920 000	1 700 000	16 000 000
	660 945	184.0	8 850 000	8 200 000	8 500 000	1 600 000
	646 912	150.0	375 000	14 000	110 000	1 200
4	199 020	188.0	1 900 000	4 800	250 000	950 000
	619 057	155.0	16 000 000	1 700 000	3 400 000	16 000 000
	662 919	200.0	9 100 000	8 200 000	8 550 000	3 500 000
	604 819	190.0	275 000	17 000	785 000	220 000

PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS ( 2 ) .

( 2, 28, 13, 25, 47, 64, )

SITIOS DE MUESTREO	MICROORG. CELULOLITICOS	HONGOS	ACTINOMICETOS	MICROORG. TOTALES.
1	3 600 000	51.1	6 235	90 981 013
	14 000 000	649.4	7 000	100 150 000
	12 000 000	1 461 750.0	6 991	84 477 778
	2 000 000	360 000.0	4 938	37 277 778
2	2 600 000	49.9	7 406	INCONTABLES
	6 900 000	113.8	7 912	INCONTABLES
	11 100 000	1 531 818.0	8 080	INCONTABLES
	3 000 000	460 000.0	4 877	58 050 000
3	3 200 000	24.3	7 491	20 000 000
	16 000 000	82.6	8 000	54 460 000
	14 000 000	1 521 226.0	6 000	90 240 000
	2 400 000	248 000.0	3 745	16 795 000
4	1 300 000	34.5	6 172	54 459 423
	7 600 000	84.5	7 843	59 038 027
	12 000 000	1 219 750.0	8 000	68 644 068
	1 700 000	425 554.0	2 439	39 312 039



En base a los resultados obtenidos de las determinaciones experimentales se presentan las siguientes gráficas, que nos van a proporcionar un panorama general de las condiciones en las zonas, en cuanto a las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del parque forestal "CUMBRES AJUSCO".

La simbología utilizada es la siguiente:

Zona # 1, notificada por el número 1, y que representa el muestreo en el ESTE de orientación geográfica en el parque.

Zona # 2, notificada por el número 2, y que representa el muestreo en el NORTE de orientación geográfica en el parque.

Zona # 3, notificada por el número 3, y que representa el muestreo en el SUR de orientación geográfica con respecto al parque.

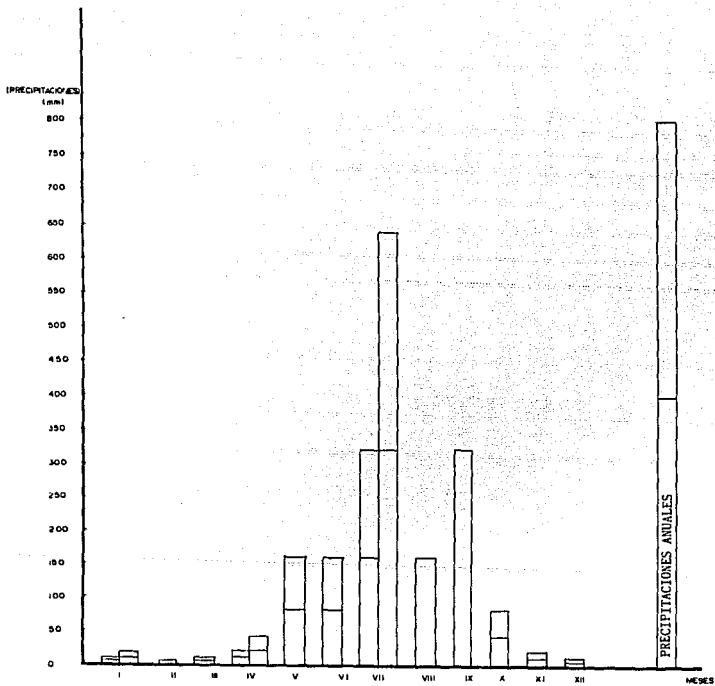
Zona # 4, notificada por el número 4, y que representa el muestreo en el OESTE de orientación geográfica con respecto al parque.

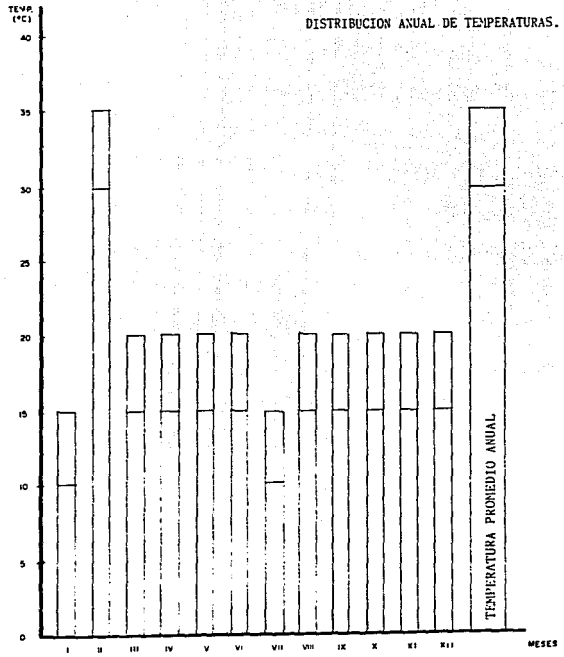
Cada zona de muestreo se divide en cuatro etapas de muestreo que representa los cuatro períodos de muestreo en diferentes fechas:

1. El muestreo iniciando la Primavera (marzo).
2. El muestreo iniciando el Verano (Junio).
3. El muestreo en el Otoño (Septiembre).
4. El muestreo en el Invierno (Febrero).

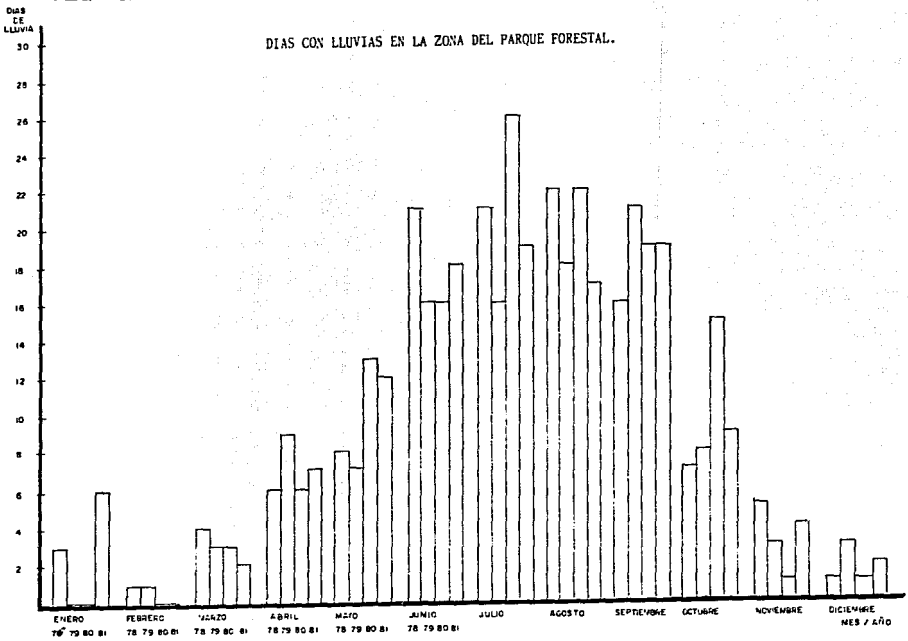
Todos los muestreos se efectuaron a una profundidad de 0 a 20 cm en cada una de las zonas marcadas por la orientación geográfica.

