



Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales

" I Z T A C A L A "

**EFFECTO DE LA INACTIVACION DE LA MICROFLORA DEL
SUELO SOBRE EL CONSUMO DE LA TIERRA, INCREMENTO
DE PESO Y FECUNDIDAD DE LA LOMBRIZ GEOFAGA**

Pentosclex corethrurus (OLIGOCHAETA

GLOSSOSCOLECIDAE)

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de

B I O L O G O

P r e s e n t a

FERNANDO FELIX BALDERAS

Los Reyes Iztacala, México

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres y hermanos

Dedico especialmente esta tesis
a mi esposa Lourdes, y
a mi linda hija Luiú.

A mis sobrinos, en especial a
Victor Hugo González F.

El presente trabajo fue realizado
con el apoyo proporcionado por el
Instituto de Ecología, A.C.,
dentro del proyecto
"Biología de Suelos"

Agradecimientos:

Mi agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron posible la realización del presente trabajo.

**Especialmente al responsable del proyecto "Biología de Suelos"
Dr. Pablo Rangel Silva
por las facilidades brindadas en el laboratorio, en su acertada dirección y paciencia en la realización de la presente tesis.**

Le agradezco a la M. en C. Gabriela Rico Ferrat por su incondicional apoyo, así como sus consejos y ayuda en el manejo de las técnicas microbiológicas y su revisión del presente trabajo.

Al P. de Biol. Ricardo Rochín Gómez por su ayuda en el desarrollo de los análisis en el laboratorio.

Al Biólogo Carlos E. Fragoso por sus sugerencias.

Al Q.F.B. Manuel Alberto Marrufo por su invaluable ayuda en la computadora.

A los integrantes de la Comisión Dictaminadora de la ENEP Iztacala

CONTENIDO	PAG
I. SIMBOLOGIA Y ABREVIATURAS	1
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCION	3
III. ANTECEDENTES	8
IV. DESCRIPCION DE LA ZONA DE COLECTA	13
V. METODOLOGIA	17
VI. RESULTADOS:	24
1. MICROFLORA DEL SUELO	24
2. CONSUMO DE SUELO	27
3. PESO PROMEDIO	31
4. INCREMENTO DE PESO PORCIENTO	34
5. PRODUCCION DE CAPULLOS Y REPRODUCCION	38
6. ANALISIS BIOQUIMICOS:	43
a. CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS	43
b. COMPUESTOS PEPTIDICOS	44
c. ACIDOS URONICOS	45
VII. ANALISIS FISICOQUIMICOS DEL SUELO:	50
a. REACCION DEL SUELO	50
b. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	51
c. CALCIO Y MAGNESIO	51
VIII. DISCUSION	54
IX. CONCLUSION	64
X. BIBLIOGRAFIA	67

Simbología y Abreviaturas

x = Promedio

s = Error Estándar

g = Gramo

g.s.s. = Gramo de Suelo Seco

g.p.f. = Gramo de Peso Fresco

μ g = Microgramo

μ org/g.s.s. = Microorganismo por gramo de suelo seco.

D = Días

K = Capullos producidos

I. RESUMEN

Fontoscolex corethrurus es un Oligoqueto que al igual que otros muchos organismos pertenecientes a su grupo contribuyen de forma importante en la conservación de las condiciones del suelo.]

En la actualidad se introducen grandes extensiones de suelo al cultivo en zonas tropicales que son abandonadas después de tres o cuatro ciclos agrícolas con su consecuente deterioro. [La especie mencionada habita suelos húmedos tropicales aportando sustratos glicoconjugados de fácil asimilación por la microflora y que esta utiliza en los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica del suelo.]

Se conocen muchos aspectos de la fisiología de Fontoscolex corethrurus como los correspondientes a su distribución y abundancia, por lo que en el presente trabajo se pretende conocer algunos aspectos relacionados con la ecofisiología del organismo, contribuyendo con la información generada referente al

efecto que tiene la disminución de la actividad microbiana del suelo sobre el consumo de tierra, incremento de peso y fecundidad de la especie.

• Se observó que el suelo al transitar por el tubo digestivo de Pontoscolex corethrurus sufre modificaciones importantes en las condiciones químicas y bioquímicas.]

La disminución en la actividad de la microflora provoca un incremento en la ingestión del suelo, además de generar una mayor biomasa en relación al cultivo testigo, como se pudo observar en la cuantificación de carbonhidratos, compuestos peptídicos y ácidos urónicos que son un reflejo de la actividad catalítica de la microflora al incorporar las secreciones producidas por la especie a sus ciclos metabólicos.

Los resultados aquí obtenidos inclinan a pensar en la existencia de una relación mutualista entre esta especie y la microflora del suelo.]

II. INTRODUCCION.

En las regiones tropicales existe la necesidad de incorporar nuevas extensiones de tierra para hacer uso permanente del recurso suelo, (Gómez Pompa, 1976). P. corethrurus habita suelos húmedos tropicales aportando sustratos de fácil asimilación para la microflora y su acción es importante en los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica del suelo.

Los procesos de mineralización y humificación se atribuyen a los microorganismos del suelo, estos son capaces de llevar a cabo toda clase de transformaciones químicas en condiciones ambientales muy variadas; por otra parte las lombrices distribuyen continuamente los sustratos energéticos que los microorganismos sintetizan a partir de los componentes de la materia orgánica. (Burges y Raw, 1971)

Las lombrices de tierra, realizan actividades de gran importancia en el suelo. Por medio de la acción mecánica forman galerías, aumentando la superficie de contacto que se desarrolla entre la atmósfera y el suelo aereándolo y acelerando los intercambios hídricos; ayudan a homogenizar el perfil del suelo al

transportar partículas de horizontes profundos a la superficie y a la inversa por medio de sus heces, también llamadas turrículos, por lo que aceleran la descomposición y mineralización de la materia orgánica.]

[Estas actividades realizadas por las lombrices son de gran importancia para la génesis y conservación de los suelos, siendo considerados como agentes insustituibles en la conservación de la estructura de este ambiente y del control de la dinámica de suelo.]

(Lavelle, 1981a).

[Bouché (1977) estableció para las lombrices terrestres una división ecológica en función de sus adaptaciones morfofisiológicas, de sus distribuciones espacio-temporales y de sus ciclos de vida, reconociendo tres categorías. El primer tipo son los epigeos, viven entre la hojarasca alimentándose de ella, son estrategias del tipo "r". El segundo tipo son los endógeos, viven dentro del suelo y comen tierra. Lavelle (1979, 1981a, 1981b) subdivide a los endógeos en tres categorías, de acuerdo a la riqueza de materia orgánica que ingieren: los Polihúmicos, Mesohúmicos y Oligohúmicos. Y por último los anécicos que se alimentan de la hojarasca pero viven la mayor parte del tiempo en una red de galerías que forman dentro del suelo, y son estrategias del tipo "K".]

Según Barnes, (1977) las lombrices de tierra son organismos que construyen sus galerías por introducción del extremo anterior mediante la deglución de tierra durante su excavación y que con el moco producido como resultado de desecho forman un revestimiento en las galerías, parte de este material eliminado es expulsado del tubo como moldes excrementicios, siendo el intestino el mayor productor de moco.

En el intestino de las lombrices de tierra se ha observado que existe la misma clase de microorganismos que la observada en el suelo, esto explica que la microflora no es alterada al pasar por el tubo digestivo de la lombriz en cuanto a variedad se refiere (Satchell, 1967).

En muchas investigaciones se ha demostrado que la población bacteriana de los nidos es mucho mayor que la correspondiente al suelo circundante, pero pocas veces es posible distinguir si esto deriva de una alimentación selectiva de los materiales que forman el sustrato para la actividad microbiana o si derivan de los cambios que tiene lugar en el intestino las lombrices de tierra. (Pierce, 1978).

La especie de interés para el presente estudio es Pontoscolex corethrurus (Oligochaeta-Glossoscolecidae), descrita por Müller en 1857, es un organismo Anélido de la clase Oligochaeta, presenta unas cuantas quetas en cada segmento del cuerpo, su reproducción es asexual por partenogénesis y es la única especie de la familia Glossoscolecidae que se encuentra en otros lugares fuera de América, es cosmopolita de distribución Pantropical, restringida a zonas costeras, y posiblemente se origina en algún lugar de América del Sur, según Gates (1973). Los adultos son clitelados con longitud de 7 a 10 cm diámetro de 3 a 4 mm, y un peso de 600 a 2000 mg. El aparato reproductor masculino está atrofiado. Son de color amarillo crema a gris pálido.

Lavelle, et al (1983a) y Lavelle (1986) observan que la actividad mecánica, el crecimiento, la reproducción y la mortalidad de la especie Pontoscolex corethrurus está estimulada o inhibida por las condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo. La presencia de colonias bacterianas en el sustrato, estimulada por las condiciones físicas del suelo más favorables, se desarrolla a costa del moco producido por la lombriz, para después poder tener la capacidad de digerir las sustancias complejas de la materia orgánica del suelo, ("priming effect") la microflora

al incorporar las secreciones producidas por la especie a sus ciclos metabólicos aumenta su capacidad catalítica favoreciendo la hidrólisis de los compuestos húmicos liberando ácidos urónicos, hexosas y compuestos peptídicos los cuales benefician al organismo lo que implica una relación aparentemente mutualista. }

La finalidad del presente trabajo es contribuir al conocimiento de la relación que guarda la microflora del suelo con la especie interpretando el efecto que produce la disminución en la población de la microflora del suelo sobre la ingestión de tierra, el incremento de peso y la fecundidad de la lombriz mencionada.

III. ANTECEDENTES.

Los trabajos realizados con lombrices de tierra en países tropicales y templados, en su mayoría con alto desarrollo industrial como Japón, Estados Unidos, URSS, Inglaterra y Francia han sido orientado con fines agronómicos y comerciales (Edwards y Lofty, 1977). Estos autores refieren que las lombrices de tierra son empleadas en la alimentación humana y animal por sus contenidos proteícos, como sucede en Nueva Zelanda, Japón, el sur de Africa, Nueva Guinea por tribus nativas, además en sociedades primitivas son utilizadas con fines curativos en algunas enfermedades.

