



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN
SUELOS CAFETALEROS DEL ESTADO DE PUEBLA

TESIS MANCOMUNADA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A N
ALFONSO DEL RIVERO AGUILAR
JOSE ALBERTO GOMEZ RODRIGUEZ



1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

I N D I C E

| | Pág. |
|--|------|
| I. INTRODUCCION. | 4 |
| II. REVISION DE LA LITERATURA. | 7 |
| A). Aspectos de la actividad microbiana en dife- rentes tipos de suelos.. . . . | 8 |
| B). Descripción de la zona de estudio. | 26 |
| III. OBJETIVOS. | 34 |
| IV. MATERIALES Y METODOS. | 36 |
| V. RESULTADOS. | 41 |
| VI. DISCUSION DE RESULTADOS | 54 |
| VII. CONCLUSIONES. | 60 |
| VIII. BIBLIOGRAFIA. | 63 |

I. INTRODUCCION

En los últimos años han surgido numerosas aportaciones que contribuyen al desarrollo de la microbiología del suelo.

Existe una gran inquietud de diversos investigadores e instituciones por la realización de estudios microbiológicos que aporten datos importantes para caracterizar el potencial microbiológico de los principales suelos de nuestro país.

En un afán por contribuir de alguna manera a la realización de este logro, presentamos este estudio cuyo objetivo principal es ampliar el conocimiento de la dinámica del agrosistema cafetalero, mediante la determinación de la actividad microbiana del suelo.

El instituto de Biología, la Facultad de Ciencias y la Facultad de Química de la U.N.A.M. a través de su laboratorio de Microbiología Experimental, han realizado una serie de estudios botánicos, zoológicos, edafológicos y microbiológicos en suelos pertenecientes a la Sierra Norte del Estado de Puebla, región esencialmente agrícola en donde destaca el cultivo del café, ya que los suelos de esta zona, presentan características que propician el buen cultivo de este grano, distinguiéndose dos formas características de cultivo, suelos de cafetales sin sombra y suelos de cafetales con sombra de árbol de chalahuite (Inga leptoloba).

Tomando como base la serie de estudios que se han llevado a cabo sobre la actividad microbiana y con el propósito de obtener más información de la actividad microbiana en estos suelos bajo diversas condiciones experimentales, realizamos nuestro trabajo en suelos del Municipio de Cuetzalan Estado de Puebla, en donde se seleccionaron suelos que presentan las dos formas características de cultivo de esta región, suelos de cafetos con árboles de sombra y suelos de cafetos sin árboles de sombra, estos suelos fueron muestreados en tres ocasiones, procediéndose a determinar la actividad de la microflora mediante la cuantificación de CO_2 producido, en muestras incubadas a temperatura constante mediante la adición de dos diferentes sustratos, además se efectuó la cuantificación microbiana por el método de diluciones en placa y la determinación de fósforo soluble por el método de Bray y Kurtz de los suelos estudiados.

II. REVISION DE LA LITERATURA

A) ASPECTOS DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO.

Los suelos están formados por cinco componentes principales: materia mineral, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos. La cantidad de estos constituyentes no es la misma en todos los suelos, sino varía con la localidad.

Existen diferencias locales entre los suelos. Entre-dos áreas cercanas varían 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. Las variaciones físicas, químicas y biológicas no necesitan medirse en kilómetros ya que en áreas pequeñas pueden encontrarse muchas diferencias.

Dentro de las variaciones importantes que manifiestan los diferentes suelos se encuentra la actividad microbiana. - Esto es debido a que el suelo en la Naturaleza es uno de los sitios más dinámicos de interacciones biológicas, en donde se realizan gran parte de las reacciones bioquímicas que involucran la participación de gran variedad de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozoarios, - (1) (11).

La función más importante de la flora microbiana generalmente considerada es la degradación de materiales orgánicos proceso por el cual el limitado suministro del CO_2 disponible para la fotosíntesis es repuesto, cualquier compuesto sintetizado biológicamente está sujeto a la destrucción por los habitantes del suelo; de no ser así, se acumularían en grandes cantidades en la superficie de la tierra, además de los productos biológicos muchos de estos compuestos que se obtienen por síntesis química son descompuestos fácilmente. Ya que la degradación de la materia orgánica es una propiedad de todos los heterótrofos, se usa comúnmente para indicar el nivel de actividad microbiana. (1)

La diversidad de sustratos y su heterogeneidad química son oscilantes, pero algunos fenómenos químicos son universales en el metabolismo microbiano, un organismo obtiene su energía para su crecimiento solamente de las reacciones que ocurren en los confines de la célula, por lo que si el sustrato es muy grande o complejo para penetrarla debe ser transformado primero a moléculas más simples que permitan al organismo obtener la energía a partir de la oxidación. (1).

Waksman (33) indica que en la descomposición de residuos orgánicos por microorganismos la mayoría del carbono es liberado como CO_2 ; la evolución de este gas puede, por lo tanto, ser tomada como una medida del grado y alcance del proce-

so de descomposición y actividad de dichos microorganismos. - Indica que el total de CO_2 liberado depende de la naturaleza del material, de los microorganismos involucrados y de las -- condiciones de descomposición, en donde parte del carbono es asimilado por los microorganismos por medio de síntesis celular y el resto queda en forma de productos intermedios como - resultado de la descomposición aeróbica y anaeróbica.

El curso de la velocidad de cuantificación del CO_2 en muestras de suelo ha sido seguido continuamente tanto en ausencia como en presencia de varios compuestos orgánicos.

Huntjens, Oosterveld y Sayed (17) determinaron que la respiración realizada en el suelo se puede usar como una medida de la actividad microbiana. El curso de la velocidad respiratoria es generalmente obtenido midiendo ya sea consumo de O_2 o la acumulación de CO_2 ; la determinación de estos gases - durante tiempos sucesivamente cortos determina la velocidad - de respiración periódicamente. Para cuantificar el CO_2 producido en el suelo continuamente, los investigadores utilizan - un "analizador de diferencial de luz infrarrojo". Las curvas de respiración que obtuvieron, usando este aparato presentan un retrato muy claro de la actividad biológica en el suelo durante el tiempo de incubación.

Deherain y Decoussy (mencionado por Waksman (34)), fue

ron los primeros investigadores que demostraron que la formación de CO_2 era debida casi íntegramente a la acción de los microorganismos, en el experimento que realizaron observaron que la formación de CO_2 aumentaba al incrementar la temperatura llevándose a cabo la oxidación química de Humus. Demostraron también que se requiere una cierta cantidad de humedad para obtener la máxima producción de CO_2 por los microorganismos, además de determinar el hecho de que suelos estériles -- producían solo pequeñas cantidades de CO_2 , pero cuando una infusión de suelo fue añadida, el proceso se incrementó aproximadamente 25 veces.

Un notorio paralelismo se observó entre el total de O_2 - absorbido y de CO_2 producido en diferentes tipos de suelos.

Parkinson, Gray y Williams (25) reportan que Stotzky- (1965) basándose en los resultados obtenidos en su experimento, considera que mientras el consumo de O_2 y la generación de CO_2 se han usado frecuentemente para medir la respiración- que se realiza en el suelo, la medición del segundo, es más - apropiada para dichos estudios.

Las razones consideradas para estas conclusiones son:

- i) En la determinación manométrica de consumo de O_2 , - otros gases como el CO_2 pueden generarse como re--

sultado de la actividad microbiana y pueden interferir con los resultados manométricos.

- ii) Para que el consumo de oxígeno refleje realmente la respiración realizada en el suelo, el ambiente debe de ser completamente aeróbico. En situaciones anaeróbicas, que ocurren en algunos micro-habitats el CO_2 , evoluciona sin consumo de O_2 . Al igual que el CO_2 factores no biológicos pueden interferir -- con las mediciones de consumo de O_2 como índice de actividad microbiana.

Sin embargo Stotzky (1965) reporta que hay también problemas en el uso de las mediciones con CO_2 como índice de actividad biológica. Esto radica principalmente, en la producción de CO_2 no biológico mediante la descarboxilación química, de enzimas o carbonatos libres en el suelo. Al obtener el coeficiente de respiración otros factores que afectan la evolución de CO_2 que deben considerarse, son por ejemplo: la fijación de CO_2 (Parkinson) (25).

Stotzky (1965) puntualiza que las poblaciones mixtas

encontradas en el suelo son factores de menor importancia. -
(Parkinson) (25).

Waksman (33) concluye que gran parte del CO_2 es el resultado de los procesos de descomposición llevados a cabo por microorganismos, indicando que un grado considerable de CO_2 - se produce por las raíces de las plantas superiores durante - su respiración, y por procesos químicos puros del suelo.

Lundergardh (21) calculó el total de CO_2 producido durante la respiración llegando a la conclusión de que aproximadamente un 30% del total de CO_2 era producido por las raíces. Según el investigador los microorganismos asociados con las - raíces tenían mucho que ver con la producción de CO_2 en el -- suelo. Lundergardh determinó que cuando cascarillas de avena eran adicionadas a suelos esterilizados, el 45% del porcentaje obtenido de CO_2 producido por las raíces, era de origen microbiano, lo cual reduce la contribución de las raíces de avena en un 16.5%. Se puede concluir que aproximadamente un 85% del total de CO_2 liberado del suelo es debido a la actividad- de microorganismos.

Sawada y Koyanagana (1969) indican que en términos ge-nerales, en todos los estados de la descomposición de resi- - duos en el suelo, ocurre una competencia intensiva entre los- microorganismos del suelo. Sin embargo, las tasas de activi-

dad dependen de la naturaleza química y grados de complejidad de residuos orgánicos, Yoshiaki (35).

Los tejidos de plantas jóvenes se descomponen mucho más rápido que las que están en un estado maduro y mucho más CO_2 es producido en un tiempo determinado. El grado de CO_2 liberado en materia orgánica descompuesta sin embargo, es similar y depende de los organismos y estados de descomposición; la liberación de CO_2 en materiales ricos en nitrógeno, es -- acompañada por producción y acumulación de amoníaco, el cual rápidamente cambia a nitrito y posteriormente a nitrato en -- suelos cultivados (33).

Huntjens, Oosteryeld y Sayed (17) llevaron a cabo una serie de estudios con el propósito de obtener más información de la actividad microbiana en el suelo bajo diversas condiciones experimentales. Observaron el efecto de la adición de -- glucosa y de diversos compuestos fenólicos a muestras de suelo en la producción de CO_2 en ausencia y presencia de NH_4NO_3 , encontrando que menos del 27% de glucosa fue convertida en - CO_2 , en el momento de la máxima velocidad de respiración. Pensaron que la velocidad de respiración fue determinada por la rapidez de difusión de la glucosa hacia las células microbianas en el suelo. Teóricamente, esta velocidad de difusión - puede ser afectada positivamente por el incremento del contenido de humedad, y afectada negativamente por el incremento -

de las distancias entre las colonias microbianas del suelo. - Además reportan una influencia negativa del NH_4NO_3 en la producción del CO_2 debido a un posible efecto salino.

Mc Cormick y Wolf (23) comprobaron lo realizado por - Hluntjens, Oosterveld y Sayed (17) al determinar que el NaCl - reduce significativamente a la formación de CO_2 .

Además Allison y Cover (2) demostraron que una alta - proporción de nitrógeno en forma de nitrato ocasiona una baja actividad microbiana debido esencialmente al descenso de pH - (5.4-4.1), el cual afectaba también el crecimiento de los microorganismos. A esta misma conclusión llegan varios investigadores cuando agregan al suelo alguna fuente de nitrógeno y observan baja actividad microbiana.