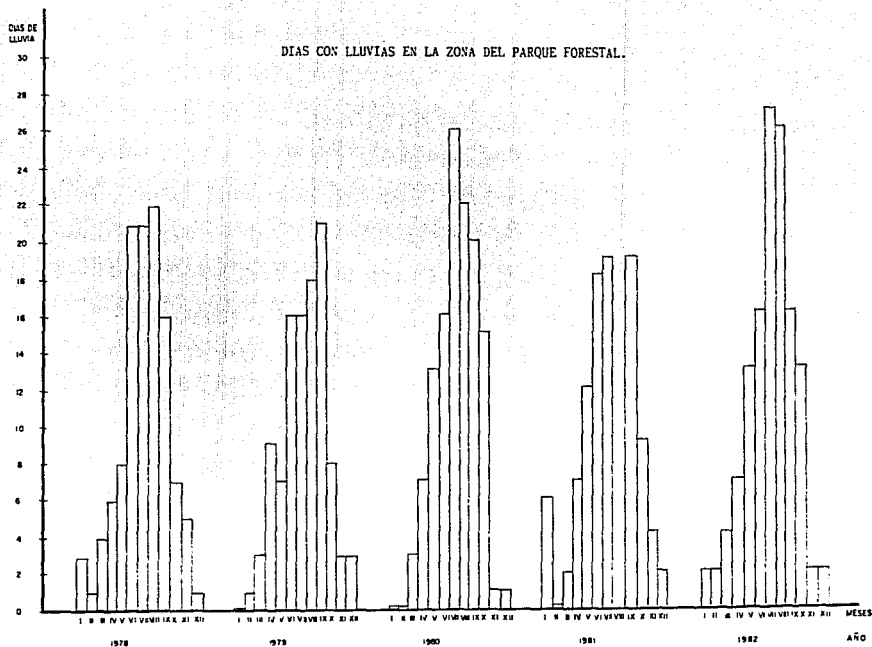
# DISTRIBUCION ANUAL DE LLUVIAS.



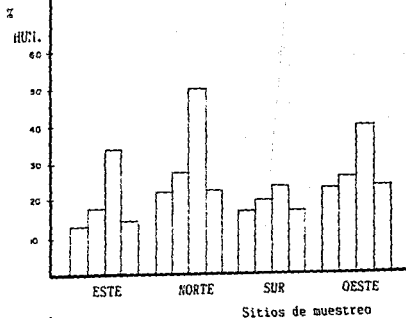


ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

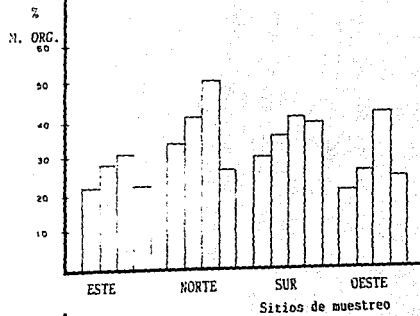




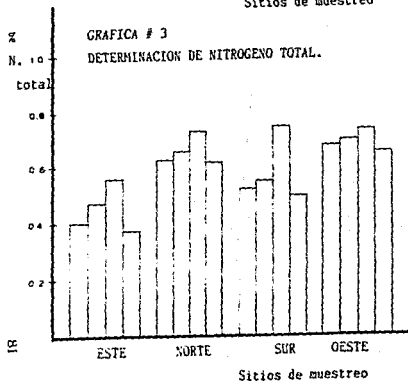
GRAFICA # 1  
DETERMINACION DE HUMEDAD.



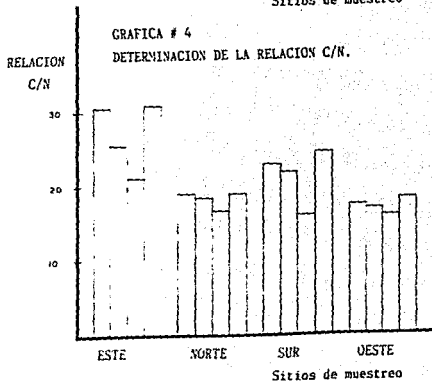
GRAFICA # 2.  
DETERMINACION DE H. ORGANICA.

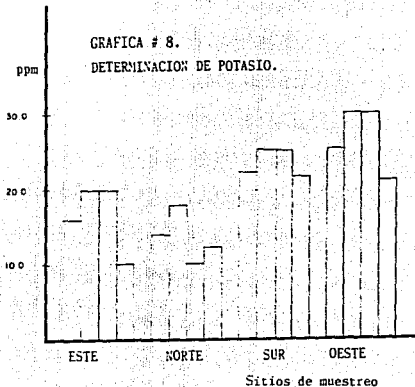
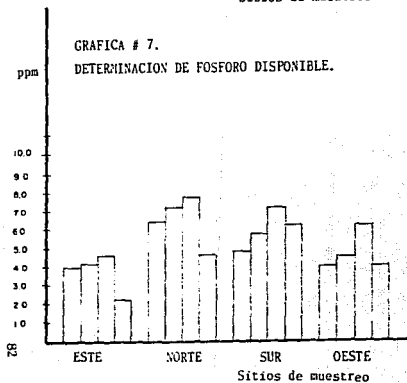
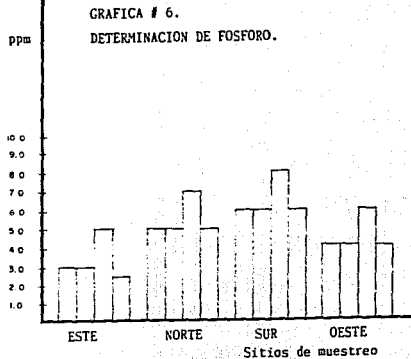
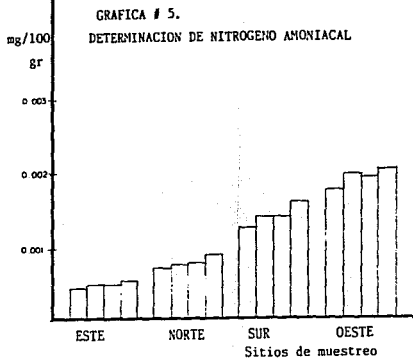