Los estudios realizados con estos organismos son vastos y variados, uno de los trabajos más antiguos es el de Darwin en 1881, sin embargo existe poca información acerca de como interactúan las especies geófagas con la microflora del suelo para llevar a cabo la explotación de las reservas húmicas del suelo en zonas tropicales húmedas.

Dentro de los trabajos realizados encontramos el de Lavelle (1975), con la especie Millsonia anomala (Megascolecidae), que predomina dentro de la población

de lombrices de tierra en la sabana de Lamto en Costa de Marfil, Africa. Observo que el consumo del suelo en condiciones naturales está en función de la humedad, la temperatura y el peso del organismo encontrando que el consumo es entre 3.8 y 9.4 veces su propio peso para la población de M. anomala la cual presenta una densidad de 215,000 organismos, los cuales representan 250 kg de peso fresco y además ingieren aproximadamente 507 toneladas de suelo seco por hectárea por año.

En México P. corethrurus es abundante, y se ha localizado en Nayarit (Tepic y San Blas), Baja California Sur (Miraflores, Todos los Santos y San José del Cabo), Sinaloa (Mazatlán) (Eisen, 1900), Jalisco (Guadajara), Gates (1973), Veracruz (Laguna Verde) (Lavelle, Maury y Serrano, 1981) (Los Tuxtlas), Guerrero, Tabasco y Chiapas (Montebello e Iztia) Fragoso y Lavelle, además de su ubicación se han realizado estudios de su distribución y abundancia, citado en tesis Fragoso (1985).

Pontoscolex corethrurus, es una especie endógena mesohúmica que se ha encontrado en pastizales del área de Laguna Verde, Veracruz. Investigadores del Instituto de Ecología (1984), observaron que la comunidad del suelo esta conformada principalmente por la población

mencionada, estimando una densidad de 188 individuos por m² y 86 gramos de peso fresco conformando el 70% de la biomasa total de la fauna edáfica.

La ingestión del suelo en condiciones naturales es de aproximadamente 300 toneladas por hectárea por año, la especie se alimenta de suelo con bajo contenido orgánico que al pasar por el tracto digestivo transforma los complejos húmicos en elementos simples, observando un aumento en los hidrosolubles en el intestino anterior hasta del 16% y del 12.7% en la región posterior del mismo (Lavelle et al., 1983a). Barois (1982) por su parte reporta que el pH del suelo al pasar por el tracto digestivo tiende a la neutralidad; las modificaciones fisicoquímicas y la mezcla en la molleja e intestino, estimulan el incremento en la actividad respiratoria de la microflora con un rango de 1.37 veces en la parte anterior aumentando a 1.69 veces en las deyecciones.)

Barois (1982), Barois et al. (1983), y Barois y Lavelle (1986), sugieren que la actividad microbiana primero es fuertemente estimulada por las condiciones físicas del suelo, incrementadas a costa de los mucopolisacáridos producidos por la lombriz, quien tiene la capacidad de digerir los complejos orgánicos del suelo en su beneficio.)

En apoyo a esta teoría Rangel (en prensa) realizó un estudio del tracto digestivo de Fontoscolex corethrurus poniendo en evidencia con técnicas histoquímicas y bioquímicas compuestos de naturaleza glicoconjugada en las secreciones que produce el organismo, refiriendo que se trata de glicoproteínas de tipo fucomucina, y un compuesto de naturaleza similar a los glicosaminoglicanos.

F. corethrurus es un Oligoqueto de interés por su carácter cosmopolita (Gates, 1973) así como por su capacidad de colonizar habitats donde las condiciones naturales han sido alteradas, como es el caso de Laguna Verde Veracruz (Instituto de Ecología, 1984) y las zonas perturbadas del Chajul, en la Selva Lacandona, Chiapas (Fragoso, 1985).

Satchell (1967) encontró que la microflora de los excrementos de lombrices de tierra era mayor que la del suelo no consumido, sin saber que era la cantidad o la calidad del suelo consumido la que provocaba este aumento.

Torquemada y Asakawa (1981) observaron que la especie F. corethrurus aumentaba la población microbiana en el suelo consumido en una región

amazónica, encontraron que la lombriz aporta microorganismos de 2 a 5 veces por medio de sus deyecciones. J

Experimentos recientes en la India han demostrado que la bacterización del suelo con *Azotobacter* y excreciones de lombrices de tierra proporcionan condiciones favorables para el desarrollo y la actividad del mismo. J

En México las lombrices terrestres han sido poco estudiadas se tienen registros de 60 especies mientras que en la India son 500 especies (Fragoso, 1985). Además existen algunos trabajos sobre protozoarios parásitos de lombrices terrestres (Méndez-Franco y López-Ochoterena, 1977).

Debido a la escasa información que existe en la relación que guarda la microflora del suelo junto con la lombriz de tierra *P. corethrurus* se realizó el presente trabajo.

IV. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El paraje de Laguna Verde, Ver., se localiza en una zona de clima tropical húmedo en la región del golfo de México. Comprendida entre los $19^{\circ}43'36''$ de latitud norte y $96^{\circ}23'43''$ de longitud oeste. La zona de colecta es un pastizal en el km 22 a 800 msnm cercano al poblado denominado "Plan de las Hayas" situado a 35 Km del borde del mar, el terreno se eleva gradualmente desde la costa transportándose por terracería, el relieve del área es bastante desigual, se compone de cerros y ramales volcánicos que forman parte de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. (Lavelle, et al., 1981) (Figura 1 Tomada de Halffter y Reyes-Castillo, 1975).

La geomorfología del área de Laguna Verde, Ver., es variada, existiendo lomeríos de diversas pendientes, llanuras, cañadas, además de zonas de montaña, lo que proporciona la formación de un mosaico de habitats tanto naturales, así como modificados por la acción del hombre originados a lo largo de 100 años de actividad productiva de la zona, (Rangel P. en prensa).

La geología del área presenta una gama amplia de rocas de diferentes tiempos geológicos así se tiene zonas de basalto que conforma acantilados, cenizas volcánicas y aluviones producto de depósitos recientes (Rangel P. en prensa).

El suelo con el que se trabajo, presento las siguientes características; desarrollado por la interperización del material parental de origen basáltico y andesítico; en general son suelos poco profundos de permeabilidad lenta a moderada. El alto contenido de arcillas expandibles, lo hace un suelo muy pegajoso cuando está húmedo y muy duro cuando está seco, adhesivo y plástico. (Lavelle, et al., 1981; Rangel P. en prensa).

El clima en la región de Laguna Verde presenta una temperatura media anual de 26°C, siendo la temperatura máxima promedio de 34°C y la mínima de 16°C. La precipitación media anual es de 1500 mm en el litoral, aumentando con la altitud llegando a 1800 mm en las inmediaciones de los 800 metros sobre el nivel mar. La temporada de lluvias comprende de mayo a noviembre, pero durante la temporada de sequía que se extiende de diciembre a mayo, se presentan lluvias acompañantes de los frecuentes frentes de masas polares, (García, 1970).

La vegetación primaria que se desarrolló en la zona corresponde a un "encinar de mediana altitud" que se caracteriza por la presencia de Quercus oleoides (Gómez Pompa et. al., 1972). Actualmente se observa un pastizal inducido que puede ser considerado como una fase sucesional caracterizada por la presencia de Panicum maximum Jacq., una especie de Paspalum y Aldana dentata; entre otras. (Rangel y Rochín, 1986).

Los suelos pertenecientes a esta unidad son utilizados en la producción de pastos; una extensión muy reducida es utilizada para la agricultura de temporal produciendo maíz para forraje y consumo humano. (Rangel P. en prensa).

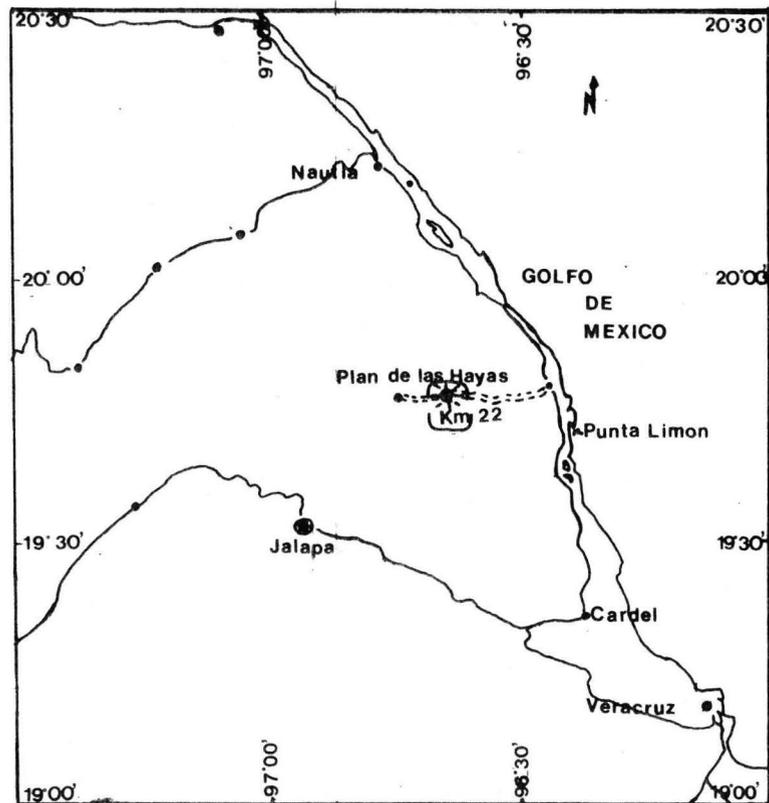


FIG. 1 MAPA DE LOCALIZACION DE LA COLECTA

— CARRETERA

☀ LUGAR DE COLECTA

--- TERRACERIA

V. METODOLOGIA.

Las lombrices se obtuvieron por el método de extracción manual directa, el suelo empleado provino de los primeros 10 cm de profundidad y fue secado a la sombra, pulverizado y tamizado.

Para disminuir la actividad de la microflora del suelo se emplearon dos métodos de esterilización previos a cada cambio de cultivo.