Yoshiaki y Black (35) reportan que Ishizawa y colaboradores al agregar diferentes sustancias orgánicas (glucosa y residuos de alfalfa), a algunos suelos del grupo ando, encontraron que el efecto sobre la microflora varía según la naturaleza de la materia orgánica agregada. La producción de CO_2 fue mayor al añadir glucosa, seguida por la de residuos de alfalfa.

Ramírez (27) en sus resultados muestra que la producción de CO_2 disminuye paulatinamente a medida que se aumentan

los períodos de incubación coincidiendo estos resultados con los de Blasco (4). Ramírez indica que Blasco reporta que a medida que aumenta el período de incubación existen más posibilidades de que parte del CO_2 liberado sea utilizado por los microorganismos autótrofos. Ramírez (27) reporta que la actividad es mayor en la profundidad de 15 a 30 cm. que en la profundidad de 0 a 15 cm. Establece que existe un paralelismo entre ambas profundidades, y observó que la mineralización de la materia orgánica existente en el suelo se llevó a cabo de manera regular y que cuando se adicionó piruvato, la actividad global se incrementó, concordando con lo reportado por Urbina (citado por Ramírez). Estos resultados indican que en el suelo existe una microflora muy abundante y que su actividad está limitada por la carencia de un sustrato de fácil degradación.

Shamin y Varfolomeyev (31) en un experimento de laboratorio determinaron el potencial de actividad microbiológica como una función de disponibilidad de material energético y nitrógeno mineral en el suelo. A muestras de suelo (turboso) de diferentes horizontes, se les añadió glucosa a diferentes concentraciones (0.4-1.6 gr) como fuente de carbono, junto con KNO_3 como fuente de nitrógeno en una relación C:N de 20:1. Este tratamiento que sirvió como prueba de la actividad microbiana mostró resultados muy interesantes; la glucosa estaba completamente oxidada después de un mes de incubación, obser-

vándose que la cantidad de CO_2 liberado, en la muestra de suelo con la mayor concentración de glucosa, excedió considerablemente a la cantidad de carbono contenido en la glucosa. Esto testifica un incremento en la mineralización de la turba.

Aun cuando en este experimento no se añadió fósforo y considerando los resultados de otros experimentos y también el resultado de la determinación del contenido del fósforo en el suelo, se puede asumir que en este tipo de suelos el fósforo no es un factor que limita la actividad microbológica. -- Cuando la glucosa se agregó sin nitrógeno se comprobó que fue factor limitante en la oxidación de la glucosa por microorganismos, por lo que en este caso la liberación de CO_2 puede servir como una medida del contenido de nitrógeno disponible a los microorganismos. (31)

Gotardo Schenkel (13) en su tratamiento con CAL considera la influencia de la acidez del suelo sobre la disponibilidad del fósforo, solubilidad y disponibilidad de micronutrientes, propiedades físicas, toxicidad de algunos elementos químicos (Al, Na, Mn, Fe), cambios de oxidación de las formas de nitrógeno en el suelo y en la actividad microbiana concluyendo, que este no tuvo efecto favorable, pues reduce significativamente la mineralización del nitrógeno y deduce que la presencia de cal fomenta la estabilidad de complejos alofanomateria orgánica.

Es importante mencionar que aún cuando la transformación de la materia orgánica asegura la liberación de nutrientes, la preservación e inclusive la acumulación de humus o fracción orgánica estable juega un papel muy importante en otras características del suelo tales como pH, retención de humedad, y agregación, de tal modo que la opción mas deseable entre una completa degradación o su preservación depende de la naturaleza del suelo, cultivo sembrado, y problemas de utilización y conservación del suelo.

Zunino (36) menciona que el alto contenido de materia orgánica, la activa flora microbiana y la presencia de alofano de algunos suelos constituyen materiales de estudio de enorme interés en el campo de la bioquímica de suelos, indica que la mutua interacción de todos estos factores influyen sobre la alta capacidad de retención de fósforo de suelos derivados de cenizas volcánicas la cual encarece significativamente la producción agrícola.

La liberación de CO_2 es proporcional al nivel de materia orgánica, debido a que la magnitud de la mineralización del carbono está relacionada con el contenido de carbono orgánico en el suelo; la mayor tasa de liberación de CO_2 se presenta cerca de la superficie del perfil donde se encuentra la más alta concentración de restos vegetales. La tasa de liberación de CO_2 disminuye a grandes profundidades, volatilisán-

dose muy poco a profundidades de 50 cm. o más. (1)

Gray y Wallace (15) observaron en experimentos de laboratorio en los cuales añadieron materia orgánica de fácil - descomposición, a un suelo, que la formación más rápida de -- CO_2 proviene del desarrollo de nuevas células bacterianas.

Gray y Taylor (14) realizaron estudios microbiológicos de muestras provenientes de diferentes estratos de suelos (podzolicos), de las tierras altas Lorenzanas como es el caso del suelo alto de los Apalaches, encontrando que la actividad biológica depende de la relación de la materia orgánica de -- los estratos, que constituyen el perfil del suelo.

Gray y Wallace (15) en un estudio de correlación entre la cantidad de microorganismos y CO_2 formado en suelos de pastizales señalan que las bacterias son dependientes de los materiales energéticos, e incluso de la evolución de CO_2 por el conjunto microbiano, que es a su vez dependiente del mismo material energético, por lo que parecía razonable encontrar - una clase de relación directa entre el número de bacterias en dicha población y los resultados de sus actividades, expresadas en relación directa al porcentaje de CO_2 producido. Esto es obvio, sin embargo algunas de las bacterias establecidas - en una población son capaces de utilizar una fracción del total de CO_2 .

La relación entre el número de microorganismos y la liberación del CO_2 no ha sido resuelta totalmente. Debido a que la abundancia de los microorganismos depende de la presencia de materiales carbonados aprovechables y energía, se puede esperar una correlación entre el número microbiano y la liberación de CO_2 , aunque algunas veces se encuentran también reportes de situaciones contrarias. Si la fuente de carbono fuera homogénea y la comunidad estuviera compuesta de una sola especie, sería clara una relación definida. Pero debido a la diversidad de tipos microbianos y a la variedad de fuentes de carbono, no es sorprendente encontrar una escasa relación entre el número de microorganismos y la formación de CO_2 , como sucede en algunos suelos Podzolicos en donde se ha determinado por cuenta en placa una microflora muy abundante pero al determinar su actividad respiratoria ésta mostró poca actividad.

Shamin y Varfolomeyev (31), estudiaron la abundancia de microorganismos y actividad microbiana en un suelo podzólico, indicando que estos son mayores en el horizonte P (11-17 cm. profundidad) que en el horizonte AoP (4-11 cm. de profundidad), encontraron que los microorganismos en el horizonte mineral A_{2g} y Bn horizonte (24-37 cm. de profundidad) son muy abundantes y poco activos. Estos suelos son comunes en la parte norte y subzonas medias de Europa y la Unión Soviética. Estos investigadores al realizar un estudio comparativo de la

actividad microbiológica de los horizontes de un suelo pantanoso, para elaborar un método más efectivo para preparar estas tierras para cosecha forestal en "Uyemlyanka" zona experimental del bosque en Arkhangel's, midieron la actividad microbiológica mediante la liberación de CO_2 de 100 g, de suelo y observaron que bajó significativamente con la profundidad. Estos experimentos testifican la baja actividad de microflora en horizontes minerales.

Van Suchtelen (32) concluye que cultivo, aereación, y sales nutritivas ejercen un efecto estimulante sobre la producción de CO_2 , en donde la humedad, y contenido de materia orgánica en el suelo son de los factores importantes.

Comparando curvas de crecimiento bacterianas y contenido de CO_2 en el aire del suelo (Russel y Apleyard (mencionado por Waksman (34)), concluyeron que tales factores justifican el punto de vista de que todos estos fenómenos están relacionados. Un incremento en la cantidad de bacterias va acompañado de un aumento del contenido de CO_2 del suelo.

La tasa de descomposición de la materia orgánica en el suelo medida en forma de CO_2 producido fue considerada como una función de la actividad bacteriana.

Van Suchtelen (32) llegó a la conclusión de que la de-

terminación de la formación de CO₂ en diferentes suelos, proporciona mejores índices para determinar la actividad bacteriana en el suelo, que la cantidad de bacterias en sí.

En el caso concreto de suelos con plantaciones de café es importante mencionar que en México estos están sujetos a diferentes manejos y existen cafetales mixtos con árboles de sombra de jinicuil (Inga jinicuil Sch); de chalahuite (Inga leptoloba Sch) de plátano (Musa sapientum L) y naranjo, -- (Citrus sinensis Osb), cafetales con sombra de Inga jinicuil-Sch o de Inga leptoloba Sch y cafetales sin árboles de sombra.

Por lo que es de esperarse que la naturaleza de los diferentes cultivos asociados con los cafetales y consecuentemente el tipo y cantidad de materia orgánica incorporada al suelo debe influir en el potencial de la actividad microbiana.

Boyer (5) en sus estudios sobre el ciclo de la materia orgánica y de los nutrimentos en un cacaotal con tres tipos de cultivo, al sol, con sombra ligera y sombra mediana -- mostró la importancia de los árboles de sombra en el balance global anual de los nutrimentos.

Jiménez y Martínez (20) en sus estudios sobre la can

tividad de materia orgánica incorporada al suelo en cuatro sistemas de cultivo reportan una mayor incorporación de sustrato herbáceo en cafetales con árboles de sombra de plátano seguida por la de cafetales sin sombra y por último aquellos asociados con I. leptoloba e I. jinicuil.

Otro aspecto de interés en el cultivo en que se emplea la leguminosa de jinicuil como árbol de sombra es que esta juega un papel importante en la producción del café a través del proceso de fijación de nitrógeno atmosférico (Roskoski 28) y que aún cuando el nitrógeno fijado es incorporado dentro de la leguminosa, mucho de ésta es incorporado al suelo como materia orgánica y considerando que cuando mayor sea la cantidad de nitrógeno en los residuos orgánicos mayor es la proporción de CO_2 y amoníaco liberado, lo que indica una mayor actividad microbiana por lo que es de esperarse un mayor potencial microbiano en este sistema.

En México existen varios estudios sobre el potencial microbiológico de diferentes tipos de suelo, diferentes grupos de investigadores se han abocado al estudio de suelos que presentan características semejantes a los de la región de Cuetzalan Edo. de Puebla que corresponden a suelos con plantaciones de café.

Santuario y Alvarez (30) en un estudio preliminar de

la microflora de suelos cafetaleros del estado de Puebla evalúan la actividad microbiana en su cuarto muestreo, encontrando que las curvas acumulativas de formación de CO_2 para cinco suelos, en términos generales mostraron un comportamiento similar.

Muestras de cinco suelos de esa región adicionados con sacarosa, como fuente de carbono, estimularon fuertemente la actividad microbiana. Observándose en las gráficas No. 1 y 2, la fase logarítmica de crecimiento.

También se adicionó a las cinco muestras en estudio, KNO_3 como fuente de nitrógeno, observando que este tratamiento no estimuló la respiración o actividad microbiana, obteniendo una curva acumulativa semejante a la curva del suelo testigo.

En base a los resultados concluyeron que una fuente de carbono estimula grandemente la respiración microbiana con el desarrollo de una población potencialmente activa. La adición de KNO_3 en suelos de cafetal sin árbol de sombra no estimula la actividad, observando que esta actividad es parecida a la del testigo, en tanto que en el cafetal con sombra se observó un ligero incremento, lo que indica que en estos suelos el nitrógeno no es un factor estimulante en la actividad microbiana, hecho que coincide con los resultados de la relación

C:N. En tanto que el tipo de carbono orgánico o bien la formación de complejos órgano-mineral estimula la actividad microbiana, lo que demostraron al agregar una fuente de carbono fácilmente oxidable.

B) DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

AMBIENTE FISICO

Localización y vías de acceso.

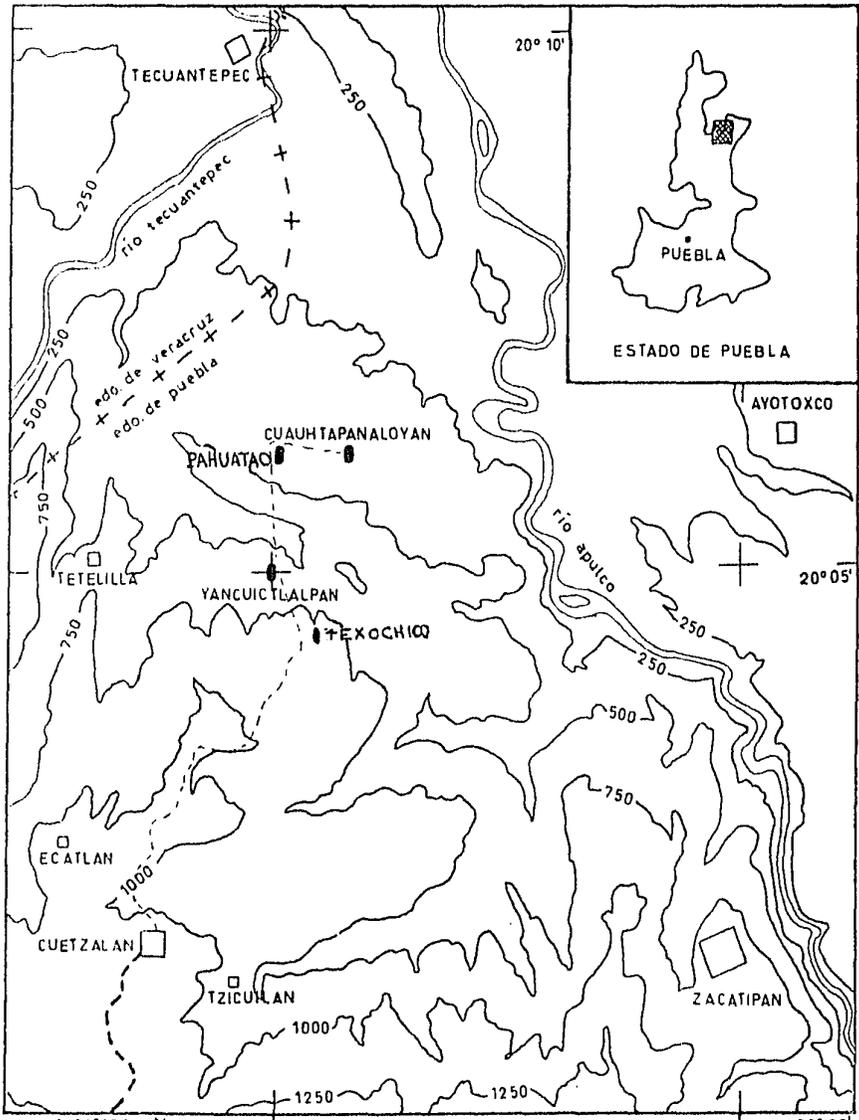
Yancuitlalpan y Cuauhtapanaloyan, comunidades en que se hizo el trabajo, se localiza a los $20^{\circ}05'07''$ latitud norte $97^{\circ}30'44''$ longitud oeste y a los $20^{\circ}06'$ latitud norte, $97^{\circ}29'09''$ longitud oeste, respectivamente, con la primera de ellas situada a los 540 m.s.n.m. y a los 420 m.s.n.m. la segunda. Se comunican con Cuetzalan por un camino de terracería transitable todo el año que tiene una longitud de 14 km. hasta Yancuitlalpan y 4 km. más hasta Cuauhtapanoloyan. (Fig. 1) Basseruto (3).

FISIOGRAFIA

Según la división del Estado de Puebla en regiones naturales, el área de estudio queda comprendida en la región -- del declive del Golfo, limitada al norte, noroeste y este por el estado de Veracruz, y al sur por la cota de los mil metros (3).

HIDROLOGIA

El río Apulco, que es el de mayor drenaje en la zona de estudio pertenece a la corriente principal del río Tecolutla (3).



tomado de la hoja COATZINTLA, SDN 1958

- COMUNIDADES EN QUE SE TRABAJO
- CAMINO PAVIMENTADO
- - - - - CAMINO DE TERRACERIA
- 250- CURVAS DE NIVEL
- ESCALA 1:100000

FIGURA 1. localización de la zona de estudio.

GEOLOGIA

La Sierra Norte de Puebla, es porción de la Sierra Oriental ubicada en el norte del Estado, muestra una topografía bastante abrupta con numerosas depresiones y abundantes saltos y cascadas (3) (9) (8).

CLIMA

Del tipo (Amt), cálido húmedo, con lluvias en el verano y con un porcentaje de lluvias invernales de 10.2%.

Precipitación. Media anual para la zona se calcula entre 3,000 y 4,000 mm.

Temperatura. El área que se estudió queda comprendida en la zona cálida con temperatura media anual de entre 22°C y 26°C.

SUELOS

Predominantemente clasificados como rendzinas con textura migajosa y contenido de materia orgánica alrededor del 10%, además presentan alto contenido de calcio, fósforo y magnesio.

AMBIENTE BIOTICO

Vegetación. Se encuentra sumamente afectada por las actividades humanas. Los cafetales y los potreros predominan

en el paisaje, existiendo también milpas y otros cultivos como frijol, caña y algunos frutales. La vegetación primaria - corresponde a una selva alta subperennifolia o a un bosque - tropical Perennifolio. (mencionado por Basurto (3)).

Fauna. Está representada por animales domésticos: gallinas, patos, guajolotes, caballos, gatos, perros, puercos, - bovinos, etc. (3) (8).

Los cafetales existen bajo dos sistemas de cultivo; - cafetales bajo árboles de sombra y cafetales sin árboles de - sombra. En el primer caso el árbol que se utiliza preferente - mente es el "chalahuite" (Inga Sp.), aunque también, se utili - zan otros tipos como son los árboles de naranjo, mandarina, - cedro, caoba y plátano.

En tanto que en el segundo caso, los cafetales están - cubiertos por una capa de pastos (Paspalum conjugatum), y nu - merosas plantas pequeñas. (3)

Aspectos Geográficos del Café en México:

El café en México se produce en climas cuya temperatu - ra máxima varía entre 21.3°C y 40.0°C, y la temperatura míni - ma oscila entre 10°C y 19.9°C, (18).

La precipitación pluvial media en las zonas cafetale -

ras es de 2,280 mm. con un mínimo de 1.077 mm. y un máximo de 5,075 mm. Las altitudes en que se desarrolla, esta planta en México varía entre 250 y 1500 metros sobre el nivel del mar, localizándose el mayor porcentaje del área cafetalera por encima de los 700 m.s.n.m. y en zonas montañosas de baja luminosidad, temperaturas frescas y características que favorecen su cultivo y no presentan perspectivas económicas para otro uso, y su latitud está comprendida entre 4° y 22°.

En la mayoría de las áreas cafetaleras los suelos son de origen volcánico considerándose que el suelo, ideal debe ser ácido, de buena profundidad, textura migajosa, estructura friable y buena aereacion, Salcedo (29), Breceda (6). El café necesita durante la recolección tiempo seco y lluvias repartidas durante la floración y desarrollo del fruto. Los climas excesivamente húmedos predispone al cafeto a las enfermedades criptogámicas. El café necesita de la intensidad luminosa, para que la planta no sea herida, dicha graduación se hace mediante otras plantas de mayores dimensiones y pronto crecimiento, bajo los cuales se desarrolla el café. (18)

Los árboles de sombra deben de ser de raíces poco profundas para que no le quiten al café sustancias alimenticias y ofrezcan las ventajas siguientes: eviten los deslaves de la tierra por las lluvias, aumenten la cantidad de residuos vegetales los que se transforman en humus, favoreciendo esto la -

retención de humedad y evitando que el café sufra poco durante la sequía y facilite la recolección (18).

El mayor aporte de los componentes de la materia orgánica en el cafetal corresponde a las hojas, es importante señalar que la mayor tasa de caída de hojas se presenta en la época de sequía debido al proceso de absición, Jiménez (20).

Por lo anterior las condiciones de iluminación para cada cultivo influyen en la tasa de caída de hojas, estos resultados señalan que la ausencia de sombra trae como consecuencia una mayor actividad fisiológica en el cafeto, y para mantenerla se requiere un abastecimiento de fertilizantes en proporción a las necesidades fisiológicas. Los árboles de sombra se han considerado importantes en los cultivos porque regulan la entrada de luz para los cafetales, pero se olvidó la importancia que tienen en el ciclo de la materia orgánica. Se establece en el proceso de la caída de hojarasca de una manera constante; este hecho es significativo en la transferencia de los nutrimentos y la energía en cualquier ecosistema. Salcedo (29).

Se usa como árbol de sombra al género Inga debido a sus características, ya que tiene un desarrollo que no es lento, alcanza una altura que permite una perfecta circulación de aire en la parte superior del cafetal; sus hojas son gran-

des abundantes y son constantemente renovadas, lo que permite la formación de una acumulación que favorece no sólo la conservación de la humedad, sino que aumenta la fertilidad del suelo.

Salcedo (29) de su estudio edafológico del municipio de Cuetzalan Pue., reporta en primer lugar que las condiciones climáticas son adecuadas para el cultivo del café, que los suelos derivan de calizas originadas del Cretácico encontrándose dolomita, rocas calcáreas bituminosas, materiales ricos en silicatos, margas, y lutitas, con contaminación de cenizas volcánicas de basalto y andesita en algunos sitios. Algunos suelos que derivan de materiales calcáreos pueden estar caracterizados por un exceso de carbonato de calcio color oscuro debido a la materia orgánica y un color mineral gris o pardo-grisáceo o asociado a un tipo silíceo de arcilla, probablemente libre de sesquioxidos, a este grupo, pertenecen las rendzinas.

Estos suelos quedan comprendidos dentro del orden Molisol; suborden rendol; subgrupos rendol típicos rendol lítico y rendol vértico en ellos predominan los colores oscuros que son debidos al contenido de materia orgánica, producidos por procesos de melanización o coloración. (29)

La textura es predominante migajosa en las partes su-

perforadas y se hace más arcillosa con la profundidad, trayendo como consecuencia una buena porosidad y con ella una buena aereación y permeabilidad del suelo, el pH está entre ácido y neutro y tiende a aumentar con la profundidad, Salcedo (29), Haray (16).

III. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

Sabiendo que la actividad microbiana nos indica el comportamiento y características del suelo, así como el uso y manejo del mismo, en el presente trabajo se pretende:

- Complementar los estudios realizados anteriormente sobre la dinámica del Agrosistema Cafetalero mediante:
- La determinación del efecto de las variaciones estacionales sobre algunas características físicas y químicas del suelo y su actividad microbiana.
- La comparación de la actividad microbiana de suelos cafetaleros cultivados bajo dos sistemas que corresponden a cafetal con árboles de sombra y cafetal sin sombra.
- La evaluación del efecto de un sustrato carbonáceo de fácil oxidación y de una fuente de nitrógeno sobre el proceso de mineralización.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se muestrearon suelos cultivados con café en la región de Cuetzalan, Estado de Puebla.

IV. MATERIALES Y METODOS

IV. MATERIALES Y METODOS

A) Muestras de suelo:

El muestreo que se realizó para la elaboración del presente trabajo se llevó a cabo en cuatro comunidades nahuas comprendidas dentro de la sierra norte de Puebla pertenecientes al municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla.