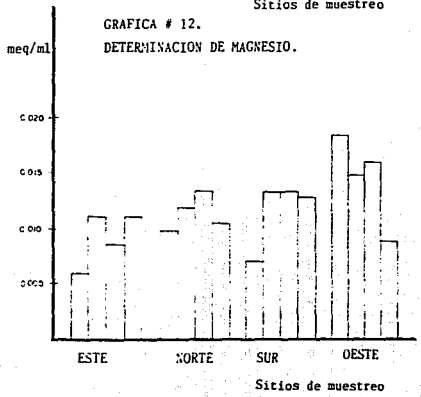
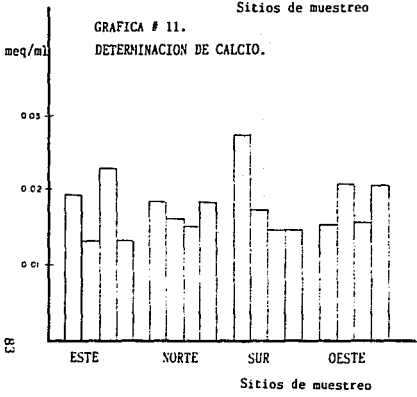
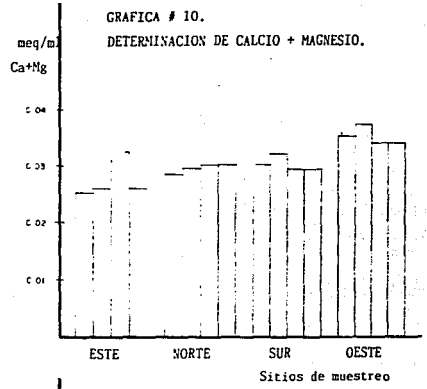
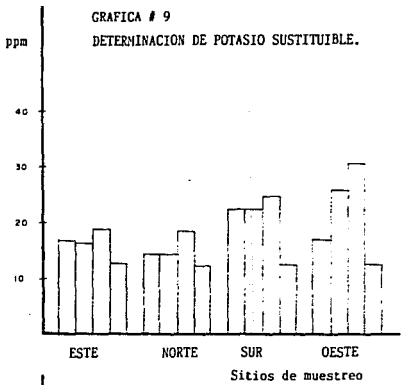
GRAFICA # 3  
DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL.



GRAFICA # 4  
DETERMINACION DE LA RELACION C/N.

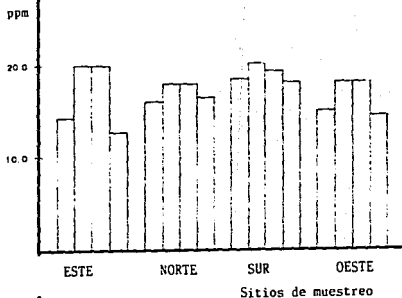




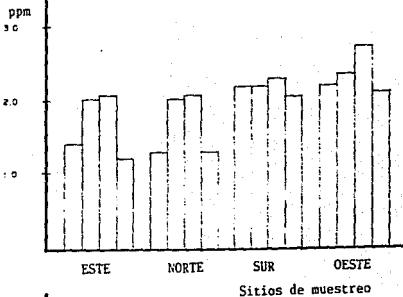




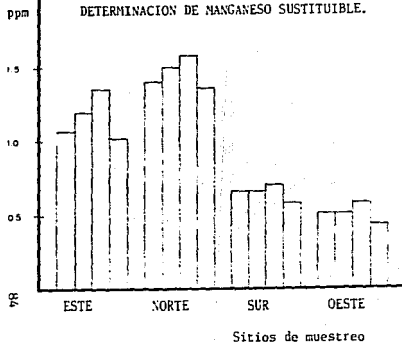
GRAFICA # 13.  
DETERMINACION DE CALCIO SUSTITUIBLE.



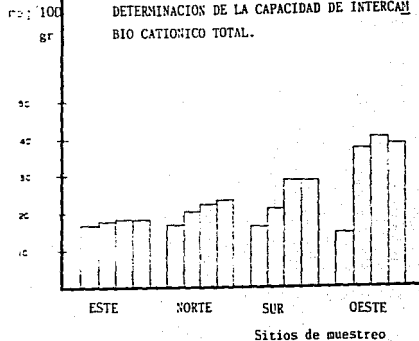
GRAFICA # 14.  
DETERMINACION DE MAGNESIO SUSTITUIBLE.

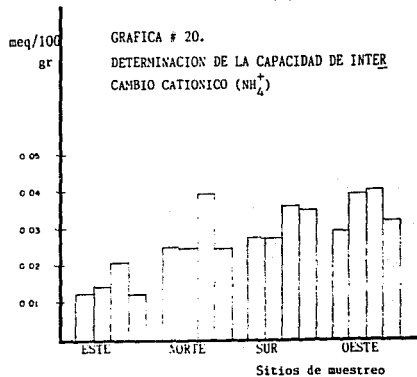
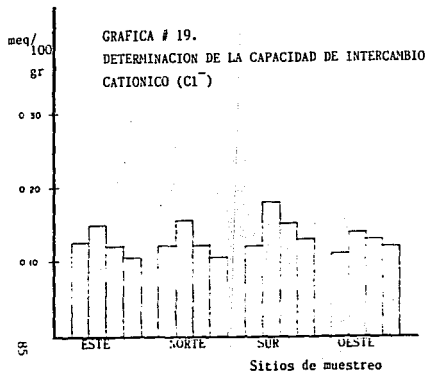
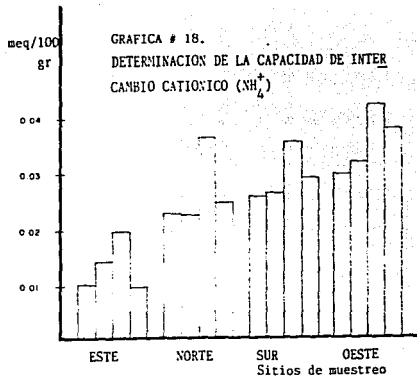
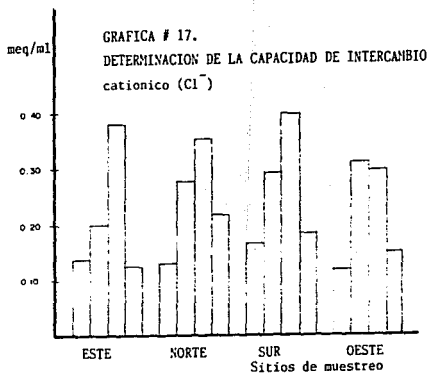


GRAFICA # 15.  
DETERMINACION DE MANGANESO SUSTITUIBLE.



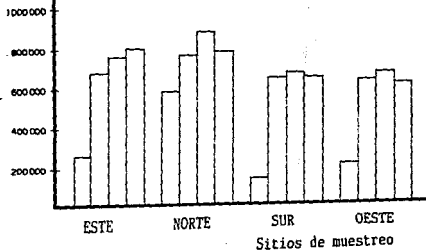
GRAFICA # 16.  
DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL.