El primer método de esterilización se realizó en un autoclave vertical marca "AESA" modelo CU-250 a 16 libras/pulg² de presión durante 2 horas, la tierra se introdujo en un recipiente metálico cerrado para evitar el humedecimiento del suelo. El segundo método de esterilización se efectuó en una estufa marca "MAPSA" modelo HOP/334 a 250°C durante 2 horas. El suelo para el cultivo control no recibió tratamiento alguno.

Gaviño, et al., (1975) mencionan estos métodos de esterilización como principales y más comunes.

Se evitó el uso de otros métodos de esterilización, tales como el empleo de cloruro de metilo o penicilina, ya que podrían afectar la actividad de los organismos en estudio como es el caso del enterobacterin que reduce la sobrevivencia de la lombriz en un 50% durante 45 días, los hongos se incrementan de 300 a 500%, e influye sobre las propiedades del suelo alterando el pH, fosfatos móviles, humus y la cantidad de nitrógeno del suelo, (Atlavinyté, et. al. 1982).

Se establecieron 12 lotes experimentales, de los cuales, 5 correspondieron al cultivo del suelo esterilizado en autoclave, 5 lotes se emplearon con suelo esterilizado por estufa y 2 lotes control.

Al realizar los cambios del suelo se trató de minimizar la contaminación de los cultivos, esterilizando el mismo día, y realizando cambios 2 veces por semana, durante los 4 meses de experimento.

El suelo fue humectado al 30% cercano a la capacidad de campo y es la humedad en la que P. corethrus registra actividad óptima con una tasa de crecimiento diaria positiva, Lavelle y Cruz, (1982).

El suelo ya humedecido con agua esterilizada, fue forzado a través de un tamiz de abertura 1.68 mm (malla 10) para obtener una estructura homogénea que nos permitió separar eficientemente las deyecciones producidas por los organismos.

Los cultivos se prepararon con el suelo previamente humedecido colocando 300 g de tierra en cajas de plástico con medidas de 12 cm de largo por 11 cm de ancho y 6 cm de altura.

Las lombrices se pesaron y fueron agrupadas en conjuntos de 4 organismos de peso similares en cada caja.

Durante cada cambio de cultivo se pesaba una por una, para obtener el peso por organismo, y después determinar los pesos promedio para cada lote, las cajas se lavaron y se limpiaron con alcohol al 70%.

Las cajas fueron cerradas para evitar la pérdida de humedad y la entrada de microorganismos que pudiesen contaminar los cultivos, enseguida fueron introducidas en una estufa de cultivo con temperatura constante dentro del rango óptimo para el desarrollo del organismo (entre 23.8° y 29.7°C) reportado por Fineda y Hernandez, (1983).

El incremento de peso del organismo fue determinado por la formula:

$$\Delta F\%/D = \frac{F_f - F_i}{F_i} / D \times 100$$

Donde:

F_f = Peso final

F_i = Peso inicial

D = días

ΔF = incremento de peso

La reproducción se determinó por el número de capullos encontrados en cada cambio de suelo, entre los mg del individuo y entre el número de días.

Durante cada cambio las deyecciones fueron separadas del suelo no ingerido, secandolas a 60°C por espacio de 48 horas. Una vez secas fueron pesadas, y a partir de estos pesos se determino el consumo de suelo diario por gramo de peso fresco del organismo.

Las deyecciones secas se emplearon para el análisis de materia orgánica hidrosoluble. Este se realiza pesando 1 gramo de suelo que se agrega a 10 ml

de agua destilada, se calienta la mezcla a 60°C por espacio de una hora, con agitación constante, se centrifuga a 3000 rpm durante 15 min., se filtra, posteriormente se deseca al vacío y finalmente se rehidrata con agua destilada a un volumen final conocido para la determinación de los parámetros bioquímicos (Rangel com. personal).

El extracto hidrosoluble del suelo se emplea para realizar la cuantificación de los componentes bioquímicos que a continuación se mencionan:

- Carbohidratos totales por el método de Orcinol (Montreuil 1963).
- Determinación de compuestos peptídicos mediante el uso de reactivo de Folin (Lowry et al. 1951).
- Determinación de ácidos urónicos por el método de Bitter y Muir (1962)

Los análisis fisicoquímicos que se realizaron con el suelo no consumido y las deyecciones son las siguientes:

- pH por el método del potenciómetro, relación suelo-agua 1:2. (Soil Reaction Committee, Intern., 1930).

- Capacidad de intercambio catiónico por el método de Varsenato. EDTA (Jackson, 1982).
- Calcio y Magnesio intercambiables, por el método del varsenato, Jackson, 1982).
- Materia orgánica por el método de Walkley y Black. (1934).
- Nitrógeno total por el método de Micro-Kjendahl. (AOAC Official Methods of Analysis, 1984).

Al suelo testigo además de las determinaciones fisicoquímicas realizadas a las deyecciones se le determinaron los siguientes parámetros:

- Textura por el método de bouyoucos, (1951).
- Densidad real por el método del picnómetro.
- Densidad aparente (Dominguez y Aguilera, 1985).
- Color del suelo mediante las tablas de Munsell. (Munsell Soil Color Chart 1954).
- Capacidad de campo. (Determinado en el centro de edafología del Colegio de Posgraduados de Chapingo).
- Punto de marchitez permanente. (determinado en el centro de edafología del Colegio de Posgraduados de Chapingo).

El conteo total microbiano se realizó por el método de placa-agar (Clark, E. 1971) en el suelo testigo, suelo esterilizado en autoclave, suelo

esterilizado en estufa, y en los turrículos obtenidos en cada lote experimental, empleando un contador de colonias bacterianas American Optical, Darkfield Quebec.

RESULTADOS:**1. MICROFLORA DEL SUELO:**

El método empleado para el conteo total microbiano arrojó resultados importantes.

Se encontró disminuida la microflora en los dos métodos de esterilización, sin embargo solo uno de estos dejó ver el desarrollo del organismo, al ser cultivados en este suelo estéril, y fue el de autoclave. Al observar que el suelo esterilizado por estufa presenta 317 187 microorganismos por gramo de suelo seco ($\mu\text{org/g.s.s.}$), mientras que en el suelo estéril por autoclave es de 1 665 000 $\mu\text{org/g.s.s.}$ siendo estos valores representativos con el 11.39% y el 59.8% respectivamente en relación a la tierra no tratada que presentó 2 783 437 $\mu\text{org/g.s.s.}$

Los turriculos que depositaron los organismos en los cultivos también sufren modificación en las poblaciones de los microorganismos encontrando, que para los cultivos testigo sus valores son de 5 062 187 $\mu\text{org/g.s.s.}$ lo que representa un aumento del 110% con respecto al suelo no consumido, mientras que las deyecciones de los organismos encontrados en suelo

estéril por autoclave muestran incrementos hasta del 266.4% con respecto al número de microorganismos encontrados en el suelo estéril. (Figura 2).

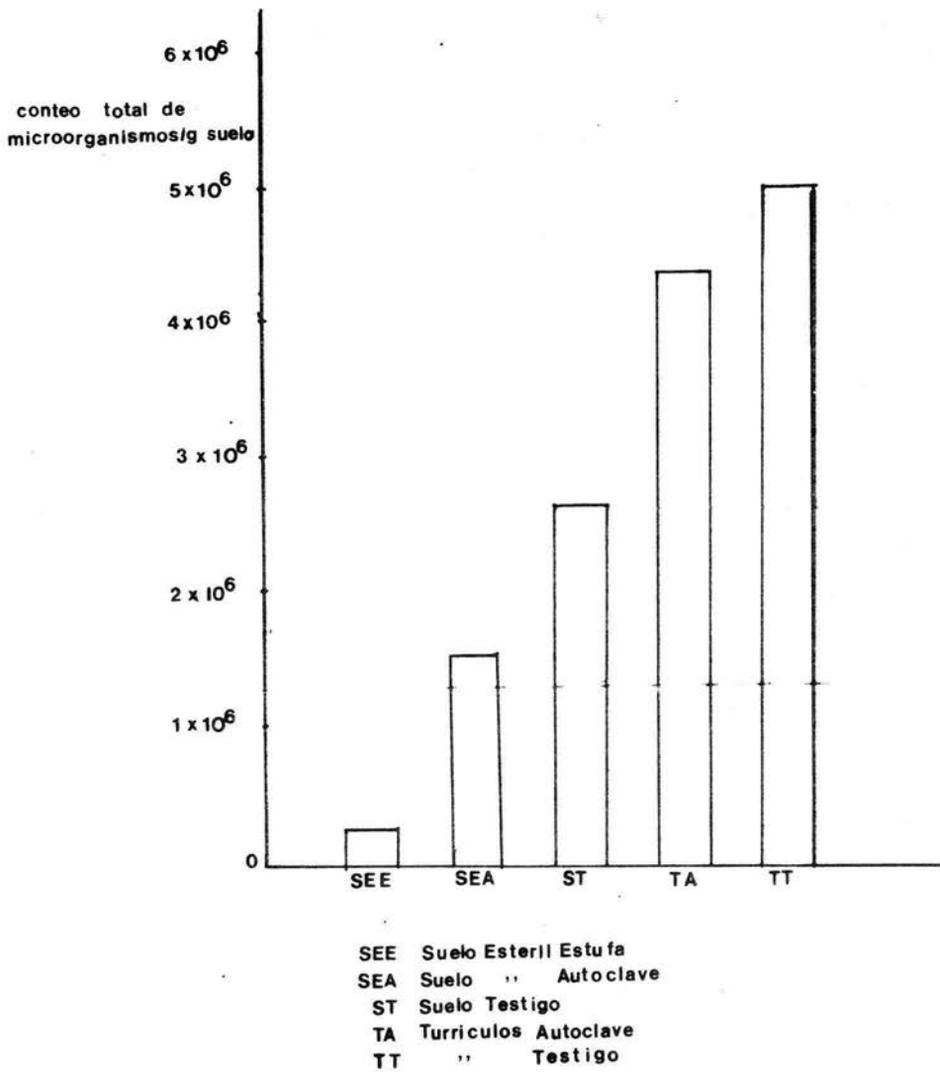


fig. 2 Conteo total microorganismos por g. de suelo encontrado en suelo y turriculos para los diferentes cultivos.