Se muestreó en dos cafetales bajo árboles de sombra - en parte alta y parte baja de Cuauhtapanaloyan y Yauncuitlapán, y en tres cafetales sin árboles de sombra en parte alta y parte baja localizados en Pahuatao, Cuauhtapanaloyan y Texo chico (ver mapa No. 1).

Los muestreos se realizaron en tres diferentes estaciones del año que comprendieron: otoño, primavera y verano, - la colecta de muestra se obtuvo de tres pozos con una profundidad de cero a veinte centímetros siguiendo la técnica de la pala (20), distribuidas de tal manera que abarcará toda la - superficie del cafetal, homogeneizando las muestras de cada - región en bolsas de plástico y refrigerándolas hasta el momento de su análisis.

B) DETERMINACIONES FISICAS Y QUIMICAS.

a) % Humedad. Se determinó por diferencia de peso de secando las muestras a una temperatura de 110°C. durante 2 a 6 hrs. hasta peso constante Echegaray (10), García Trejo (12).

b) Determinación de pH: Se determinó con el potenciómetro utilizando una relación suelo-agua (1:25) (10) (12).

c) Materia Orgánica: Se determinó por el método Walkley y Black (10) (12).

d) Nitrógeno total: Se determinó por el método Kjeldahl modificado (19) (24).

e) Determinación de fósforo soluble: Se determinó por el método de Bray y Kurtz (22).

C) DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS.

a) Determinación de la actividad microbiana.

La actividad microbiana se determinó mediante la evaluación del CO_2 , producido en muestras incubadas a 28°C durante un período de 38 días, utilizando muestras de suelo procedentes de cada colecta. A cada muestra de suelo se le sometió a la adición de dos diferentes sustratos: adición de KNO_3

y sacarosa ambas al 1%. Se colocaron 50 gramos de cada suelo en un frasco de vidrio de boca ancha y se humedeció hasta alcanzar el 50% de su capacidad de campo, se le adicionó el sustrato (1%) y se introdujo en el interior un frasco pequeño -- conteniendo 5 ml. de una solución acuosa de Na OH 1.0 N. procediendo a efectuar las lecturas de las titulaciones cada 48 horas. Una titulación del suelo testigo sin la adición de -- sustratos y sometido a las mismas condiciones proporciona un valor de referencia para poder calcular la cantidad de CO₂- (10).

b) Cuantificación de microorganismos.

La cuantificación de los diferentes tipos de microorganismos se realizó para el último muestreo que correspondió a la estación de verano, procediendo a cuantificar bacterias, hongos y actinomicetos a través del método de diluciones en - placa (10) (12) (7).

DIAGRAMA DE TRABAJO

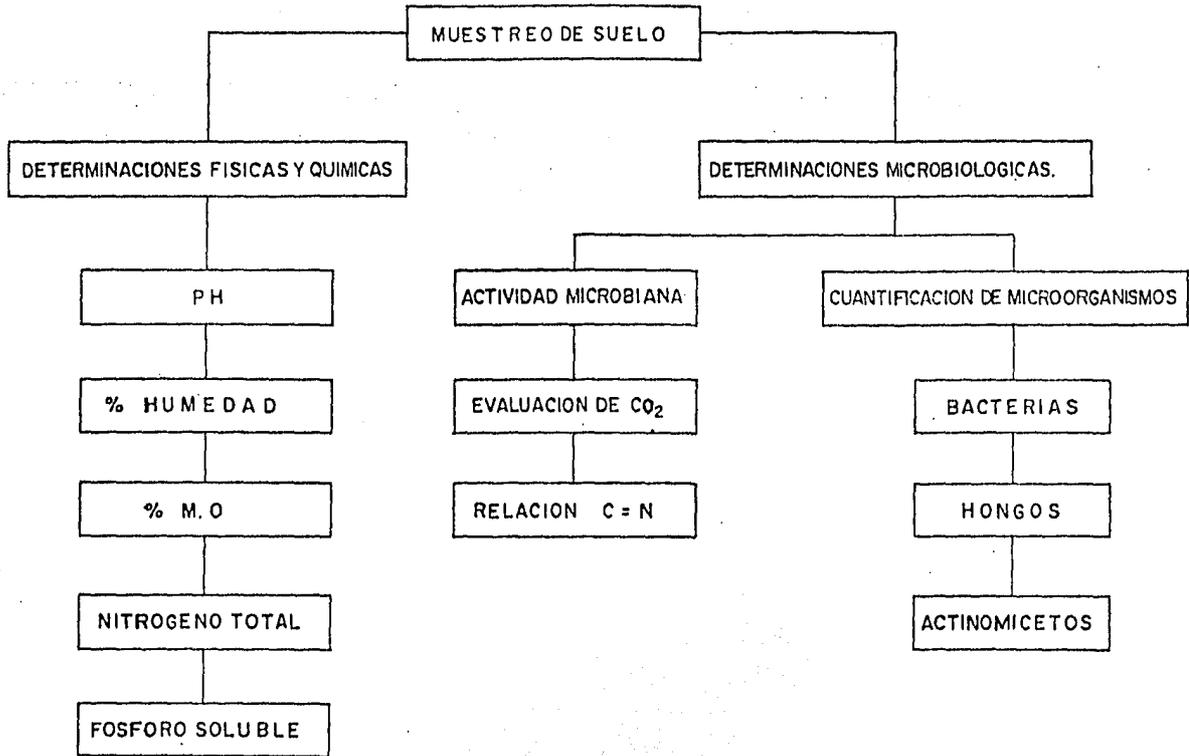


DIAGRAMA Nº 1

V. RESULTADOS

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS CAFETALEROS, CUETZALAN, PUE.

| S U E L O | REFRACION | | | | | | | | | | | | | | | P SOLUBLE p.p.m. |
|---|-----------|------|------|-----------|-------|-------|--------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|---------------------|
| | pH | | | % HUMEDAD | | | % M.O. | | | % N | | | C.N. | | | |
| | O | P | V | O | P | V | O | P | V | O | P | V | O | P | V | |
| <u>CON SOMBRA</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. CUAUHITAPANALOYAN Parte Alta | 4.8 | 4.4 | 4.5 | 35.5 | 28.7 | 35.3 | 8.62 | 6.90 | 4.14 | .49 | .45 | .25 | 10.2 | 9.3 | 9.6 | 22.05 |
| 2. CUAUHITAPANALOYAN Parte Baja | 4.8 | 4.3 | 4.4 | 33.28 | 31.8 | 33.1 | 8.28 | 5.17 | 4.48 | .48 | .31 | .28 | 10.0 | 9.6 | 9.3 | 34.30 |
| 3. SANTIAGO YANCUITLAL PAN. Parte Alta | 4.6 | 4.11 | 4.3 | 37.20 | 32.8 | 36.82 | 9.38 | 5.52 | 4.76 | .46 | .33 | .28 | 9.7 | 9.7 | 9.8 | 13.65 |
| 4. SANTIAGO YANCUITLAL PAN. Parte Baja | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 43.0 | 41.0 | 39.78 | 8.31 | 7.93 | 5.21 | .48 | .46 | .30 | 10.0 | 9.9 | 10.0 | 35.10 |
| <u>SIN SOMBRA</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. CUAUHITAPANALOYAN Parte Alta | 4.4 | 4.16 | 4.6 | 37.0 | 33.20 | 34.40 | 5.17 | 6.21 | 5.50 | .30 | .37 | .32 | 9.96 | 9.7 | 9.9 | 32.90 |
| 6. CUAUHITAPANALOYAN Parte Baja | 4.5 | 4.18 | 4.7 | 30.70 | 24.0 | 30.1 | 5.52 | 5.17 | 4.48 | .32 | .30 | .27 | 10.0 | 9.9 | 9.6 | 30.10 |
| 7. TEXOCHICO Parte Alta | 4.6 | 4.21 | 4.82 | 35.20 | 31.70 | 32.7 | 7.93 | 5.86 | 4.76 | .47 | .36 | .29 | 9.7 | 9.4 | 9.5 | 28.00 |
| 8. TEXOCHICO Parte Baja | 4.5 | 3.09 | 4.61 | 39.30 | 29.60 | 33.1 | 8.97 | 8.28 | 4.45 | .52 | .49 | .27 | 10.0 | 9.8 | 9.5 | 20.30 |
| 9. PAHUATAO Parte Alta | 4.7 | 4.0 | 4.8 | 35.40 | 31.05 | 37.1 | 5.86 | 5.52 | 7.93 | .39 | .32 | .47 | 8.7 | 10.0 | 9.7 | 16.80 |
| 10. PAHUATAO Parte Baja | 4.6 | 4.2 | 4.71 | 31.85 | 28.70 | 32.1 | 5.86 | 4.14 | 5.52 | .35 | .25 | .33 | 9.7 | 10.2 | 9.7 | 20.30 |

T A B L A No. I I

RESULTADOS PROMEDIO DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS CAFETALEROS EN LAS
3 ESTACIONES, CUETZALAN, PUE.

| ESTACION | SUELO | % HUMEDAD | pH | % M.O. | % N | RELACION C/N |
|------------|---------------|-----------|------|--------|-----|-----------------|
| OTOÑO: | P.A. C/SOMBRA | 36.35 | 4.70 | 9.0 | .52 | 10.0 |
| | P.B. C/SOMBRA | 38.14 | 4.65 | 8.29 | .48 | 10.0 |
| | P.A. S/SOMBRA | 35.86 | 4.56 | 6.32 | .37 | 9.9 |
| | P.B. S/SOMBRA | 34.28 | 4.53 | 6.78 | .39 | 10.0 |
| PRIMAVERA: | P.A. C/SOMBRA | 31.15 | 4.25 | 6.21 | .39 | 9.2 |
| | P.B. C/SOMBRA | 36.90 | 4.15 | 6.55 | .38 | 9.9 |
| | P.A. S/SOMBRA | 31.98 | 4.12 | 5.86 | .35 | 9.7 |
| | P.B. S/SOMBRA | 28.90 | 4.09 | 5.86 | .34 | 9.9 |
| VERANO: | P.A. C/SOMBRA | 36.70 | 4.40 | 4.45 | .26 | 9.9 |
| | P.B. C/SOMBRA | 34.20 | 4.30 | 4.84 | .29 | 9.6 |
| | P.A. S/SOMBRA | 31.33 | 4.74 | 6.06 | .36 | 9.7 |
| | P.B. S/SOMBRA | 33.10 | 4.67 | 4.81 | .29 | 9.6 |

P.A. = PARTE ALTA

P.B. = PARTE BAJA

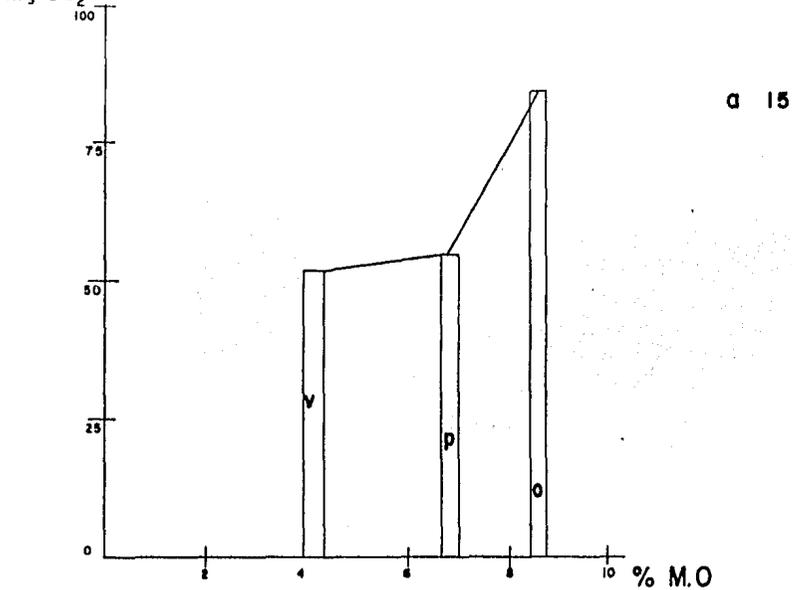
RESULTADO DE LA CUANTIFICACION DE TRES GRUPOS DE MICROORGANISMOS DE SUELOS CAFETALEROS
(VERANO) CUETZALAN, PUE.