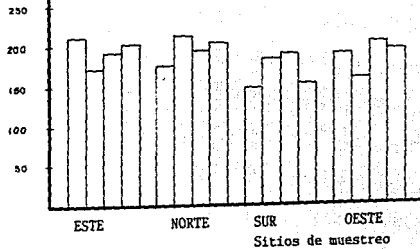
Bact/g

GRAFICA # 21.  
CUANTIFICACION DE AZOTOBACTER.



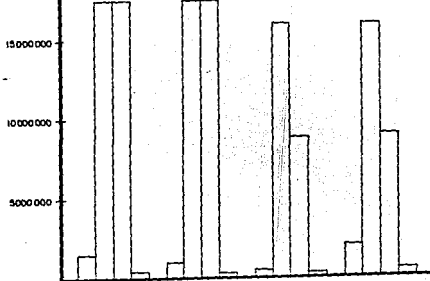
Bact/gr

GRAFICA # 22.  
CUANTIFICACION DE DERIA.



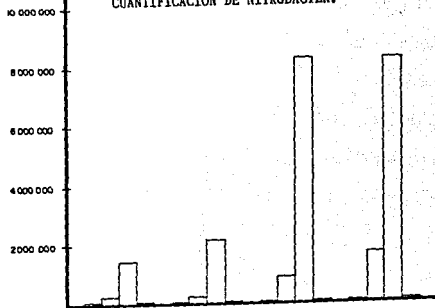
Bact/g

GRAFICA # 23.  
CUANTIFICACION DE AMONIFICANTES.



Bact/gr

GRAFICA # 24.  
CUANTIFICACION DE NITROBACTER.



Bact/g

GRAFICA # 25.  
CUANTIFICACION DE NITROSONOMAS.

8000000

6000000

4000000

2000000

ESTE

NORTE

SUR

OESTE

Sitios de muestreo

Bact/gr

GRAFICA # 26.  
CUANTIFICACION DE DESNITRIFICANTES.

15000000

10000000

5000000

ESTE

NORTE

SUR

OESTE

Sitios de muestreo

Bact/g

GRAFICA # 27.  
CUANTIFICACION DE MICROORGANISMOS CELULOLITICOS.

15000000

10000000

5000000

ESTE

NORTE

SUR

OESTE

Sitios de muestreo

Bact/gr

GRAFICA # 28.  
CUANTIFICACION DE HONGOS.

1500000

1000000

500000

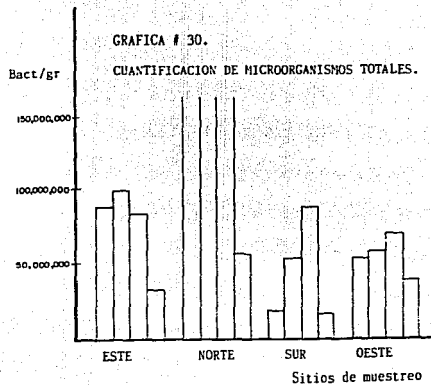
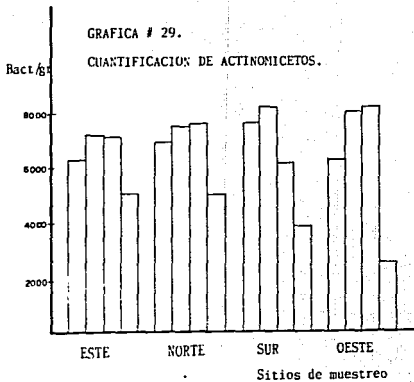
ESTE

NORTE

SUR

OESTE

Sitios de muestreo



#### V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

Considerando que los suelos de la región de estudio son característicos de los suelos derivados de las cenizas volcánicas se encontró lo siguiente:

**COLOR DE SUELOS:** El color en seco y húmedo en las cuatro zonas de muestreo se mantuvo estable durante el año sin presentar variaciones, ni en la temporada de lluvias (mayo-septiembre), ni en la temporada de secas (octubre-abril) al igual que en la orientación geográfica que tampoco presentó ninguna variación.

**pH:** Se observó que en estos suelos se presentó un pH ligeramente ácido, con pequeñas variaciones entre las cuatro zonas que corresponde al ESTE, en tiempo de secas (marzo), el pH promedio (6.12) en el ESTE y OESTE, también en temporada de secas (febrero), el pH más bajo (5.91), se encontró en el SUR y también en temporada de secas (marzo).

**HUMEDAD:** Se encontró la humedad más alta al NORTE (49.95%), en el mes de septiembre; la humedad promedio en el SUR (23.16%), en el mes de septiembre; la humedad más baja se encontró en el ESTE (13.8%), en el mes de marzo. La humedad más alta que corresponde al NORTE es debida a que en este sitio se encontró inundación por un período cercano a 9 meses pero además en el mes de septiembre es en el mes donde se presenta la mayor precipitación pluvial (160-320 mm) durante el año, en los sitios pertenecientes al ESTE y OESTE hay más vegetación y maleza y esto ayuda a demostrar el poder de retención del agua que se presenta en el suelo en sitios boscosos evitando al mismo tiempo el impacto directo por el sol sobre el suelo por la presencia de hojarasca producida por los árboles.

**TEXTURA:** No se encontró variación, aunque en las cuatro zonas aumento la dureza de la tierra durante el mes de febrero debido a que se presentaron 5 a 10 días con heladas, la textura de Migajón arenoso presenta baja retención de nutrientes y fácilmente se erosiona, ya que se encontró que se puede eliminar fácilmente la cubierta vegetal, lo que indica así que son suelos débiles.

**MATERIA ORGANICA:** El mayor contenido de materia orgánica se encontró en el NORTE (49.365%) en el mes de septiembre, el contenido intermedio (31.4645%) en el ESTE en el mes de septiembre, el menor contenido se encontró en el OESTE en el mes de septiembre, el contenido intermedio (31.465%), en el ESTE en el -

mes de septiembre, el menor contenido se encontró en el OESTE en el mes de marzo (20.605%). En el NORTE se encontró el mayor índice de materia orgánica, debido a que se encontraba una gran cubierta de hojarasca durante el mes de septiembre, en el ESTE en el mismo mes se encontró que hay más disposición a la erosión.

**NITROGENO TOTAL:** El menor contenido se encontró en el ESTE (0.3804%) en el mes de febrero; el contenido promedio se encontró en el NORTE (0.622%) en el mes de febrero; el mayor contenido fue en el mes de septiembre (0.7483%) en la zona que corresponde al OESTE.

En el OESTE es donde se encontró el mayor contenido, se cree que es porque en estas zonas crecen pastos altos, mayor contenido de hojarasca, y por lo tanto hay más pastoreo. En las zonas de menor contenido no había gran acumulación de hojarasca y no pudo ser llevada a otras zonas debido a que existe en esa zona un bosque cerrado que no permite el arrastre de materia orgánica, además de no existir pastoreo en la zona.

**RELACION CARBONO/NITROGENO:** La relación se encontró elevada (%) en el ESTE, lo cual indica la mineralización de la materia orgánica que es lenta y no hay materia orgánica extra por desechos orgánicos de animales o por contenido de hojarasca; la relación promedio se encontró en el ESTE (21.28%), en el mes de septiembre; la relación más baja (16.03%) se encontró en el OESTE en el mes de septiembre (época de lluvias).