2. CONSUMO DE SUELO.

El consumo de suelo por la lombriz de tierra Pontoscolex corethrurus en la primera fase del cultivo presentó una serie de cambios que posteriormente se normalizan. Se observó una tendencia a incrementar el consumo durante el primer mes, llegando a un promedio de 3.0 g. de suelo los organismos del cultivo testigo y 3.8 g. de suelo/gramo de peso fresco (g.p.f.) del organismo para los cultivos en autoclave; sin embargo posteriormente, los organismos del cultivo en suelo esterilizado por autoclave continúan aumentando este consumo con pequeñas variaciones llegando a ingerir hasta el final del cultivo 4.3 g.s.s/g.p.f. de lombriz (Fig. 3 Tabla I).

Los organismos testigo por su parte tiende a estabilizar el consumo del suelo con valores cercanos a los 3 gramos.

El consumo del suelo de los organismos cultivados en suelo esterilizado por estufa es del orden de 1.5 a 4.5 gramos de suelo seco/g.p.f. por lombriz, registrándose el consumo mayor al término del cultivo,

siendo éste hasta de 4.5 g.s.s./g.p.f.de lombriz en el momento en que murieron los organismos de este cultivo.

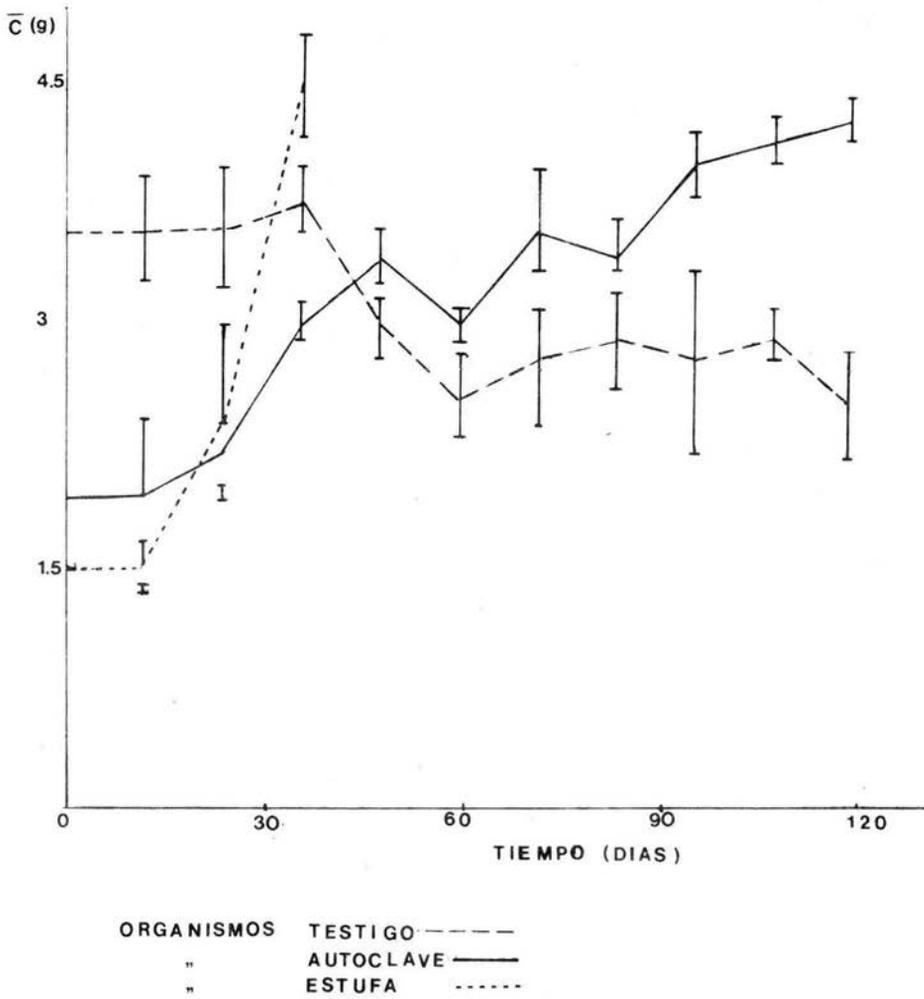


Fig. 3 Consumo de suelo promedio en función del tiempo.

FECHA	TESTIGO		AUTOCLAVE		ESTUFA	
	X	S	X	S	X	S
17-Nov-85	3.4	0	2.7	0	1.5	0
29-Nov-85	3.4	0.28	2.7	1.03	1.5	0.3
10-Dic-85	3.8	0.42	2.1	0.14	2.4	0.6
22-Dic-85	3.15	0.79	2.62	0.98	4.5	0.42
3-Ene-86	4.12	0.98	3.8	0.94		
15-Ene-86	2.58	0.60	3.12	0.82		
27-Ene-86	2.68	0.51	3.72	0.56		
9-Feb-86	3.3	0.55	3.1	0.40		
21-Feb-86	3.25	0.40	4.05	0.67		
4-Mar-86	2.75	0.21	3.8	0.14		
16-Mar-86	3.05	0.70	4.35	0.17		

TABLA (1). VARIACION PROMEDIO DEL CONSUMO DE SUELO A LO LARGO DEL CULTIVO EXPRESADO EN GRAMOS DE SUELO POR GRAMO DE PESO FRESCO DEL ORGANISMO POR DIA.

3. PESO PROMEDIO

El peso promedio de la lombriz mostro en el inicio del cultivo una tendencia a incrementarse en aproximadamente el 25% para los organismos presentes en el lote testigo, misma tendencia que prevaleció el primer mes de cultivo, decreció el peso de los organismos hasta valores similares al de los pesos iniciales durante los tres meses restantes. Los organismos de los cultivos en suelo estéril por autoclave durante los dos primeros meses, mantuvieron en forma más o menos constante su peso, sin embargo en el tiempo restante del cultivo se observó que estos fueron incrementando paulatinamente su peso llegando a ser este incremento en la fase final del cultivo, cercano al 50% (Fig. 4).

En cuanto a los organismos del cultivo por estufa se observa una marcada pérdida de peso durante los primeros 15 días hasta llegar a la muerte de los organismos, la tabla de peso promedio muestra las variaciones para los diferentes lotes, (Tabla II).

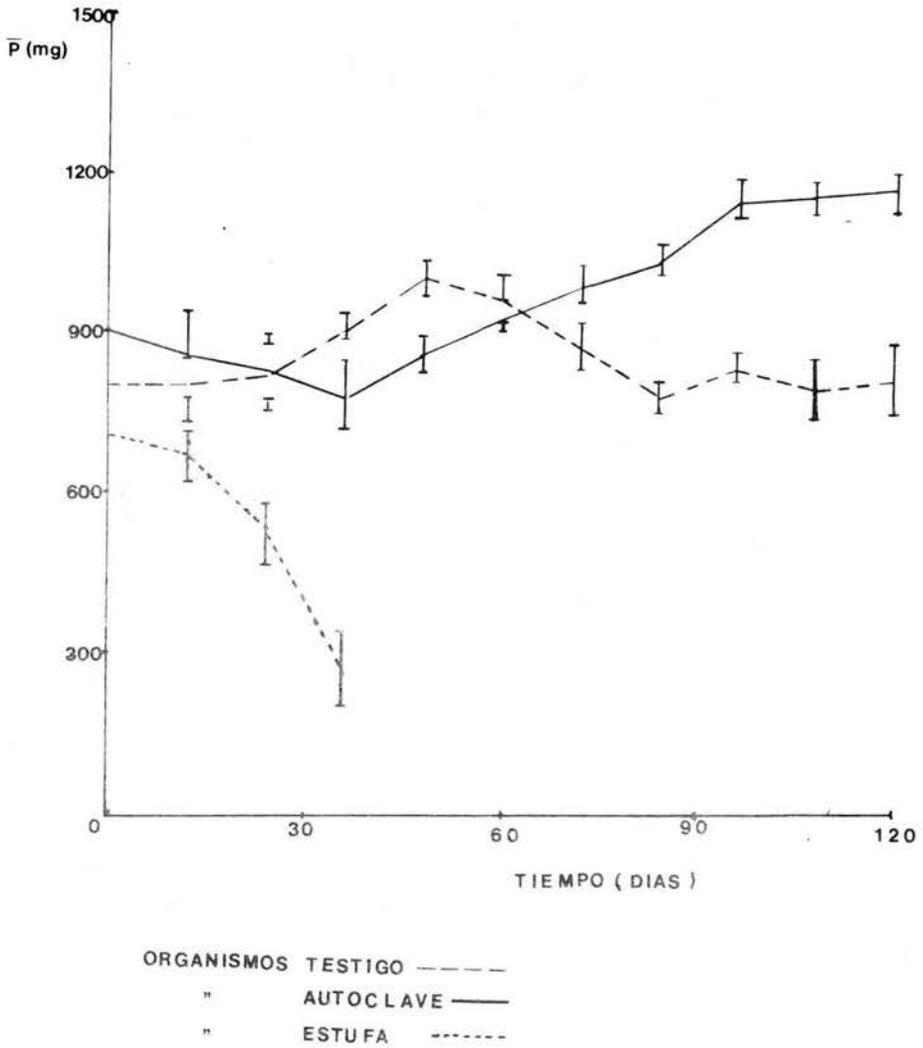


fig. 4 Variación del peso promedio de la lombriz en función del tiempo.

FECHA	TESTIGO		AUTOCLAVE		ESTUFA	
	X	S	X	S	X	S
17-Nov-85	800	0	900	0	700	0
29-Nov-85	800	51	861	80	674	54
10-Dic-85	840	51	836	61	520	62
22-Dic-85	927	24	755	74	270	80
3-Ene-86	1018	31	866	38		
15-Ene-86	967	37	936	25		
27-Ene-86	835	52	993	47		
9-Feb-86	757	32	1046	32		
21-Feb-86	790	33	1150	39		
4-Mar-86	807	58	1151	41		
16-Mar-86	829	65	1152	43		

TABLA (II). VARIACION DEL PESO PROMEDIO DE LOS ORGANISMOS A LO LARGO DEL TIEMPO DEL CULTIVO EXPRESADO EN mg DE PESO FRESCO.