No. DE MICROORGANISMOS POR GRAMO DE SUELO SECO (10^5)

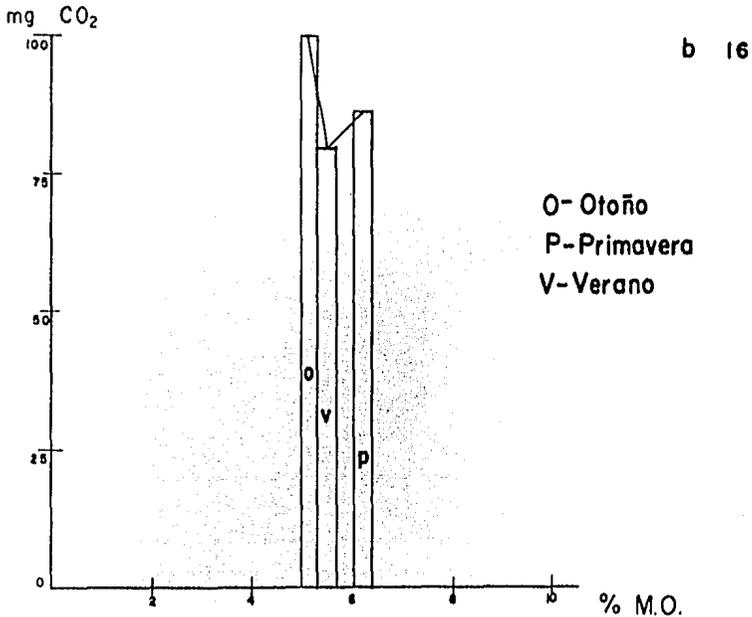
| S U E L O | BACTERIAS | ACTINOMICETOS | HONGOS |
|---|-----------|---------------|--------|
| <u>CON SOMBRA</u> | | | |
| 1. CUAUHTAPANALOYAN Parte Alta | 67.50 | 9.41 | 0.29 |
| 2. CUAUHTAPANALOYAN Parte Baja | 105.01 | 9.01 | 0.33 |
| 3. SANTIAGO YANCUITLALPAN Parte Alta | 145.26 | 9.02 | 0.34 |
| 4. SANTIAGO YANCUITLALPAN Parte Baja | 176.30 | 18.40 | 0.35 |
| <u>SIN SOMBRA</u> | | | |
| 5. CUAUHTAPANALOYAN Parte Alta | 185.00 | 19.33 | 0.42 |
| 6. CUAUHTAPANALOYAN Parte Baja | 130.25 | 3.81 | 0.27 |
| 7. TEXOCHICO Parte Alta | 120.30 | 15.0 | 0.35 |
| 8. TEXOCHICO Parte Baja | 103.0 | 11.71 | 0.32 |
| 9. PAHUATAO Parte Alta | 200.10 | 20.02 | 0.52 |
| 10. PAHUATAO Parte Baja | 152.30 | 18.4 | 0.46 |

INTERACCION DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y FACTORES FISICOS Y QUIMICOS

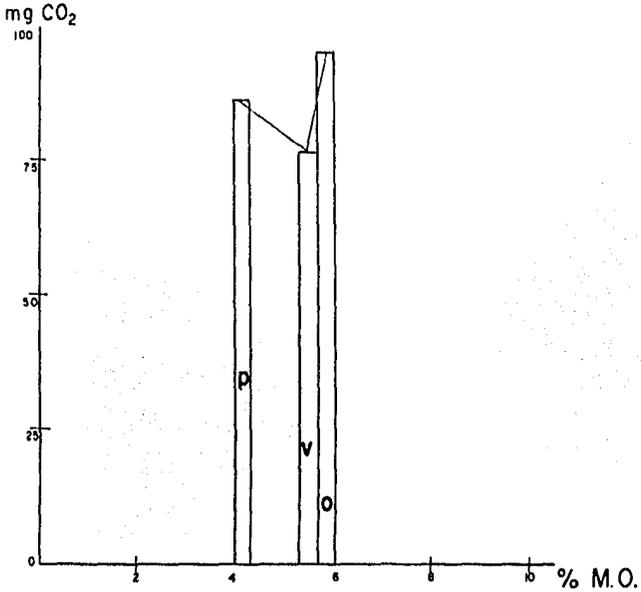
GRAFICA DE INTERACCION ENTRE LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y LA M.O. DE UN SUELO DE CAFETAL CON ARBOLES DE SOMBRA. CUETZALAN. PUE.



GRAFICA DE INTERACCION ENTRE LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y LA M.O. DE UN SUELO DE CAFETAL SIN ARBOLES DE SOMBRA. CUETZALAN. PUE.

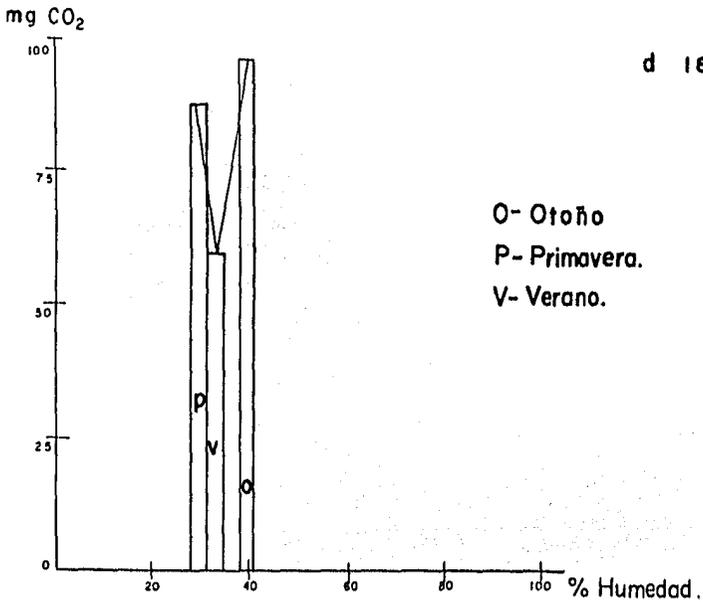


GRAFICA DE INTERACCION ENTRE LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y LA M.O. DE UN SUELO DE CAFETAL SIN ARBOLES DE SOMBRA. CUETZALAN. PUE.



c 17

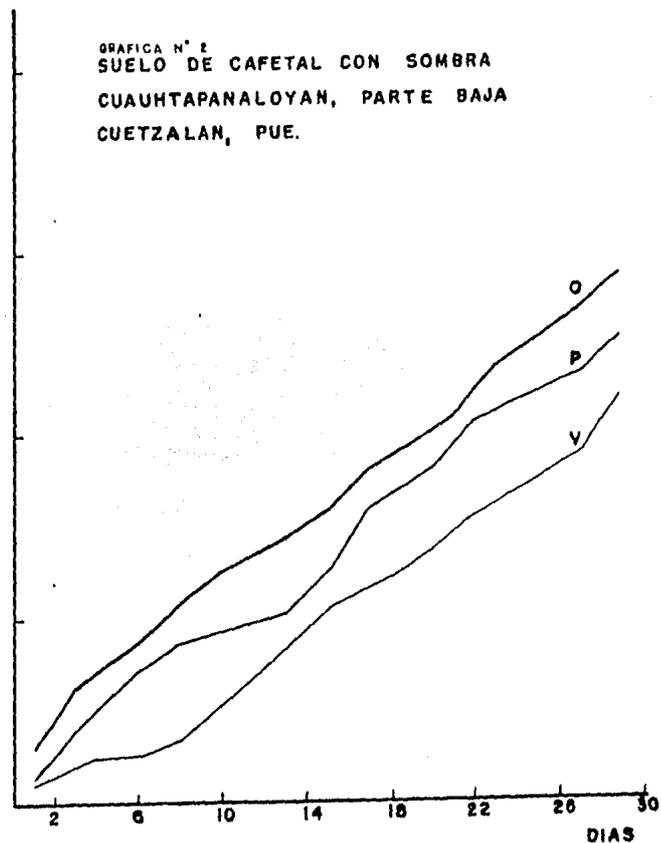
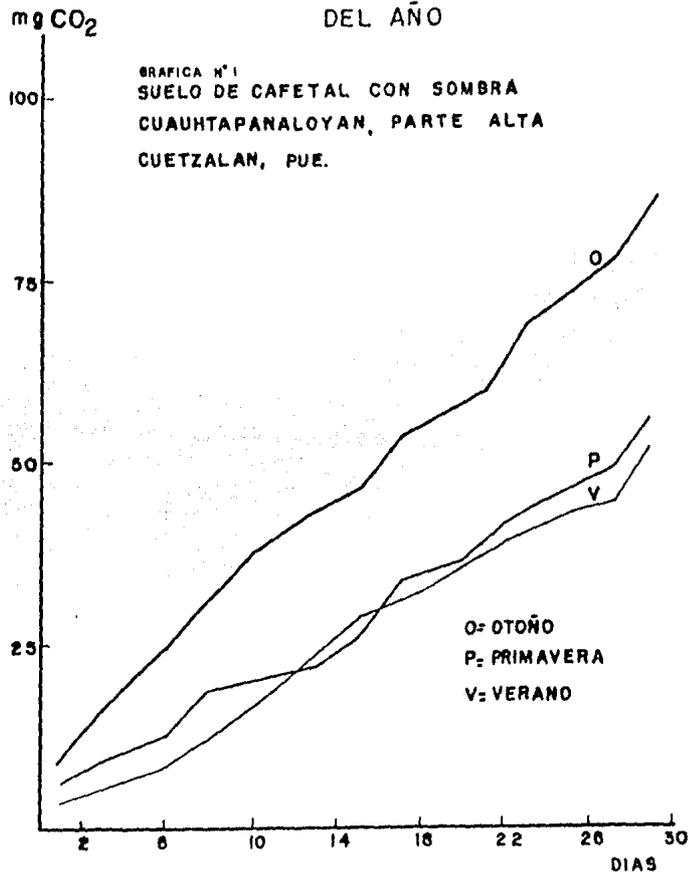
GRAFICA DE LA INTERACCION ENTRE LA ACTIVIDAD Y LA HUMEDAD DE LOS SUELOS CAFETALeros. CUETZALAN. PUE.