**NITROGENO AMONIAICAL:** En todas las zonas generalmente se encontró escasa liberación del contenido de nitrógeno amoniacal ( $N-NH_4$ ), entre los muestreos efectuados se encontró que en la zona con mayor contenido fue en el OESTE en el mes de febrero, el contenido promedio fue en el SUR en el mes de marzo y el menor contenido fue en el OESTE en el mes de marzo.

**FOSFORO:** Se encontró el menor contenido (2.5ppm) en el mes de febrero, el contenido promedio en el NORTE (5.0ppm) en el mes de marzo, junio y febrero el mayor contenido en el SUR en el mes de septiembre.

**FOSFORO DISPONIBLE:** Se encontró el menor contenido en el ESTE en el mes de febrero (2.14pp), el contenido promedio en el SUR en el mes de junio (5.7 ppm), el mayor contenido se encontró en el mes de septiembre en el SUR (7.85 ppm).

POTASIO: El contenido mayor (30ppm) se encontró en el OESTE en el mes de junio y septiembre; el contenido promedio (22ppm) se registró en el SUR en el mes de marzo; el contenido menor (10ppm) se encontró en el ESTE y en el NORTE en el mes de septiembre.

POTASIO SUSTITUIBLE: Se encontró el mayor contenido (12.14ppm) en el mes de febrero, en las cuatro zonas de muestreo; el contenido promedio se encontró en el NORTE (18ppm) en el mes de septiembre y el mayor contenido (30ppm) se encontró en el OESTE en el mes de septiembre.

CALCIO (CALCIO+MAGNESIO): En general aunque se encuentra en concentraciones más pequeñas (menor de 40ppm), lo que demuestra la predominancia de magnesio, se encontró el mayor contenido en el mes de septiembre y febrero (0.034 meq/ml) en el OESTE.

CALCIO SUSTITUIBLE: El mayor contenido se encontró (40ppm) en el SUR y --ESTE en el mes de septiembre y junio, el contenido promedio (35.78ppm) se encontró en el NORTE en el mes de septiembre; el menor contenido se encontró en el ESTE (25.71ppm), en el mes de febrero.

MAGNESIO SUSTITUIBLE: El menor contenido se encontró en el OESTE en el mes de febrero, en el ESTE, NORTE y SUR se encontró el contenido promedio (2.0 ppm), en el mes de junio y febrero; el mayor contenido (2.48ppm) se encontró en el OESTE en el mes de septiembre.

MANGANESO: El mayor contenido se encontró (1.57ppm) al NORTE en el mes de septiembre; el contenido promedio se registró (0.92ppm) en el ESTE en el mes de febrero; el menor contenido (0.428ppm) se encontró en el OESTE en el mes de septiembre.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL: El menor contenido se encontró en el OESTE (13.705meq/100g) en el mes de marzo; el contenido promedio se encontró en el mes de febrero (22.622meq/100g) en el NORTE; el mayor contenido se encontró en el OESTE (40.43meq/100g) en el mes de septiembre.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: La determinación de cloruro en el --filtrado con KCl, se encontró en mayor contenido en el SUR (0.4meq/100g) en el mes de septiembre, el contenido promedio (0.2181meq/100g) en el NORTE, en el --



mes de febrero; el menor contenido (0.121meq/100g) en el OESTE en el mes de marzo; en el filtrado con  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , el mayor contenido se registró en el SUR (0.01775meq/100g) en el mes de junio; el contenido promedio se encontró en el OESTE (0.1297meq/100g) en el mes de septiembre; el menor contenido se encontró en el NORTE (0.1044meq/100g) en el mes de febrero.

En la determinación de amoníaco en el filtrado con KCl, se encontró que el contenido menor (0.0097meq/100g) en el ESTE en el mes de febrero; el contenido promedio (0.0102meq/100g) se encontró en el ESTE en el mes de marzo; el contenido mayor se encontró (0.418meq/100g) en el OESTE en el mes de septiembre; en el filtrado con  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , el mayor contenido (0.04meq/100g) se encontró en el OESTE, en el mes de septiembre; el contenido promedio (0.0275meq/100g), en el SUR en el mes de junio; el menor contenido (0.01225meq/100g) se encontró en el ESTE en el mes de febrero.

**AZOTOBACTER:** El contenido mayor se encontró en el NORTE en el mes de septiembre (871,870 bact/g de suelo seco); el contenido promedio se registró en el OESTE en el mes de febrero (604,819 bact/g); el menor contenido en el SUR en el mes de marzo (134,188 bact/g).

**DERXIA:** El mayor contenido (213 bact/g) se encontró en el ESTE en el mes de marzo; el contenido promedio (184 bact/g) se encontró en el SUR en el mes de septiembre; el contenido menor (144 bact/g) se encontró en el SUR en el mes de marzo.

Azotobacter y Derxia, ambas son fijadoras de nitrógeno, el crecimiento de Beijerinckia es preferentemente en suelos ácidos y el crecimiento de Azotobacter en suelos con pH óptimo o ligeramente básico, pero los resultados indican un mejor crecimiento de Azotobacter en medios con pH ácido.

**AMONIFICANTES:** El contenido mayor (16'000,000 bact/g), se encontró en el ESTE y NORTE, en el mes de septiembre y junio; el contenido promedio (8'850 000 bact/g), en el SUR en el mes de septiembre; el menor contenido se encontró (275,000 bact/g), en el ESTE y OESTE en el mes de febrero.

**NITROBACTER:** El mayor contenido (8'200,000 bact/g) promedio en el SUR y OESTE en el mes de septiembre; el contenido promedio (1'450,000 bact/g) se encontró en el SUR en el mes de septiembre; el menor contenido se encontró en el ESTE y OESTE (6,900 bact/g) en el mes de marzo.

**NITROSONONAS:** El mayor contenido (8'550,000bact/g), se encontró en el OESTE en el mes de septiembre, el contenido promedio (2'200,000 bact/g) se encontró en el NORTE en el mes de junio; el menor contenido (110,000 bact/g) se encontró en el ESTE y SUR en el mes de febrero.

**DESNITRIFICANTES:** El mayor contenido (16'000,000 bact/g) en el SUT y OESTE en el mes de junio; el contenido promedio (3'500,000 bact/g), se encontró en el OESTE en el mes de septiembre; el menor contenido se encontró (1,200 --- bact/g) se encontró en el SUR en el mes de febrero.

**MICROORGANISMOS CELULOLITICOS:** El mayor contenido (16'000,000 bact/g) se encontró en el SUR en el mes de junio; el contenido promedio (6'900,000 bact/g) se registró en el NORTE en el mes de junio, el menor contenido se encontró en el SUR (1'700,000 bact/g) en el mes de febrero.

Se desarrollan esencialmente en medios neutros o ligeramente alcalinos, en el SUR baja el pH y permite el mayor crecimiento, el buen contenido de fósforo, potasio, calcio y nitrógeno total que contribuyen a un mayor desarrollo.