4. INCREMENTO DE PESO POR CIENTO POR DIA

El incremento por ciento por día ($\Delta P\%/D$) presenta variaciones porcentuales por medio del peso de los organismos a lo largo del cultivo, y nos pueden dar una idea más clara del estado fisiológico del organismo, de esta forma se puede observar un periodo de adaptación de los individuos a las nuevas condiciones ambientales a las que fueron sometidos. (Fig 5 y Tabla III).

Analizando en forma particular cada uno de los lotes se tiene que el testigo en el primer mes presenta un marcado incremento en su peso hasta valores cercanos al 50%, sin embargo a partir de esta fecha las variaciones fueron negativas manifestando una tendencia al equilibrio para obtener al final del cultivo un incremento real de peso del 8%.

Los organismos cultivados en suelo esterilizado por autoclave sufren fuertes variaciones porcentuales negativas de peso durante los primeros diez días de cultivo, llegando a reducir su peso hasta en un 37% aproximadamente. Sin embargo en el tiempo subsecuente

los organismos van teniendo variaciones porcentuales promedio positivas siendo estas más o menos uniformes obteniendo al final un incremento del 20% (Fig. 5).

Finalmente en cuanto al cultivo de organismos, en suelo procesado en estufa, únicamente sufrieron variaciones negativas teniendo como resultado la muerte de los organismos (Fig. 3).

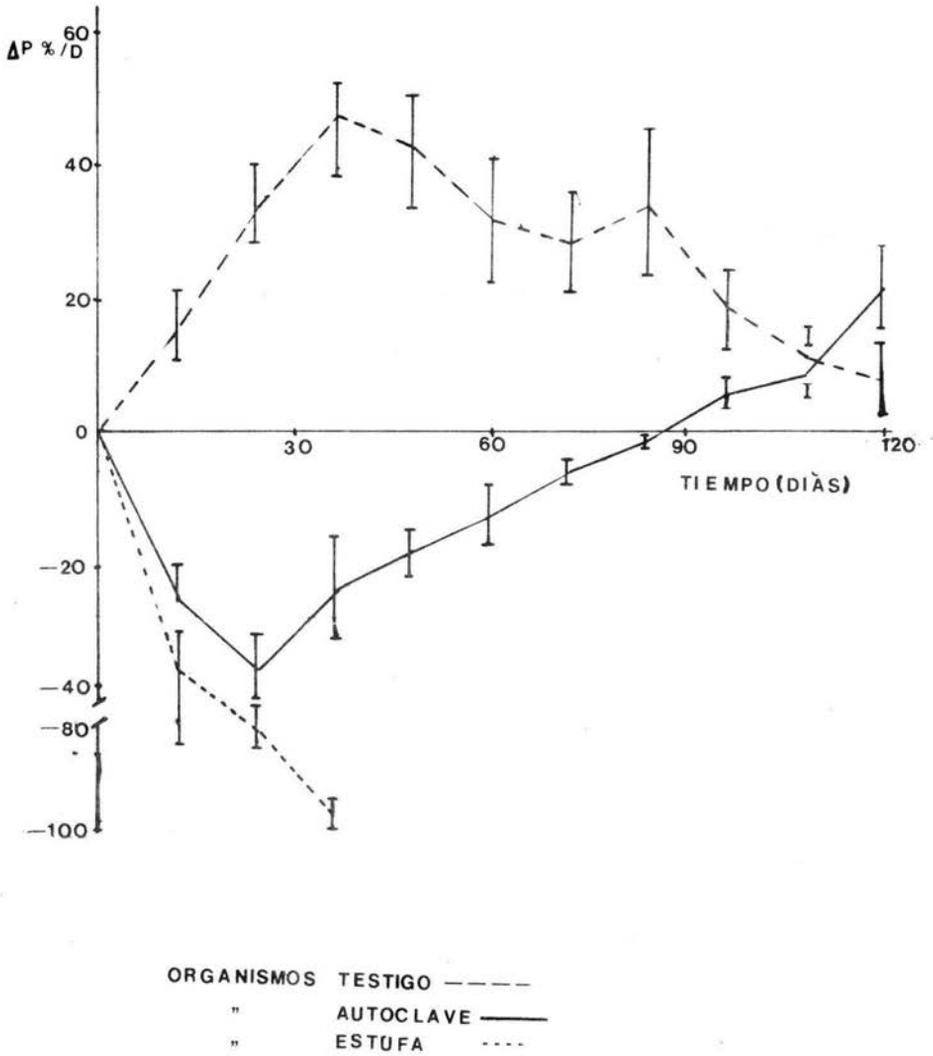


fig. 5 Variación porcentual promedio del peso de los organismos a lo largo del tiempo.

FECHA	TESTIGO		AUTOCLAVE		ESTUFA	
	X	S	X	S	X	S
17-Nov-85	0	0	0	0	0	0
29-Nov-85	16.5	5	-25	5	-36	10
10-Dic-85	34	6	-37	5.5	-75	5
22-Dic-85	47	10	-23	7.5	-98	1
3-Ene-86	42	8	-18	4		
15-Ene-86	31	9.5	-14	5		
27-Ene-86	28	6	-3	2		
9-Feb-86	33	12	-0.09	0.5		
21-Feb-86	18	7	5	2		
4-Mar-86	11	5	8	3		
16-Mar-86	8	6.5	21	5		

TABLA (III). VARIACION PORCENTUAL PROMEDIO DEL PESO DE LOS ORGANISMOS A LO LARGO DEL TIEMPO DEL CULTIVO.

5. PRODUCCION DE CAPULLOS Y REPRODUCCION

Resulta de interés hacer un seguimiento de la producción de capullos, ya que en cierta forma esta producción puede ser el reflejo de la conversión de la materia orgánica ingerida en biomasa, así tenemos que, no existen diferencias marcadas en cuanto a la producción de capullos entre los dos lotes de cultivo en los cuales se registró producción, aunque se observa una ligera tendencia a incrementar la producción en los organismos de cultivo en tierra estéril, esta diferencia se hizo notar al final del cultivo. (Fig. 6 y Tabla IV).

Al igual que en el resto de los parámetros, se observó al principio un periodo de adaptación. Para los organismos del cultivo en suelo estéril la producción fue de cero durante la primera semana, mientras que los organismos del testigo produjeron 0.16 número de capullos/g.p.f.org./día. durante el mismo tiempo. Sin embargo el cultivo testigo descende la producción de capullos a valores que fluctúan entre 0.016 y 0.16 número de capullos/g.p.f.org./día. En los organismos cultivados en suelo estéril por autoclave siempre marcó una tendencia ascendente llegando a producir

hasta 0.199 número de capullos/g.p.f.org./día. En el cultivo por estufa no se observó producción de capullos.

La fecundidad se determinó, considerando el número de capullos producidos por el número de adultos presentes y el tiempo de reproducción. Aplicando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{K}{\text{\# adultos}} \left(\frac{\text{\# días}}{365 \text{ días}} \right)$$

Donde:

F = Fecundidad

K = Número de capullos

Se observa que los cultivos de suelo procesado en estufa no presentan producción de capullos. En los cultivos en suelo procesado por autoclave, la fecundidad de los organismos es de 43.50 capullos/adulto/año. Casi el doble de la cifra de los organismos testigo quienes presentaron una fecundidad de 24.68 capullos/adulto/año, lo que sugiere que los organismos del cultivo por autoclave presentan una

mejor eficiencia para el aprovechamiento del suelo consumido, esto quizá es contribución de la actividad microbiana en el suelo con bajos contenidos de materia orgánica hidrosoluble.

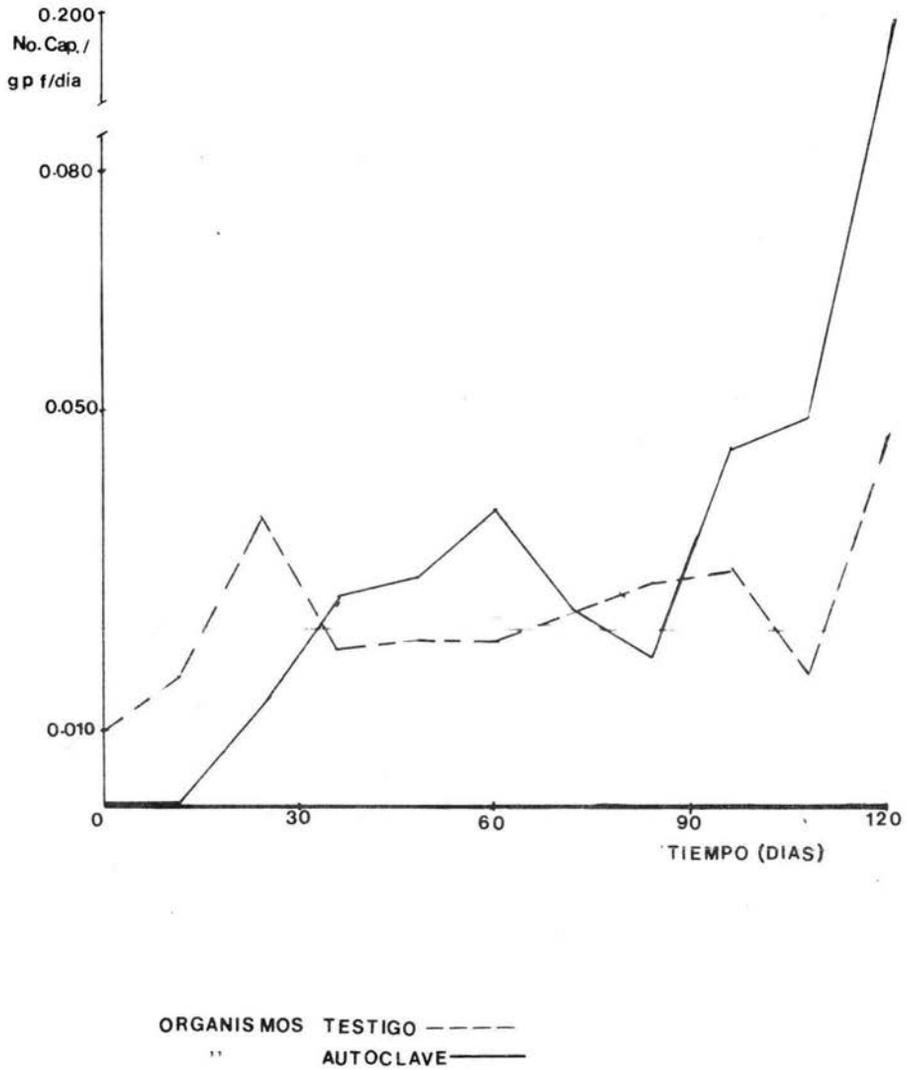


fig. 6 Número de capullos producidos expresado en gramo de peso fresco del organismo por día.