d 18

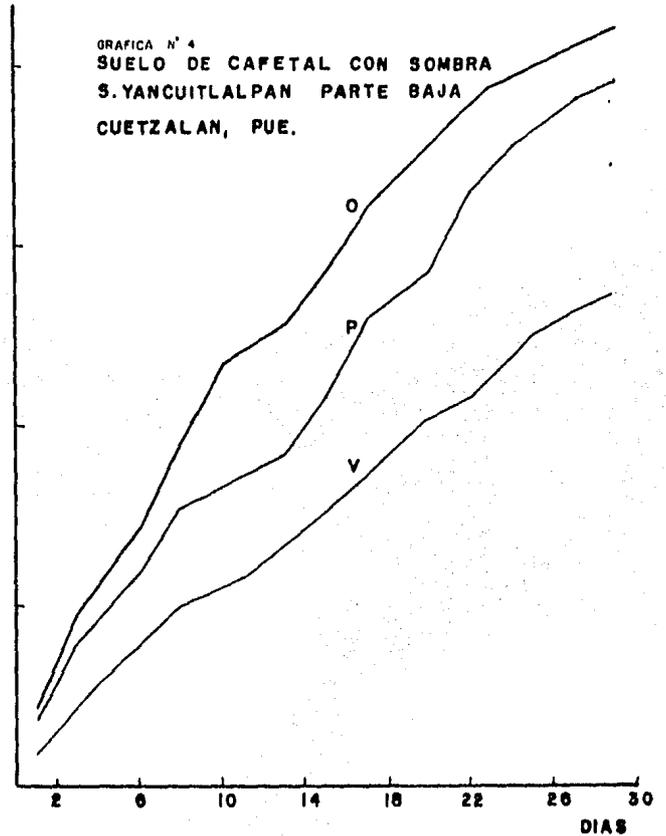
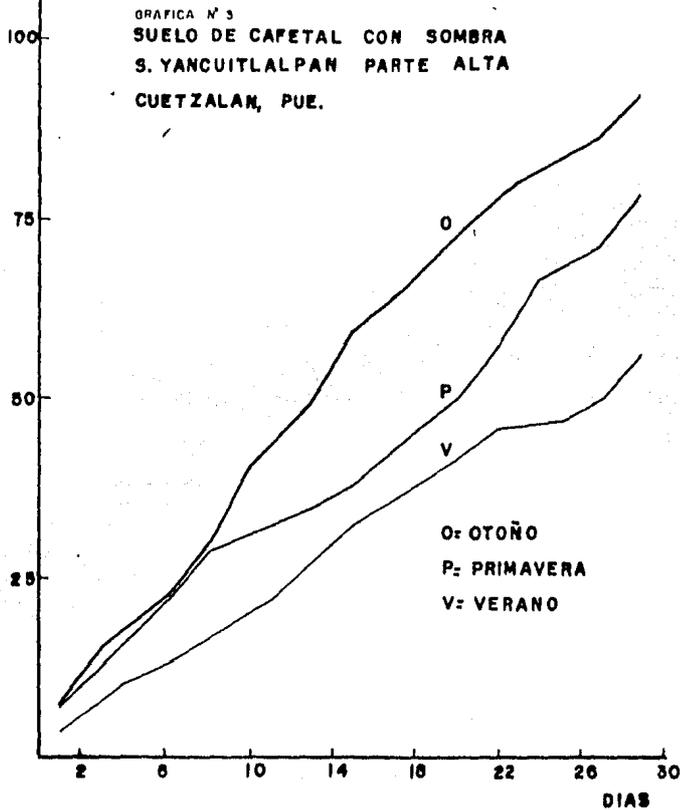
O- Otoño
P- Primavera.
V- Verano.

CURVA DE LA PRODUCCION DE CO₂ DURANTE LAS TRES ESTACIONES DEL AÑO



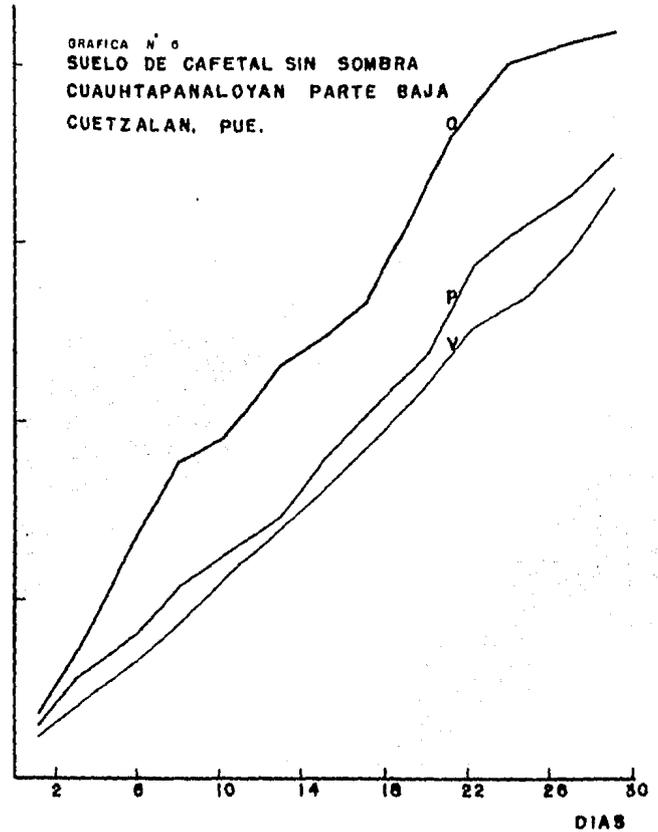
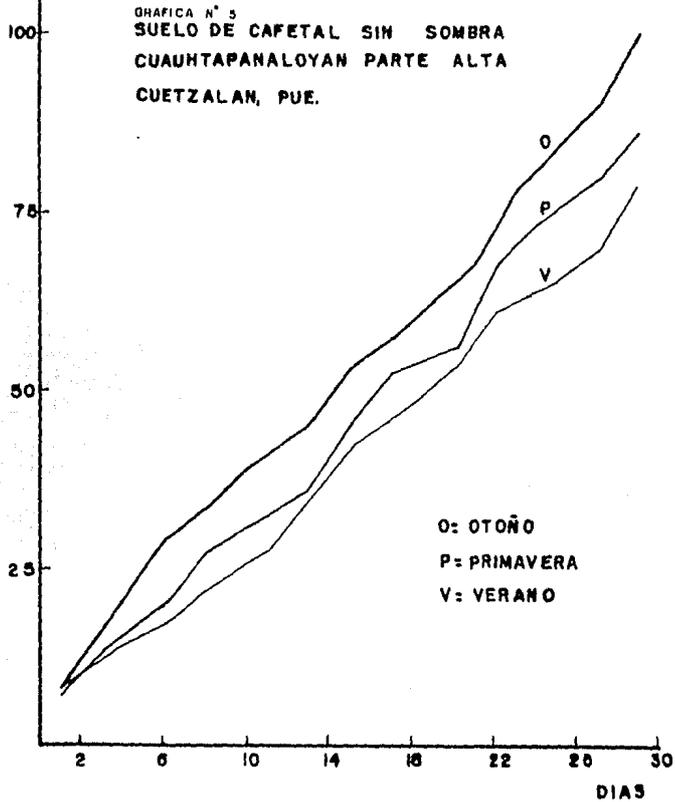
CURVA DE LA PRODUCCION DE CO₂ DURANTE LAS TRES ESTACIONES DEL AÑO

mg CO₂



CURVA DE LA PRODUCCION DE CO₂ DURANTE LAS TRES ESTACIONES DEL AÑO

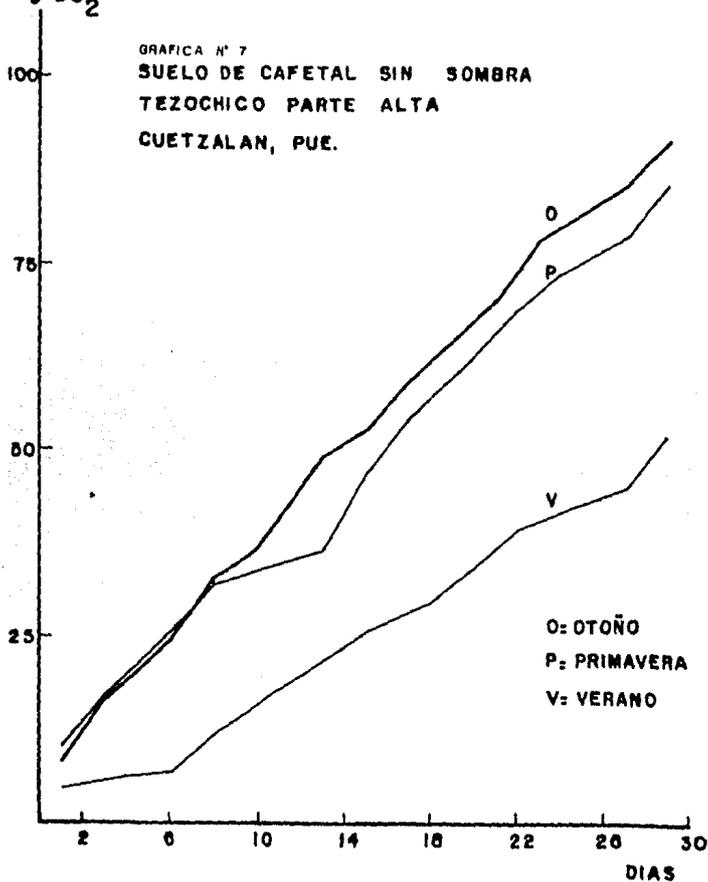
mg CO₂



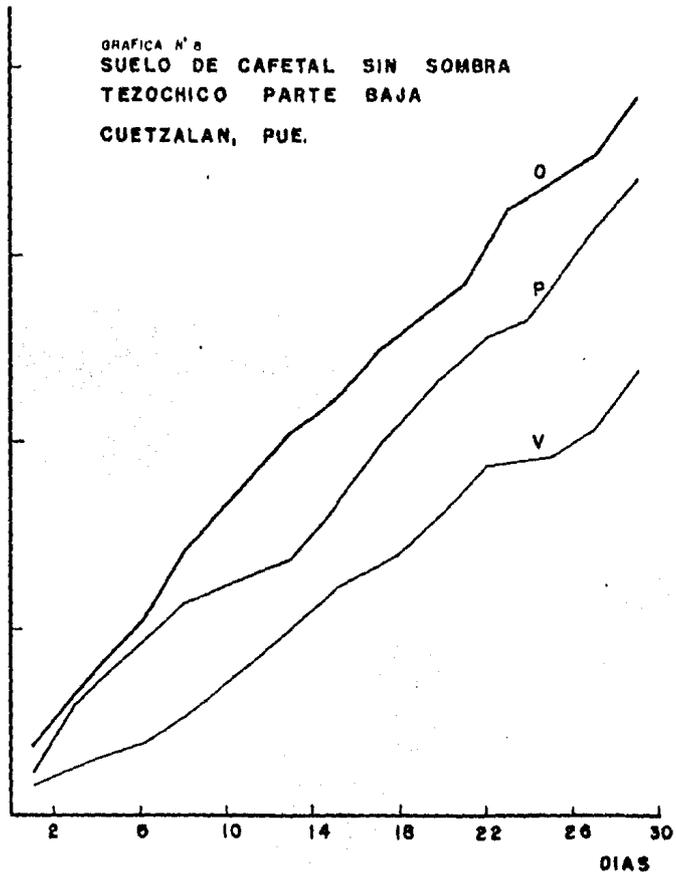
CURVA DE LA PRODUCCION DE CO₂ DURANTE LAS TRES ESTACIONES DEL AÑO

mg CO₂

GRAFICA N° 7
SUELO DE CAFETAL SIN SOMBRA
TEZOCHICO PARTE ALTA
CUETZALAN, PUE.