**HONGOS:** El mayor contenido (1'531,818 bact/g), se encontró en el NORTE en el mes de septiembre, el contenido promedio (469,362 bact/g) se encontró en el NORTE en el mes de febrero; el menor contenido (24.3 bact/g) se encontró en el SUR en el mes de marzo.

**ACTINOMICETOS:** El mayor contenido (8,080 bact/g) se encontró en el SUR, en el mes de septiembre; el contenido promedio (6,235 bact/g) se encontró en ESTE en el mes de marzo; el menor contenido se encontró en el OESTE en el mes de febrero (2,439 bact/g).

**MICROORGANISMOS TOTALES:** El mayor contenido se encontró en el NORTE en los meses de marzo, junio y septiembre; el contenido promedio en el OESTE en el mes de junio, y el menor contenido se encontró en el SUR en el mes de febrero.

#### RELACIONES MICROBIOLÓGICAS CON FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS.

**HUMEDAD:** Se encontró que al incrementarse el contenido de humedad los microorganismos se incrementaban en su concentración.

**MATERIA ORGÁNICA:** Al aumentar el contenido de materia orgánica, el contenido de microorganismos también se ve incrementado.

**NITROGENO TOTAL:** Al aumentar el contenido de nitrógeno total los microorganismos como Azotobacter, Derrxia, Amonificantes, Nitrobacter, Nitrosomonas, - también se veían influenciados por el incremento y aumentaban su concentración

**RELACION C/N;** Se encontró que al aumentar la relación C/N, todos los microorganismos bajaban en concentración.

**NITROGENO AMONIAICAL:** Al aumentar el contenido de nitrógeno amoniacal se encuentra que los microorganismos como Azotobacter, Desnitrificantes, Nitrificantes y Derrxia se encuentran en el medio de contenido de los cuatro sitios.

**CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO:** Al aumentar la capacidad de intercambio catiónico, los microorganismos elevan su concentración muy cercana al mayor contenido de microorganismos por zona.

Después de analizar todas las anteriores relaciones encontramos en la mayoría de los casos que la concentración de humedad, materia orgánica y nitrógeno total afectan las concentraciones de microorganismos.

De las cuatro zonas de estudio la que mejor características presentó fue la que estaba situada al Norte de la Serranía.

#### VEGETACION.

En el ESTE fué la zona donde se encontró una parcela de siembra de árboles de navidad por lo que se noto mucha influencia de la actividad humana.

El NORTE fué la zona donde mayor vegetación se presentó debido a que la mayor parte del año permanece inundado, por ser la zona donde se encuentra la mayor precipitación pluvial de todo el parque, además de que es casi imposible el acceso a la actividad humana o al pastoreo.

En el SUR, la vegetación se vio afectada por la presencia humana, por ser una zona que es utilizada para montar campamentos.

En el OESTE, la vegetación se ve afectada debido a que esta zona es utilizada como zona de pastoreo de ganado lanar y caprino.

En la zona NORTE, es donde se encuentra la mayor presencia de vegetación y árboles debido a la influencia de la elevada humedad, por el contenido de materia orgánica, el contenido de nitrógeno total, y la concentración de microorganismos presentes en la zona y el poco impacto humano.

## VI. CONCLUSIONES.

Debido a que en nuestro país existen parques forestales o zonas de reserva forestal se escogió como zona de estudio la que se encuentra ubicada dentro del Parque Forestal "CUMBRES AJUSCO", tomando en cuenta varios factores que producen una cierta influencia sobre el lugar como son: a) clima; b) vegetación; c) la cercanía al Distrito Federal, sufriendo por consiguiente una gran influencia humana, debido a que se utilizan ciertas secciones del parque como campamentos; d) existe también una influencia animal porque también son utilizadas otras secciones del parque como pastizales para el ganado.

De los resultados obtenidos se observa que el crecimiento de los microorganismos del suelo está en función del contenido de humedad, del contenido de materia orgánica, del contenido de nitrógeno total, del pH de la vegetación; del contenido de sustancias químicas y minerales (fósforo, potasio, magnesio, calcio y manganeso) que tienen actividad como nutrientes o reguladores del pH.

Es importante señalar, que los cuatro sitios del parque forestal que fueron muestreados, el que mostró valores microbiológicos, químicos, y físicos más altos es el que está ubicado en el NORTE, por la inaccesibilidad de la zona, por lo tanto hay poca influencia humana, no se encuentra pastoreo, por ser un bosque cerrado que dificulta el desplazamiento del ganado.

La parte situada al SUR, corresponde a un área empleada en el cultivo y pastoreo, la influencia predominante es debida al pastoreo; cabe mencionar que estas actividades se llevan a cabo porque las condiciones de vegetación y poca pendiente del terreno facilitan estas actividades.

El sitio ubicado al ESTE presenta características muy similares al anterior, solo que la influencia sobre el se debe principalmente a la presencia humana y en menor grado a la del ganado.

Para finalizar, por lo que respecta al sitio ubicado al OESTE, este se encuentra en la parte donde se nota que hay mayor influencia humana porque es una zona destinada al cultivo de árboles de navidad, por lo tanto de gran impacto humano lo que ha producido una mayor diferencia en los resultados obtenidos en relación a los tres sitios.

Es importante continuar con la investigación a una escala mayor y en un período de tiempo más largo.

Para conocer el grado de afectación que el clima produce, la influencia

humana y la presencia de animales (ganado), ejercen sobre los valores microbiológicos, químicos y físicos en esta serranía.

La importancia de la continuación de la investigación permitirá conocer con más precisión las diferentes afectaciones que se presentan sobre las zonas de estudio en la serranía.

No Hay Hoja.

97

---

3

## VII. BIBLIOGRAFIA.

1. Gray and D. Parkinson.  
An International Symposium.  
THE ECOLOGY OF SOIL BACTERIA.  
Edited by T.R.G.  
University of Toronto Press.
2. Alexander M. (1980).  
INTRODUCCION A LA MICROBIOLOGIA DEL SUELO.  
A.G.T. Editores, S.A.  
México.
3. Alexander M. (1971).  
MICROBIAL ECOLOGY.  
John Wiley and Sons., Inc.  
New York-London.
4. Aguilera H.N. (1965).  
SUELOS DE ANDO-GENESIS, MORFOLOGIA Y CLASIFICACION.  
Serie de Investigación # 6.  
Colegio de Post-graduados.  
Escuela Nacional de Agricultura.  
Chapingo México.
5. Aguilera H.N. (1986).  
PRACTICAS DE COLOR DE SUELO.  
Post-grado, Facultad de Ciencias.  
U.N.A.M.-México.
6. Burges A., Raw, F. (1967).  
SOIL BIOLOGY.  
Academic Press.  
London-New York.  
pags. 479-492.
7. A., Raw, F. (1967).  
THE DECOMPOSITION OF MATTER IN THE SOIL.  
Ediciones Omega, S.A.  
Barcelona, España.  
pags. 7-97.
9. Bouyoucos, G.J. (1936).  
DIRECTION FOR MAKING ANALYSIS OF SOIL BY HIDROMETER METHODS.  
Soil Science. Vol. 10  
pags. 225-230.