DIAS DE CULTIVO	TESTIGO			AUTOCLAVE		
	D	K	# cap. / gpf. org / D	K	# cap. / gpf. org / D	
17-Nov-85	0	0	0	0	0	
29-Nov-85	12	4	0.16	0	0	
10-Dic-85	24	14	0.036	12	0.12	
22-Dic-85	36	9	0.020	23	0.026	
3-Ene-86	48	9	0.021	27	0.029	
15-Ene-86	60	8	0.021	37	0.037	
27-Ene-86	72	7	0.024	29	0.024	
9-Feb-86	84	8	0.028	25	0.019	
21-Feb-86	96	7	0.030	47	0.045	
4-Mar-86	108	4	0.016	49	0.049	
16-Mar-86	120	3	0.046	23	0.199	
TOTAL	120	73	0.402	272	0.548	
-						
X			0.0402 ± 0.004		0.055 ± 0.06	

TABLA (IV). NUMERO DE CAPULLOS PRODUCIDOS POR GRAMO DE PESO FRESCO DEL ORGANISMO POR DIA.

6. ANALISIS BIOQUIMICOS.

a. CARBOHIDRATOS.

Durante el primer mes de cultivo se presentó un marcado incremento el contenido de carbohidratos en las deyecciones del suelo procesado en la autoclave con valores que van de 160 μg hasta 317 $\mu\text{g/g.s.s.}$ así como en los testigo que presentaron valores similares que van de 167 μg hasta 210 $\mu\text{g/g.s.s.}$ respectivamente, estos se comportan de manera similar y se mantienen estables desde el primer mes de cultivo hasta el final del mismo. (Fig. 7)

El contenido en las deyecciones provenientes del cultivo en suelo estéril en autoclave es de 288 $\mu\text{g/g.s.s.}$ siendo este valor aproximadamente 80% mayor que el contenido encontrado en las deyecciones del lote testigo. Sin embargo en ambos casos estos valores son mayores, que el contenido de carbohidratos de la tierra no consumida que presenta valores de 156.7 μg en promedio, representando un incremento próximo al 100% con respecto a los turrículos del lote estéril, mientras que el incremento de las deyecciones del lote testigo es apenas cercano al 30%. (Tabla V).

b. COMPUESTOS PEPTIDICOS.

Los compuestos peptidicos de igual forma que los carbohidratos sufren un aumento con respecto al contenido encontrado en el suelo no consumido. El valor promedio a lo largo de todo el cultivo en el suelo no consumido es de 23.3 $\mu\text{g/g.s.s.}$ mientras que al transcurrir el tiempo de cultivo, los compuestos peptidicos en las deyecciones del lote procesado en autoclave fue incrementándose desde 23 μg hasta 43 $\mu\text{g/g.s.s.}$ al término del cultivo representando un incremento del 98%. Por otra parte los contenidos de estos compuestos en las deyecciones del lote testigo al igual que en las deyecciones en el lote estéril se observa un incremento aunque menor con valores que van de 25 μg a 34 $\mu\text{g/g.s.s.}$, siendo 50% menor que el valor presentado por el cultivo estéril. (Figura 8. Tabla V).

c. ACIDOS URONICOS.

Los ácidos urónicos manifiestan un comportamiento contrario al presentado por carbohidratos y compuestos peptídicos para el caso de las deyecciones del cultivo en suelo estéril, ya que el contenido de ácidos urónicos de las deyecciones varió de 40 μg hasta 26 $\mu\text{g/g.s.s.}$ al término del cultivo, por otro lado el contenido en los turrículos del cultivo testigo se incrementaron al inicio de 16 $\mu\text{g/g.}$ hasta 26 $\mu\text{g/g.s.s.}$ al término de este. (Tabla V).

Como puede observarse en el primer caso hubo un decremento, y en el segundo hubo un incremento, en ambos casos el contenido de ácidos urónicos al final del cultivo y durante todo el tiempo fue mayor que el reportado para la tierra no consumida, representando al final en ambos casos un incremento del 60% aproximadamente. (Figura 9).

DIAS DE CULTIVO	PROTEINAS			CARBOHIDRATOS			AC. URONICOS		
	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)	(x) (µg/g)
	TNC	TUA	TUC	TNC	TUA	TUC	TNC	TUA	TUC
17-Nov-85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29-Nov-85	24	23	25	165	160	167	20	40	16
10-Dic-85	23	24	26	169	243	181	18	37	23
22-Dic-85	23	30	32	146	297	223	20	35	26
3-Ene-86	20	36	34	165	295	221	17	31	27
15-Ene-86	24	39	36	147	303	237	15	30	26
27-Ene-86	25	41	35	147	301	237	17	28	24
9-Feb-86	24	41	42	149	304	230	17	27	25
21-Feb-86	23	46	33	150	303	245	17	26	28
4-Mar-86	24	44	34	162	306	217	16	27	28
16-Mar-86	23	43	34	165	317	210	18	26	26
PROMEDIO	23.3	36.7	32.1	156.5	282.9	216.8	17.5	30.7	24.9
S	±1.33	±1.28	±1.2	±9.38	±3.5	±2.13	±1.58	±1.04	±1.02

TUC = TURRICULOS CONTROL
TUA = TURRICULOS AUTOCLAVE
TNC = TIERRA NO CONSUMIDA

TABLA (V). VARIACION EN EL CONTENIDO DE LAS DIFERENTES FRACCIONES HIDROSOLUBLES DEL SUELO INGERIDO Y CONTROL DE LOS DIFERENTES CULTIVOS.

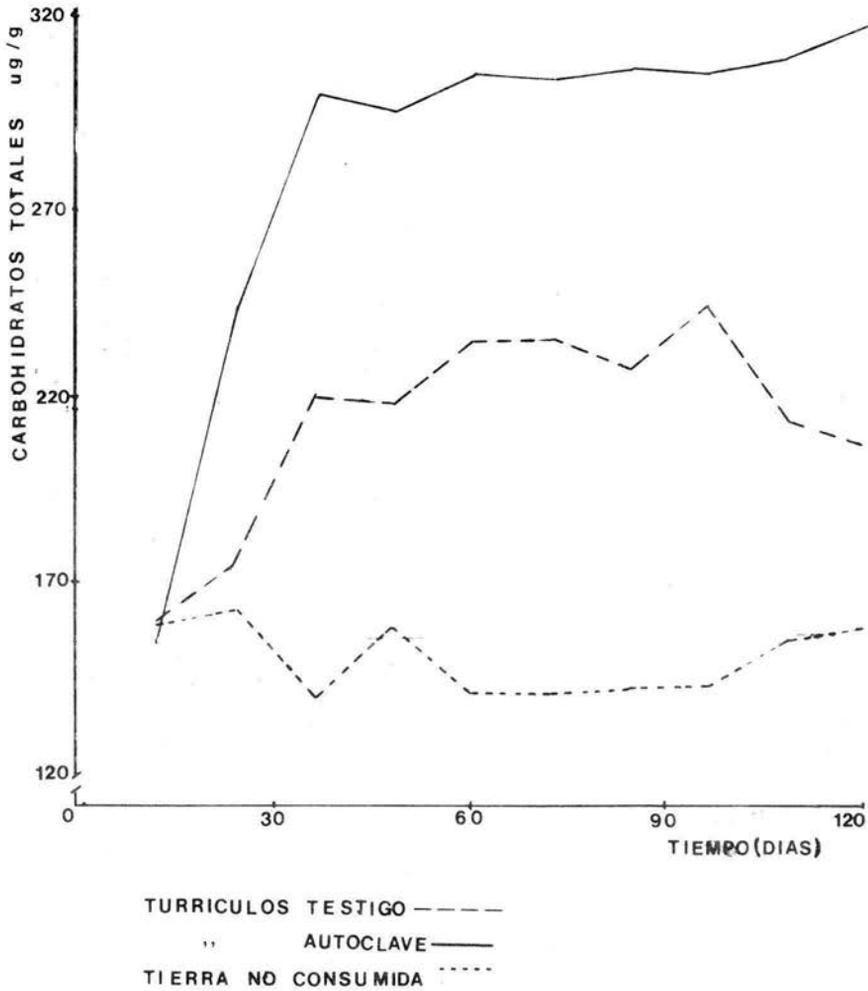


fig. 7 Carbohidratos totales encontrados a travez del tiempo en suelo no consumido y turrículos.