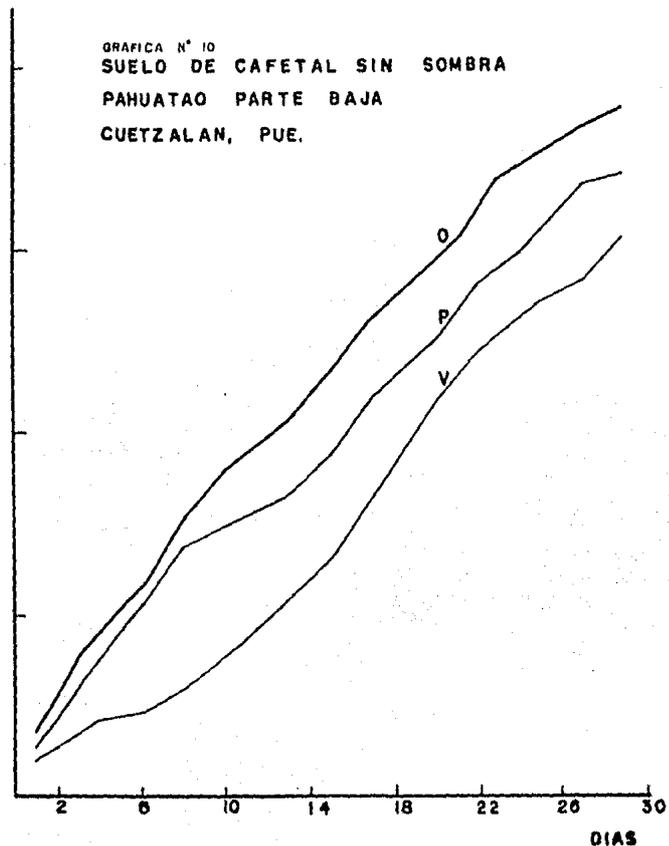
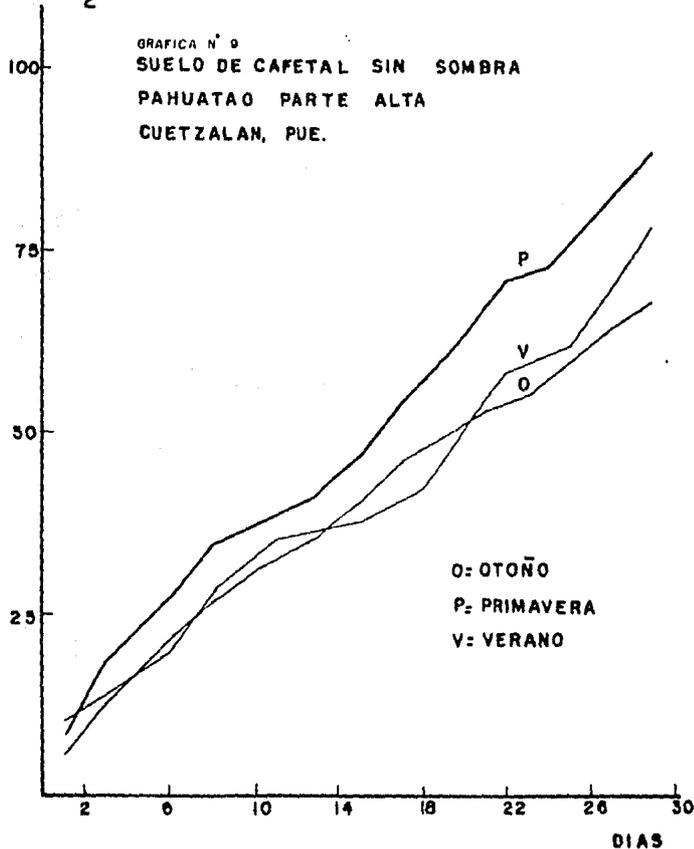


GRAFICA N° 8
SUELO DE CAFETAL SIN SOMBRA
TEZOCHICO PARTE BAJA
CUETZALAN, PUE.

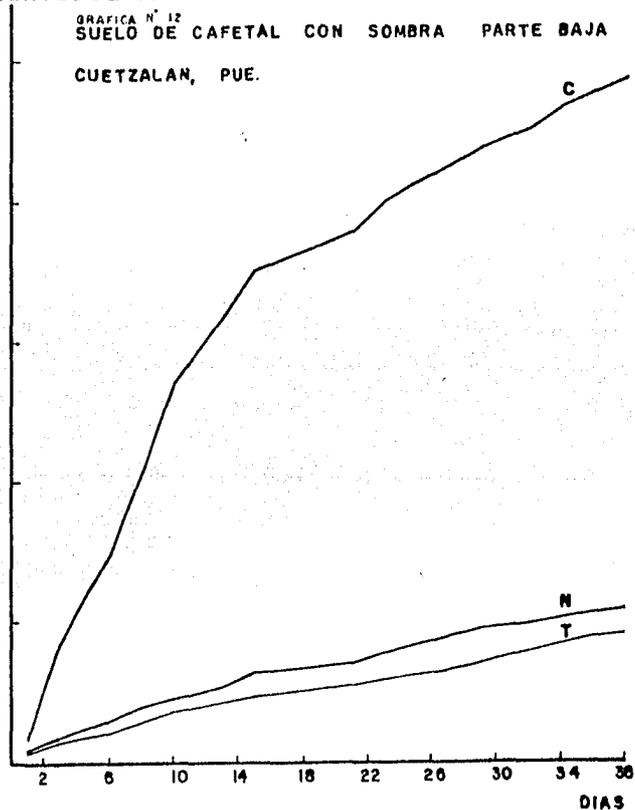
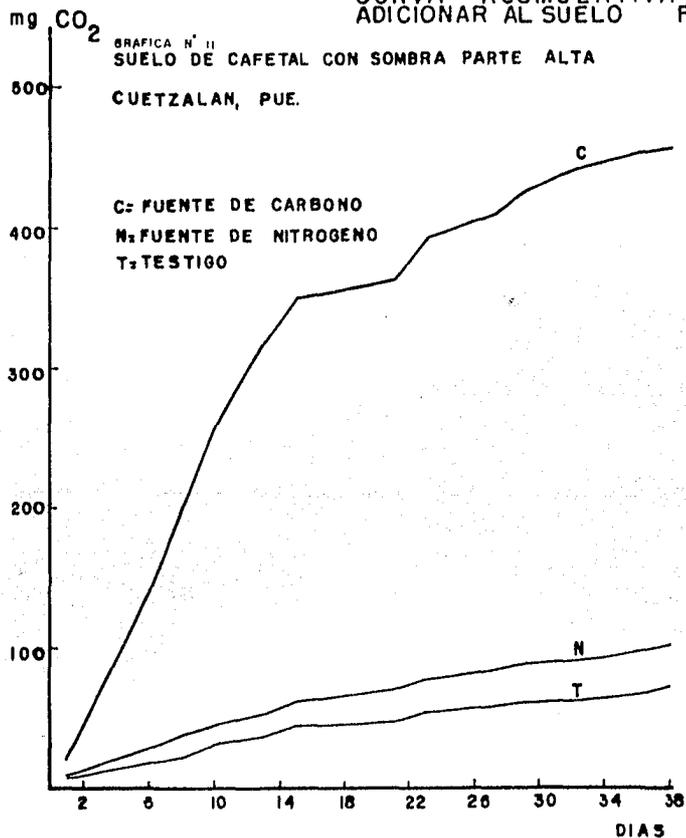


CURVA DE LA PRODUCCION DE CO₂ DURANTE LAS TRES ESTACIONES DEL AÑO

mg CO₂



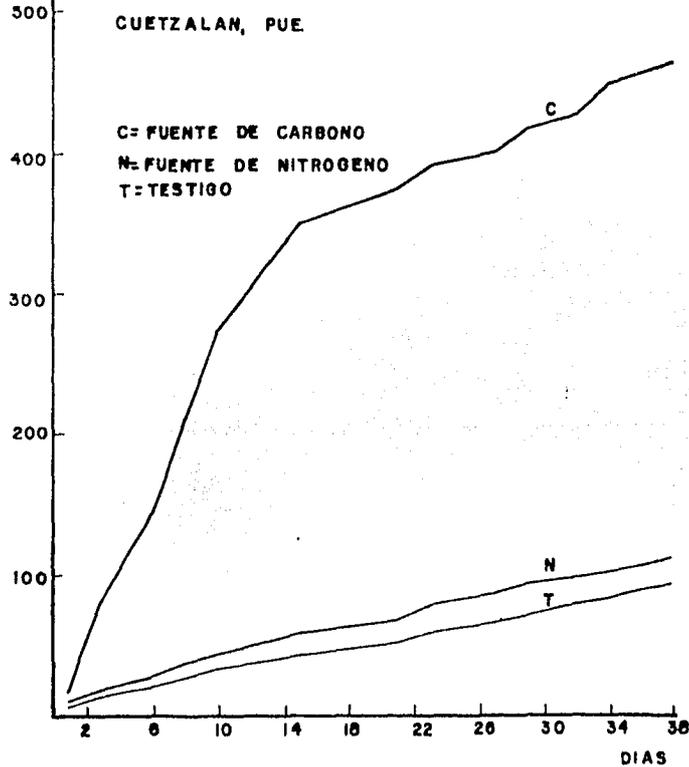
CURVA ACUMULATIVA DE LA LIBERACION DE CO₂ AL
ADICIONAR AL SUELO FUENTES DE CARBONO Y NITROGENO² AL



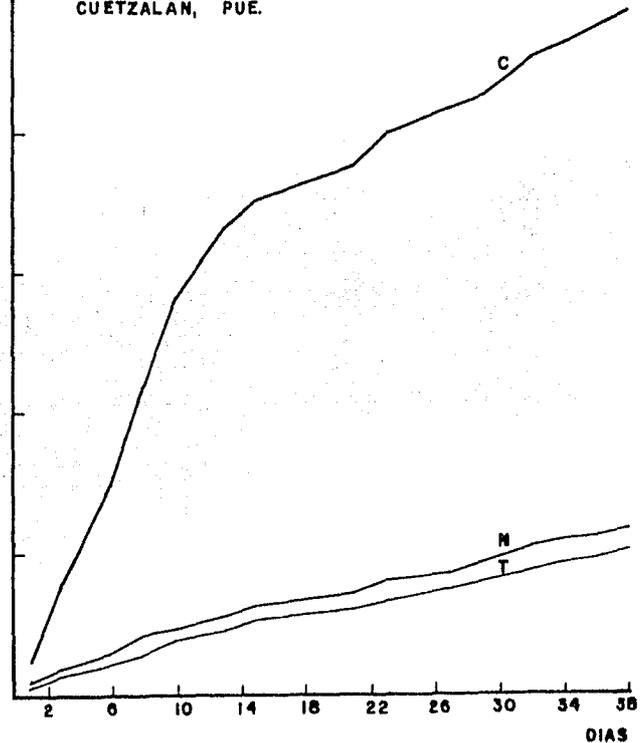
**CURVA ACUMULATIVA DE LA LIBERACION DE CO₂ AL
ADICIONAR AL SUELO FUENTES DE CARBONO Y NITROGENO**

mg CO₂

GRAFICA N° 13
SUELO DE CAFETAL SIN SOMBRA PARTE ALTA
CUETZALAN, PUE.



GRAFICA N° 14
SUELO DE CAFETAL SIN SOMBRA PARTE BAJA
CUETZALAN, PUE.



VI. DISCUSION DE RESULTADOS

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

EFFECTO DE VARIACIONES ESTACIONALES EN PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS.

Analizando los resultados obtenidos en las determinaciones físicas y químicas de los suelos muestreados en tres estaciones (otoño, primavera y verano), se observa que el pH de estos suelos mantiene un rango ácido que varía entre 3.0 y 4.8, registrándose los valores más bajos en primavera en los dos sistemas de cultivo y se observa que en los suelos de cafetales con árboles de sombra los valores de pH aumentan en verano y otoño en tanto que en los cafetales al sol aumenta en verano y disminuye en el otoño.

En relación al porcentaje de humedad, el comportamiento resultó variable con tendencia a presentar mayor acumulación en el otoño, excepto en la muestra 9 en la que se registró el mayor contenido en el verano.