10. Becking J.H. (1961)  
STUDIES OF NITROGEN FIXING BACTERIA OF THE GENUS BEIJERINCKIA.  
Geographical and Ecological Distribution in Soil.  
Plant-Soil. Vol. 14  
pags. 49-81.
- Becking J.H. (1974).  
NITROGEN FIXING BACTERIA OF THE GENUS BEIJERINCKIA.  
Soil Science 118.  
pags. 190-212.
11. Baver L.D. (1954).  
SOIL PHYSICS.  
John Wiley y Sons., Inc.  
New York, U.S.A.
12. Burris R.H., Lyones T., Emerich D.W. (1978).  
NITROGENASE SYSTEMS, LIMITATION AND POTENTIALS FOR BIOLOGICAL NITROGEN  
FIXATION IN THE TROPICS.  
Basic Life. Vol. 10  
Plenum Press.  
New York - U.S.A.  
pags. 191-207, 237-246.
13. Black C.A. (1965).  
METHODS OF SOIL ANALYSIS.  
Agronomy # 9 parte II.  
Edited American Soc. of Agronomy Inc., Public.
14. Brill J. Winston. (1978).  
GENETICS AND REGULATION OF NITROGEN FIXATION.  
Limitations and Potentials Biological Fixation in the Tropics.  
Science. Vol. 10  
pags 237-246.  
New York-U.S.A.
- Brill W.J. (1980).  
BIOCHEMICAL GENETICS OF NITROG FIXATION.  
Microbial Rev. 44.  
pags. 449-467.
15. Bergey's. (1957).  
MANUAL OF DETERMINATIVE BACTERIOLOGY.  
Edited Breed, R.S., Murray, E.G.D., y Smith, N.R.  
Baltimore-U.S.A.



- Bergey's Manual, (1984)  
 SYSTEMATIC BACTERIOLOGY  
 Vol. I.  
 Editor Vol. I, Noel Krieg.  
 Editor in chief John G. Holt.  
 William & Wilkins.  
 London-Munich-Philadelphia-Sidney-Tokio  
 pags. 220-231, 311-321, 321-325.
16. Black, C.A. (1965).  
 RELACION SUELO-PLANTA.  
 Editorial Hemisferio Sur.  
 Tomo I y II.  
 Argentina.
  17. Bear, F.E. (1971).  
 CHEMISTRY OF SOIL.  
 Reinhold Publishing.  
 New York-U.S.A.
  18. Buol S.W. and F.D., Hole. (1963 y 1980).  
 SOIL GENESIS AND CLASSIFICATION.  
 The Iowa State University Press.  
 Iowa, U.S.A.
  19. Bennett, H.H. (1960).  
 ELEMENTAL OF SOIL CONSERVATION.  
 Editorial Macmillan & Co.  
 London-U.S.A.
  20. Buckman H. (1969).  
 THE NATURE AND PROPERTIES OF SOIL.  
 Editorial Macmillan & Co.  
 London-U.S.A.
  21. Cajuste, J.L. (1977).  
 QUIMICA DE SUELOS.  
 Colegio de Post-graduados.  
 Chapingo, México.
  22. Carmona, G. (1976).  
 MANUAL DE LABORATORIO PARA EDEFOLOGIA Y FERTILIDAD DEL SUELO.  
 Facultad de Agronomia de la Universidad de Nuevo León.  
 Nuevo León-México.

23. Cheng  
DETERMINATION OF CALCIUM AND MAGNESIUM IN SOIL AND PLANT MATTER.  
Soil Science. Vol. 72.  
pags 449-458.
24. Conn, H.J. (1950).  
THE MOST ABUNDANT GROUP OF BACTERIAL IN SOIL.  
Bacterial review. Vol. 12.  
pags. 49-79.
25. Chapman D.H... Pratt, F.P. (1973).  
METODOS DE ANALISIS PARA SUELOS PLANTAS Y AGUA.  
Editorial Trillas.  
México, D.F.
26. Diario Oficial de la Federación.  
Méxic, D.F., Septiembre 22 de 1936.  
Organo del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.
27. Dubos, J. (1926).  
THE DESCOMPTITION OF CELULOSE BY ANAEROBIC BACTERIA.  
Journal Bacteriology. Vol.15  
pags. 323-324.
28. Dart, P.J. (1975).  
NON SIMBIOTIC NITROGEN FIXATION IN SOIL.  
Soil Microbiology-A central review.  
Edited by N. Wlaker.  
Butterworth, London.  
pags. 225-251.
29. Dohereiner, J. (1976).  
IDENTIFICATION OF RESONABLE DIAZOTROINC BACTERIA.  
Can Journal Microbiol. Vol. 22  
pags. 85-90.
30. Dohereiner J., I.E. Mariel., and M. Nery. (1976).  
ECOLOGICAL DISTRIBUTION OF SPIRILUM-LIPOFERUM HELJERINCKI.  
Can Journal Microbiol. Vol. 22  
pags. 1464-1473.
31. Duchafour, Ph. (1975, 1978 y 1912).  
MANUAL DE EDAPOLOGIA.  
Toray-Masson, S.A.  
Barcelona , España.

32. Evans, H.J., Ruiz, A.T., Russell S.A. (1978).  
RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROGEN METABOLISM AND LIMITATIONS AND POTENTIAL  
FOR BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN THE TROPICS.  
Basic Life Science. Vol. 10.  
Plenum Press.  
New York-U.S.A.  
pags. 209-221.
33. Fassdender, H. (1977).  
QUIMICA DE SUELOS.  
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.  
Turrialba, Centroamérica.
34. Frobisher, M. (1976).  
MICROBIOLOGIA.  
Editorial Interamericana.  
México, D.F.
35. Gillman, J.C. (1957).  
MANUAL DE HONGOS DEL SUELO.  
Compañía Editorial Continental, S.A.  
México.
36. Garastui, L. (1972).  
EL SUELO Y SU MICROFLORA.  
Revista de Agronomía de la Universidad de Venezuela.  
Venezuela.
37. González, G.A. (1941).  
INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LOS SUELOS.  
Banco Nacional de Crédito Agrícola.  
México.
38. García T.A. (1980).  
EXPERIMENTOS DE MICROBIOLOGIA DEL SUELO.  
C.E.C.S.A.  
México.
39. Gaucher G. (1975).  
TRATADO DE EDAFOLOGIA.  
"EL SUELO Y SUS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS".  
Editorial Omega, S.A.  
Barcelona, España.
40. González A. (1948).  
LOS PARQUES NACIONALES Y SU SITUACION ACTUAL.  
S. A. G.  
México.