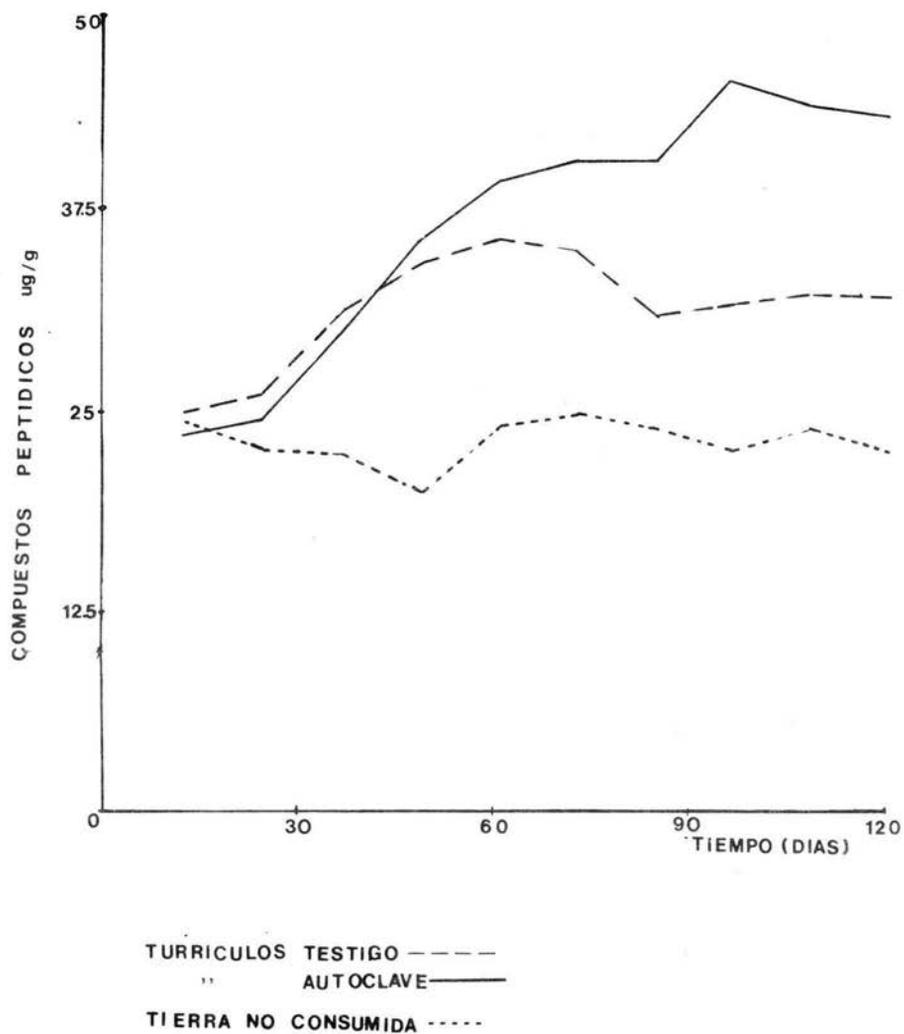
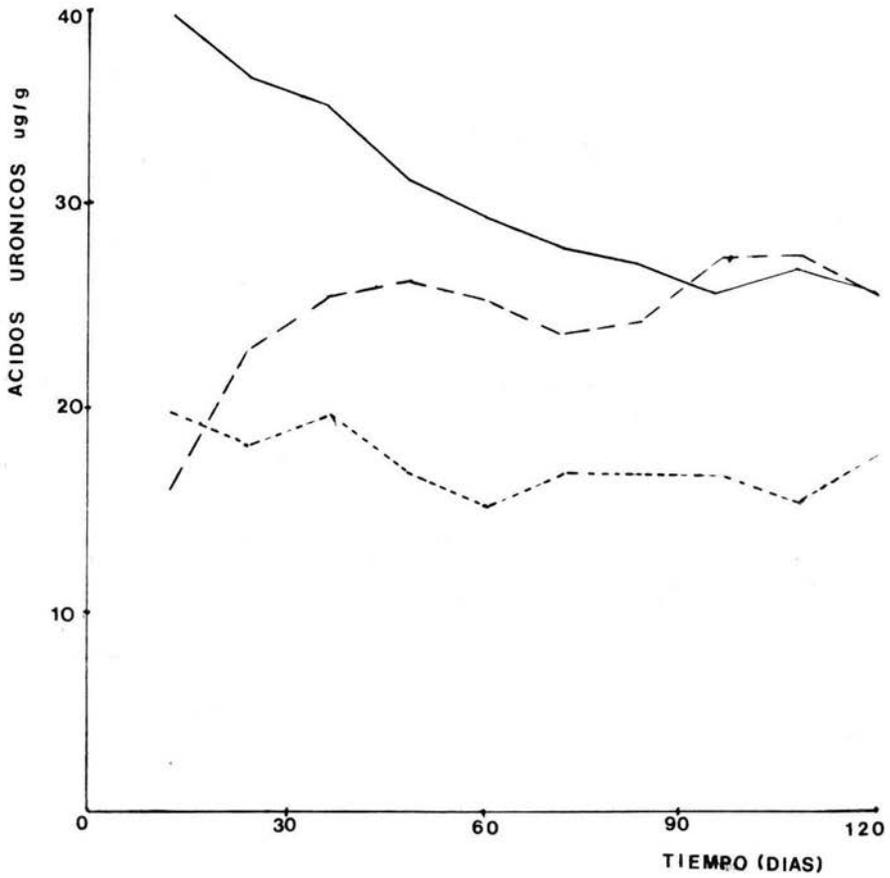


fig. 8 Compuestos peptídicos encontrados a través del tiempo en suelo y turrículos.



TURRICULOS TESTIGO - - - - -
 " AUTOCLAVE ————
 TIERRA NO CONSUMIDA ······

fig. 9 Acidos Urónicos encontrados a través del tiempo en suelo no consumido y turrículos.

VII. ANALISIS FISICOQUIMICOS DEL SUELO.

En la tabla VI y VII se resumen los valores obtenidos para los diferentes parámetros químicos y físicos registrados. En general el cambio más significativo que se presenta es en cuanto a la capacidad de intercambio catiónico y al calcio intercambiable se refiere, tanto en el suelo no ingerido, así como en las deyecciones del testigo, y el suelo tratado en autoclave.

a. REACCION DEL SUELO (pH):

La reacción del suelo empleado tiene valores promedio como sigue, para los cultivos es moderadamente ácida con un valor de 5.62 ± 0.01 , mientras que el pH en las deyecciones tanto del testigo como el de los organismos del cultivo estéril son ligeramente ácidos de 6.09 ± 0.20 y 6.03 ± 0.30 respectivamente, no existiendo diferencias reales de acidez entre las deyecciones de ambos cultivos. En cuanto al cultivo en suelo procesado por estufa no se registró este parámetro por no contar con material suficiente para tal efecto.

b. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO:

Como se mencionó anteriormente uno de los parámetros que sufre cambios significativos es la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) al observarse que los valores son mayores en las deyecciones tanto del testigo como del cultivo del suelo esterilizado en relación al suelo no ingerido, teniendo los primeros incrementos en la CIC que fluctúa entre 22 y 27% con respecto al testigo, evidenciando un efecto sobre el suelo al pasar por el tracto digestivo de P. corethrurus (tabla VI).

c. CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLES

El calcio presenta variaciones similares a las obtenidas para la CIC, siendo las deyecciones del testigo como el cultivo en autoclave mayores que en las del suelo no ingerido, aunque no existen diferencias significativas entre las deyecciones de los cultivos referidos.

El magnesio presenta una relación inversa al calcio encontrando que mientras el calcio aumenta en las deyecciones el magnesio disminuye.

PARAMETROS	SUELO NO INGERIDO	DEYECCIONES TESTIGO	DEYECCIONES AUTOCLAVE
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO meq/100 g	18.18 ± 0.5	23.99 ± 0.82	22.38 ± 0.0.67
CALCIO Y MAGNESIO meq/100 g	Ca 8.25 Mg 7.4	Ca 10.1 Mg 5.42	Ca 9.46 Mg 5.94
NITROGENO (%)	0.360 ± 0.022	0.322 ± 0.023	0.324 ± 0.023
MATERIA ORGANICA (%)	7.58 ± 0.21	7.26 ± 0.15	7.01 ± 0.18
pH	5.62 ± 0.01	6.09 ± 0.20	6.03 ± 0.03

TABLA (VI). VARIACION DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO, RELACIONADO CON EL PROCESO DIGESTIVO DE Pontoscolex corethrurus.

Determinación	Resultados
Textura	Arena 36 % Limo 46 % Franco Arcilla 18 %
Densidad Real (g/ml)	2.52
Densidad Aparente (g/ml)	1.08
Porosidad (%) (Duchautour, 1978)	57.14
Color del suelo	Café oscuro
Capacidad de campo (%)	34.50
Punto de marchitez permanente (%)	18.35
pH	5.62

Tabla VII. Valores de los diferentes parámetros físicos del suelo empleado en el cultivo de los organismos.

VII. DISCUSION:

Se trató de crear un medio exento de actividad microbiana en un suelo tropical, en condiciones de laboratorio empleando dos métodos de esterilización; uno por estufa y otro por autoclave. El primer método empleado alteró las condiciones fisicoquímicas del suelo y no dejó vivir a las lombrices de tierra por más de 15 días, mientras que el método por autoclave permitió seguir el desarrollo de los organismos, bajo las condiciones experimentales, además disminuyó en 40% la población microbiana del suelo. Dada la gran variedad taxonómica y principalmente fisiológica de población microbiana, no es la metodología adecuada para medir con exactitud sus poblaciones, más se pudo tener una estimación (Clark, 1971). Esta disminución fue suficiente para observar cambios importantes en el consumo de suelo, incremento de peso y fecundidad del organismo, así como los cambios en la composición bioquímica de la fracción hidrosoluble del suelo ingerido.

El suelo al transitar por el tubo digestivo de Pontoscolex corethrurus sufre modificaciones fisicoquímicas suficientes para aumentar la actividad de la microflora así como su tasa de reproducción. Los excrementos de lombrices de tierra poseen grandes cantidades de materia orgánica en forma parcialmente digerida y fácilmente asimilable por los organismos (Satchell, 1971). El incremento microbiano en las deyecciones tanto del testigo como del cultivo estéril por autoclave muestran el efecto que tienen los Oligoquetos sobre el suelo que estos ingieren, al duplicar la población microbiana en aproximadamente 8 horas, si consideramos que estos organismos consumen entre 3 y 4 veces su propio peso en 24 horas.

Los resultados aquí obtenidos concuerdan con los reportados por Torquemada y Asakawa (1981) quienes observaron que las lombrices de tierra aumentan el número de microorganismos edáficos de dos a cinco veces por medio de sus excreciones, así mismo este incremento en la población microbiana es congruente con los resultados obtenidos por Barois (1982) donde muestra por medio de medidas respirométricas incrementos en la producción de CO₂ en las deyecciones así como en las muestras obtenidas de la región anterior y posterior del tubo digestivo de P. corethrurus.