El contenido de materia orgánica y de nitrógeno resultaron elevados, los valores más altos se observan en otoño y los más bajos en verano registrándose una notable similitud entre los suelos cultivados con árboles de sombra y tres suelos cultivados sin árboles de sombra que corresponden a los suelos 6, 7 y 8 respectivamente (Cuauhtapanaloyan parte baja y Texochico partes alta y baja).

Es interesante hacer notar que con base a la literatura se esperaba detectar en los suelos de cafetal con árboles de sombra un mayor contenido de materia orgánica en verano, debido a que el chalahuite incorpora más residuos durante los meses comprendidos de mayo a septiembre.

Al analizar los resultados de la relación C:N se observa que estos son muy constantes, lo que indica un equilibrio en la proporción materia orgánica (Tablas núm. 1 y 2).

En cuanto a la interacción de los factores físicos y químicos relacionados con la actividad microbiana se nota que los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y probablemente de humedad están estrechamente correlacionados con la actividad microbiana, esto se observa en las gráficas 15, 16, 17 y 18 en que señalan que los mayores valores de humedad, porcentaje de materia orgánica y nitrógeno indican la mayor actividad microbiana durante el otoño, comportamiento que siguieron en forma similar los suelos muestreados en cafetales con árboles de sombra y en los suelos sin sombra 6, 7, y 8, en tanto que en el verano en donde se registraron los valores más bajos de materia orgánica y nitrógeno coinciden con la menor producción de dióxido de carbono.

Comportamientos diferentes se observaron en los suelos No. 5, 9 y 10 (Cuauhtapanaloyan parte alta y Pahuatao parte al

ta y baja): en el primero se observa que en otoño hubo menor contenido de materia orgánica y una mayor actividad microbiana, alteración que pudo deberse a la variación en el porcentaje de humedad o bien a algún otro factor desconocido.

En el suelo 9 (gráfica 9) se observa que la mayor actividad microbiana se desarrolla en primavera, seguida de verano y la menor actividad en otoño, esto difiere del comportamiento registrado en otros suelos, en este caso el porcentaje de materia orgánica, contenido de nitrógeno y de humedad, más altos se obtuvieron en verano, lo que ratifica la relación de estas características del suelo con la actividad de los microorganismos.

Y en el suelo 10 los resultados fueron contradictorios ya que aún cuando en verano se registró mayor contenido de materia orgánica que en primavera, en esta última se observó mayor actividad microbiana.

Comparación de la actividad en los dos sistemas de cultivo.

Analizando el comportamiento de la actividad microbiana en los suelos muestreados durante las tres estaciones. (Gráfica 1-14), se observa un comportamiento similar, registrándose la mayor actividad en otoño; siguiendo primavera, y finalmente la menor actividad en verano, y esto se observó en los -

suelos con o sin árboles de sombra, es de hacer notar que se reporta que en cultivos sin sombra en donde la materia orgánica procede de especies herbáceas (que aportan mayores cantidades de residuos que el chalahuite), son rápidamente degradados, fenómeno que no favorece la acumulación de residuos permanentes como sucede en el caso del chalahuite en donde la tasa de descomposición es menor, sin embargo todos los suelos estudiados mostraron porcentajes de materia orgánica y actividad microbiana muy similares a excepción de los suelos de Pahuatao lo que se atribuye a manejo de la huerta.

En cuanto a los resultados obtenidos en las curvas -- acumulativas de CO_2 en los cinco suelos (parte alta y parte baja), que fueron adicionados de dos diferentes sustratos, uno como fuente de Carbono (sacarosa) y otro como fuente de Nitrógeno (KNO_3), podemos decir que en términos generales mantienen un comportamiento similar (ver gráficas 11, 12, 13 y 14). No se pueden establecer variaciones características que indiquen diferencias importantes entre los suelos cultivados bajo los dos sistemas de cultivo, con árboles de sombra y sin ellos, ni tampoco la influencia que dicho árbol pueda tener, pero si se puede pensar que en estos suelos se establece una dinámica propia en las variaciones de parámetros tales como el pH, la materia orgánica, la humedad.

En estas curvas de acumulación de CO_2 se observa que-

la sacarosa como fuente de Carbono estimula fuertemente la actividad microbiana a diferencia del Nitrato de Potasio (KNO_3) que como fuente de nitrógeno no estimula la actividad microbiana de una manera significativa, lo que indica que en estos suelos el nitrógeno no es un factor limitante en la actividad microbiana, coincidiendo con los resultados reportados de la relación C:N.

Al agregar sacarosa al suelo se observa que la proporción de CO_2 formado es superior a la cantidad agregada lo que indica que una fuente de carbono fácilmente oxidable acelera la mineralización de la materia orgánica.

Al determinar el contenido de Fósforo soluble en estos suelos, se encontró un alto contenido de este elemento, el cual no presenta interacción sobre la actividad microbiana.

En la tabla de resultados No. III se reporta la cuantificación microbiana de bacterias, actinomicetos y hongos, realizada en el último muestreo que comprendió a la estación de verano, encontrando un predominio de Bacterias, seguido de la población de Actinomicetos y Hongos sucesivamente, resultados similares se obtuvieron en un estudio previo. (30)

VII. CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES.

1.- Las características físicas y químicas son semejantes en los suelos estudiados detectándose que son afectados de manera similar por las variaciones estacionales.

2.- Se observó una marcada influencia del contenido de materia orgánica sobre la actividad microbiana en los 2 sistemas de cultivo estudiados.

3.- La cantidad y tipos de microorganismos, así como la actividad biológica es similar en los suelos cafetaleros con y sin árboles de sombra.

4.- El número de microorganismos es elevado lo que garantiza el mantenimiento del ciclo de la materia orgánica y consecuentemente de la fertilidad.

5.- La inclinación de las curvas de formación de CO_2 indica que la materia orgánica presente en el suelo no ha alcanzado el estado estable, pero que la adición de una fuente de carbono fácilmente oxidable acelera la mineralización de la misma.

6.- Considerando que en los cafetales con árboles de sombra la caída de hojarasca, y en los cafetales sin árboles-

de sombra la incorporación de residuos vegetales se lleva a -
cabo de manera constante y en altas proporciones, con base a -
los resultados obtenidos se concluye que ambos sistemas de --
cultivo en la región estudiada presentan un alto potencial --
agrícola, debido a la presencia de ciclos de materia orgánica-
y nutrimentos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. AGT. Editor, S.A. México, D.F.
2. Allison, F.E., COVER, R.G. 1959 Rates of Descomposi- - tion of Short leaf pine Sawdust in soil at various le- - vels of nitrogen and lime Soil Sci. 89: 194-201.
3. Basurto, P.F.A. 1982 Huertos familiares en dos comunida - des Nahuas de la sierra norte de Puebla: Yancuitlalpan - y Cuauhtapanaloyan. Tesis profesional. Facultad de - - Ciencias. Depto. de Biología UNAM. México, D.F.
4. Blasco, L.M. 1971 Efecto de la humedad sobre la minera - lización del carbono en suelos volcánicos de Costa Rica. Turrialba 21 (1): 7-12.
5. Boyer, J. 1973. Cycles de la matière organique et des - éléments minéraux dans une cacaoyère camerunaise. Café, cacao, thé, 57 (1): 3-24.
6. Breceda Salvador A. 1930. El café, apuntes sobre su - cultivo y beneficio. Tesis Profesional ENA, Chapingo.
7. Black C.A. D.D. Evans. 1972 Methods. of soil analysis - Chemical and Microbiological properties. Agronomy No. 9 part. 2.
8. Colección de estudios económicos regionales 1975 "Pue- - bla". Investigación del sistema Bancos de Comercio - México.
9. Desarrollo Urbano Ecoplan del Edo. de Puebla. 1962.

10. Echegaray, A.A., Ramírez, G.R.M. 1978. practicas de microbiología agrícola. Facultad de Química. UNAM. México.
11. Edwin, F. 1971. Bioquímica Publicaciones culturales, S.A. México, D.F.
12. García, T.A. 1981. Experimentos de microbiología del suelo. CECSA.
13. Gotardo Schenkel 1972. Problemas de la acidez en suelos derivados de cenizas volcánicas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Estación Carillanca, Chile.
14. Gray, P.H.H. and Taylor, 1935 C.B. A Microbiological study of podsol soil profiles. II. Laurential soils.
15. Gray, P.H.H. and Wallace, R.H. 1957 Correlation Between Bacterial numbers and carbon dioxide in a field soil. Can J. Microbiol. 3.
16. Haray, F. 1970. Suelo tropical. Herrero Hermanos. Sucesores, S.A. México.
17. Huntjens, J.L.M. and Oosterveld W.M. - Van Vliet and Sa yed, S.K.Y. 1981 Descomposition of the organic compound in soil, laboratory of microbiology university of agriculture 6 703. C.T. Wageningen, the netherlands.
18. Instituto Mexicano del Café. Apuntes.
19. Jackson, M.L. 1964 Análisis Químicos de Suelo. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España.
20. Jiménez Avila E. y Martínez Vera P. 1979 Estudios Ecológicos del Agrosistema cafetalero: II producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. Biotica (3) 109-126.
21. Lundegardh, H. 1927 Carbón dioxide evolution of soil and crop growth, Soil Sci, 23: 417-450.

22. Manual de Operaciones de Laboratorio de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos del D.D.F. México, D.F.
23. Mc. Cormick, R.W. and. Wolf D.C. 1980 effect of sodium-chloride on CO₂ evolution ammonification and nitrification in a Sassafras Sandy loam. Soil. - Biol. Biochem.-12, 153-157.
24. Planta industrializadora de desechos sólidos de San Juan de Aragón 1976, Manual de laboratorio D.D.F. México.
25. Parkinson, D., Gray, T.R.G., Williams, S.T., 1978 Methods for studying the ecology of soil micro-organisms. International biological programe. 7 mary lebone rood, London N.W. 1.
26. Primo, Y.E. 1973, Química Agrícola. Ed. Alhambra. Tomo I.
27. Ramírez, G.R.M., Echegaray, A.A. 1971 Microbiología de suelos de ando del Edo. de Michoacán. V Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Guadalajara, Jal.
28. Roskoski Joann P. 1981 Nodulation and N₂ Fixation by Inga Jinicuil a Woody Legume in Coffee Plantations. -- Plant and Soil 59, 201-206.
29. Salcedo, M.A.C.C. 1981. Estudio Edafológico del Municipio de Cuetzalan, Edo. de Puebla. tesis profesional, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.
30. Santuario M.H. y Alvarez Gómez M. 1983 Estudio Preliminar de la microflora de suelos cafetaleros del Edo. de Puebla, tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. - México.
31. Shamin, A.A. and. Varfolomeyev. L.A. 1979. Microbiological description on northeim taiga bog-podzolic soil.- Soil Biology Pochvojedeniye, N. 3: 89-94.

32. Van Soest, 1963 Evolution of. CO₂ in decomposition of plant and animal. Soil Microbiology 4° Ed.
33. Waksman, S.A. and Diehm, R.A. 1931. ON the decomposition of Hemicelluloses by microorganisms I. nature, occurrence, preparation and decomposition of hemicelluloses Soil Science 32, 73-95.
34. Waksman, S.A.. 1963 Soil Microbiology. John Wiley and sons inc. New York. 4° Ed. U.S.A.
35. Yoshiaki, I. Black, C.A. 1980 suelos derivados de cenizas volcánicas en Japón. CIMMYT.
36. Zunino, H. Borie, F. Aguilera, M., Peirano, P., Caizzi, W. Martin, J.P. 1982. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas. F. Ecología Microbiana y su relación con las propiedades Físico-Químicas de suelos. -- Agricultura técnica 42 (1) (62-72).