41. Cavande S.A. (1976).  
FISICA DE SUELOS, PRINCIPIOS Y APLICACIONES.  
Editorial Limusa-Wiley, S.A.  
México.
42. Hawker, L.T. y Linton, S.E. (1971).  
MICROORGANISM.  
American Elsevier Publishing Co. Inc.  
New York.
43. Bosse P.R. (1971).  
TEXTBOOK OF SOIL CHEMICALS ANALYSIS.  
Chemical Publishing Co., Inc.  
New York.
44. I.N.I.A. (1973).  
ANALISIS DE SUELOS E INTERPRETACION.  
Recopilación de Metodología.  
Investigación de Suelos.  
S. A. G.  
México.
45. I.N.I.A. (1973).  
METODOS DE LABORATORIO Y PROCEDIMIENTOS PARA RECOGER MUESTRAS.  
Investigación de Suelos.  
S. A. G.  
México.
46. Jackson L. M. (1970).  
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS.  
Editorial Omega, S.A.  
Barcelona, España.  
pags. 255-267, 123-158, 190-198, 182-189, 248-253, 270-272.
47. Joffe, J.S. (1948).  
A B C OF SOIL FOR TESTING MATERIALS.  
Ed. Pedology Publications.  
U. S. A.
48. Kohnke H. (1968).  
SOIL PHYSICS.  
McGraw Hill, Book Company.  
New York.
49. Kramer, P.J. (1974).  
RELACIONES HIDRICAS DE SUELOS Y PLANTAS.  
Una Síntesis Moderna.  
Edutex, S. A.  
México.

50. Lumbe, W.T. y R.V. Whitman (1972).  
MECANICA DE SUELOS.  
Editorial Limusa-Wiley, S.A.  
México.
51. Lutz, J. y R.F. Chandler. (1959).  
FOREST SOIL.  
Editorial John Wiley y Sons.  
New York.
52. Matin, J.P. (1950).  
USED OF ACID ROSED BENGAL AND STREPTOMICIN IN THE PLATE, METHODS FOR  
STINATION SOIL FUNGI.  
Soil Science. Vol.69.  
pags. 215.
53. México, (1963).  
CENTRO NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD.  
Clasificación y uso de suelos.  
México.
54. Martínez M. (1948).  
LAS PINACEAS MEXICANAS.  
S.A.G. S.R.F.C.  
México.
55. Martínez, M. (1948).  
LOS PINOS MEXICANOS.  
S.A.G. S.R.F.C.  
México.
56. Nela, M. P. (1963).  
TRATADO DE EDASOLOGIA Y SUS DIFERENTES APLICACIONES.  
Editorial Agrociencia.  
Zaragoza.
57. Nilpa Alta. (1989).  
L-14-A-49.  
CARTA PARA USO DEL SUELO.  
I. N.E.G.I.  
México.
58. Millar, C.E., Turk, L.M. (1978).  
FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA DE LOS SUELOS.  
C.E.C.S.A.  
Mexico.

59. Odum F.P. (1978 y 1912).  
ECOLOGIA.  
Editorial Continental.  
México.
60. Ochoterena I. (1922).  
PINACEAS DE MEXICO.  
Monografías Mexicanas de Divulgación Biológica.  
Publicación de la Escuela Nacional Preparatoria.  
Editorial Cultural.  
México.
61. Ortiz B.V. (1980).  
EDAFOLOGIA.  
Chapingo, México.
62. Pösch-English. (1973).  
METODOLOGIA DE LABORATORIO DE SUELOS FORESTALES.  
I.N.I.F. S.A.R.H.  
México.
63. Pelczar M.J. Jr. (1957).  
MANUAL OF MICROBIOLOGICAL METHODS.  
McGraw Hill book Company.  
New York.
64. Parassi V. (1979).  
BIOLOGIA Y ECOLOGIA DEL SUELO.  
Editorial Blume.  
Barcelona, España.
65. Perlman D.G., Bonder B. (1972).  
ADVANCES IN APPLIED MICROBIOLOGY.  
Vol. 11.  
Academic Press.  
New York.
66. Quintero, R.M.J. (1978).  
FIJACION BIOLÓGICA DE NITROGENO.  
Tesis Predoctoral.  
E. N. C. B. del I. P. N.
67. Richards L.A. (1973).  
SUELOS SALINOS Y SODICOS.  
Editorial Limusa.  
México.
68. Robinson, G.W. (1967).  
SUELOS. ORIGEN, CONSTITUCION Y CLASIFICACION.

- 2a. edición.  
Editorial Omega.  
Barcelona, España.
69. Robinson, G.W. (1967).  
SUELOS, ORIGEN, CONSTITUCION Y CLASIFICACION.  
Introduccion a la Edafologia.  
Editorial Omega.  
Barcelona, Espana.
70. Sanchez, M. A. (1971).  
MICROBIOLOGIA AGRICOLA.  
Colegio de Post-graduados.  
Chapingo, México.
71. Soto, S.J. y Avila, H.M. (1976).  
METODOLOGIA DE ANALISIS DE SUELOS APLICABLE A LA RAMA FORESTAL.  
9o. Congreso Nacional de Ciencias del Suelo.  
I. N. I. F.  
Durango, Dgo.
72. Storie E. R. (1960).  
MANUAL DE EVALUACION DE SUELOS.  
U. T. E. H. A.  
Tomo I.  
México.
73. Tamayo, L.J. (1962).  
GEOGRAFIA GENERAL DE MEXICO.  
Instituto Nacional de Investigaciones Económicas  
Editorial Diana.  
México.
74. Tambane R.V. y Mortiramani, D.P. (1971).  
SUELO, SU COMPOSICION QUIMICA Y FERTILIDAD EN ZONAS TROPICALES.  
Editorial Diana.  
México.
75. Waskman S.A. (1952).  
SOIL MICROBIOLOGY.  
Jonh Wiley y Sons Inc.  
New York-London.

76. Wilde S.A. (1958).  
FOREST SOIL.  
The Ronal Press, Co.  
New York.
77. Winter E.J. (1973).  
EL AGUA, SUELO Y LA PLANTA.  
Editorial Diana.  
México.
78. Whileng, A.L. (1917).  
SOIL BIOLOGY.  
Laboratory Manual.  
New York.
79. Munsell. (1975).  
CARTA DE COLORES.  
Facultad de Biología.  
U.N.A.M.  
México.
80. Gómez N.S. y Yanes O.  
PINO MONTEZUMAE, DAMPING OFF.  
Boletín Informativo.  
Marzo-1973, Abril-1978.  
I.N.I.F.  
México.
81. Caballero D.N.  
ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PINOS MEXICANOS.  
Boletín Informativo.  
Julio-1967.  
I. N. I. F.  
México.
82. Manzanillo H.  
INFLUENCIA DE LOS FACTORES ECOLOGICOS PARA ABIES RELIGIOSA.  
Boletín Informativo.  
Enero-1971.  
I.N.I.F.  
México.
83. Nieto, P.C.  
CATALOGO DE LA FLORA UTIL DE LA SERRANIA DEL AJUSCO.  
Junio-1985.  
I.N.I.F.  
México.



84. Departamento de Mejoramiento de Arboles Forestales.  
DATOS CLIMATICOS DE LAS ESTACIONES METEREOLÓGICAS DE COYOACAN, D.F.  
Julio-1970.  
I.N.I.F.  
México.