El incremento en la cantidad de microorganismos encontrados en las deyecciones con relación al suelo no consumido reportado en este trabajo, así como lo reportado por Torquemada y Asakawa (1981) y el incremento en la producción de CO₂ en el suelo que ha estado en el tubo digestivo de P. corethrurus (Barois, 1982), se puede atribuir a las secreciones producidas en el tracto digestivo de P. corethrurus dado su alto contenido energético.

El contenido energético de las secreciones puede ser atribuible a la composición glicoconjugada previamente reportada por Rangel, (1985) para la misma especie. Estas secreciones al ser incorporadas en las vías metabólicas microbianas activan los procesos enzimáticos que desembocan en la mineralización de parte de la materia orgánica del suelo así como la liberación de moléculas hidrosolubles a partir de la materia orgánica compleja, hecho que se demuestra al observar los incrementos de las diferentes fracciones analizadas en este trabajo (Tabla V).

Como resultado del aumento de la actividad microbiana producida por las secreciones intestinales de P. corethrurus se observan incrementos en la capacidad de intercambio catiónico, calcio y magnesio en las deyecciones, así como la tendencia a la

neutralidad del pH para el suelo consumido con relación a los contenidos del suelo no consumido (Tabla VI) siendo estos resultados congruentes con los reportados por (Barois, 1982; Rangel 1985).

Al comparar los diferentes parámetros bioquímicos analizados en las deyecciones correspondientes al testigo y las deyecciones de los organismos incluidos en el suelo esterilizado, se puede observar dos hechos sobresalientes ligados entre sí.

El primero es de que en las deyecciones del lote de suelo estéril el incremento en el número de microorganismos con respecto al suelo no consumido fue de 166.4% contra el 110% en las deyecciones del testigo, lo que representa un 56.4% más microorganismos en las deyecciones de los organismos que consumieron suelo donde se disminuyó la actividad de la microflora.

El segundo hecho es el incremento en el contenido de carbohidratos que se observa en las deyecciones obtenidas del lote estéril en relación al contenido de esta fracción en las deyecciones del control (Tabla V).

Las diferencias encontradas entre las deyecciones del control y las deyecciones del cultivo estéril tanto en el número de microorganismos como el contenido de

carbohidratos nos hace pensar que debido a que la lombriz de tierra P. corethrurus parece no tener un equipo enzimático fuerte capaz de degradar la materia orgánica compleja (hecho a comprobar) obliga al organismo a alimentarse de sustancias simples encontradas en el suelo y que al no encontrar los nutrientes necesarios estos organismos secretan una mayor cantidad de moco intestinal mismo que estimula la actividad catalítica de los microorganismos liberando de esta forma compuestos simples a partir de la materia orgánica compleja y como reflejo de esta actividad catalítica se tiene la alta tasa reproductiva de los microorganismos.

La disminución de la actividad microbiana estimula la ingestión de suelo (Figura 3) hecho que resulta lógico, ya que al no disponer de los requerimientos energéticos mínimos, se ve estimulado el consumo de suelo para compensar dicha deficiencia energética, los organismos del cultivo por estufa aunque consumen mas suelo estos bajan de peso debido quizá a que los nutrientes fueron quemados y pierden propiedades esenciales para el desarrollo del organismo, las cuales provocan poca asimilación para el individuo hasta producirles la muerte sin embargo, si se observa las gráficas 4 y 5 se tiene que a partir del máximo decremento de peso, los organismos

correspondientes al cultivo estéril por autoclave fueron más eficientes en cuanto a la producción de biomasa con relación al testigo lo que implica que el gasto energético llevado a cabo para producir secreciones altamente energéticas con el fin de estimular la actividad de la microflora se ve recompensado con la liberación de la materia orgánica fácilmente asimilable por el organismo como producto de la actividad microbiana. Semejante fenómeno se observó para la especie M. anomala al tener un suelo pobre en hidrosolubles se notó el aumento de la activación de una microflora capaz de producir materia simple a partir de sustancias húmicas complejas.

La eficiencia en la producción de biomasa por parte de los organismos del cultivo en suelo procesado en autoclave con respecto al testigo se observó también en la producción de capullos/g.p.f.org./día teniendo que los primeros producen mayor número de capullos, lo que nuevamente nos muestra la gran eficiencia en la relación lombriz de tierra-microflora maxime si se observa conjuntamente los incrementos de peso por ciento por día y el número de capullos producidos por el organismo (Gráfica 5 y 6). Además de tener una mayor fecundidad de casi el doble que el testigo 43.50 capullos/adulto/año contra 24.68 capullos/adulto/año.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo, así como los presentados por Barois (1982), Lavelle (1981a, 1986) y Torquemada y Asakawa (1981), se observa una vez más la relación interdependiente entre la microflora del suelo y la especie geófaga, lo que nos acerca a pensar en una relación mutualista.

Las interacciones mutualistas son mecanismos de acción bien conocidos dentro del sistema suelo, tal es el caso de la interacción microorganismo-planta en la zona de la rizósfera; ahora bien se puede sugerir una similitud en el mecanismo lombriz-microflora similar al mecanismo presente en la rizósfera, ya que a nivel de esta última las raíces producen exudados mucilaginosos que son utilizados por las bacterias aumentando así la población bacteriana a medida que la raíz crece y produce sus exudados, formando agregados de colonias bacterianas las cuales hacen un medio propicio para el crecimiento de la raíz según lo refieren Rovira and Mc Dougall (1969), quienes dicen que, donde las raíces de las plantas crecen a través del suelo, existe un marcado incremento en número de bacterias y hongos en el suelo cerca de las raíces.

La población microbiana del suelo es alterada cuantitativamente y cualitativamente por la presencia de raíces de plantas, esta zona no es una zona invasiva

de asociaciones, sino una asociación mutualista entre raíces y microorganismos in situ, situación que se puede sugerir para el caso de la interacción lombriz-microflora.

De la misma forma como sucede en la interacción lombriz-microflora donde se observan contenidos elevados de carbohidratos, compuestos peptídicos y variaciones de ácidos urónicos, semejante fenómeno se ve en la población microbiana de la rizósfera, observándose en esta, también en sus exudados aumentos de azúcares, aminoácidos, vitaminas, ácidos orgánicos, y nucleótidos, los cuales demuestran soportar poblaciones elevadas de microorganismos. (Paul, 1975).

En un hecho más de convergencia que apoya los resultados aquí obtenidos, es el que al igual que en el caso que nos ocupa, al esterilizar raíces Paul, (1975) hace mediciones bacterianas directas de los exudados, encontrando que las bacterias producidas eran resultado de la actividad de la raíz y no del propio suelo, al comprobar componentes diferentes del medio, con relación a los exudados de la raíz.

Como resultado de la relación lombriz-microflora, donde esta última, por las secreciones del tubo digestivo de Pontoscolex corethrurus es activada al

incorporar estas secreciones a sus vías metabólicas, incrementando así su actividad catalítica, que actúan sobre los compuestos organometálicos de las partículas del suelo movilizándolo la fracción mineral correspondiente, de ahí que se incremente la capacidad de intercambio catiónico y el calcio, además de neutralizar el pH (Tabla VI) así como otros componentes como el amonio (Barois, 1982) el nitrógeno y fósforo (Rangel, 1985).

La capacidad de colonización de habitats perturbados puede atribuirse al hecho de encontrar carencias en los requerimientos nutritivos, alterada en sus condiciones microclimáticas y fisicoquímicas del suelo, que traen como resultado la inmovilización de la materia orgánica aunado a la reducción en la actividad de la microflora. Este organismo bajo estas condiciones incrementa la ingestión del suelo (Gráfica 3, Tabla 1) y revitaliza las colonias de microorganismos edáficos (Figura 2), aumentando su capacidad catalítica favoreciendo la liberación de la materia orgánica simple (Figuras 7, 8 y 9) y la mineralización (Barois, 1982; Rangel, 1985a y b).

Pontoscolex corethrurus al producir el moco intestinal, que trae como consecuencia el incremento en el contenido de carbohidratos favorece una serie de

procesos mejoradores de las condiciones del suelo, ya que Stevenson (1982) refiere que los carbohidratos son capaces de promover la formación de agregados estables al ligar partículas del suelo inorgánico, así como promueven la formación de complejos de iones metálicos que sirven como precursores en la síntesis del humus. Por otra parte la mineralización de aminoazúcares y compuestos fosforilados llevan a la formación del nitrógeno y fósforo indispensables en el crecimiento de las plantas. Además que algunos azúcares ayudan en la elongación de las raíces.]

[De todo lo anterior se puede pensar que esta especie es susceptible de ser utilizada como un elemento auxiliar en programas de recuperación de suelos del trópico húmedo, a reserva de complementar los estudios con los que actualmente se cuenta.]

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran los efectos que tuvo la disminución en la actividad microbiana del suelo sobre el consumo de tierra, incremento de peso y fecundidad de la lombriz geófaga Pontoscolex corethrurus.

La esterilización por autoclave fue suficiente para detectar cambios fisiológicos en la lombriz estudiada.

Los organismos que se desarrollaron dentro del suelo esterilizado por autoclave tuvieron mayor influencia sobre la actividad de la microflora en relación al cultivo testigo, al incrementar el número de microflora en 166.4% los primeros, contra el 110% del cultivo testigo.

La disminución en la actividad microbiana estimula la remoción del suelo por parte de la lombriz favoreciendo la producción de biomasa y la producción de capullos.

[El suelo al transitar por el tracto digestivo de Pontoscolex corethrurus sufre modificaciones considerables a nivel químico y bioquímico.]

. [El contenido de carbohidratos es la fracción más favorecida en el suelo que transita por el tubo digestivo de Pontoscolex corethrurus en condiciones normales, así como en el suelo donde la actividad microbiana ha sido disminuida.]

La disminución en la microflora del suelo trae como consecuencia un incremento en los carbohidratos de los turrículos cercano al 100%, mientras que en las deyecciones de los organismos cultivados en condiciones normales es apenas del 30%.

Los compuestos peptídicos es la segunda fracción que se ve incrementada en el suelo consumido por Pontoscolex corethrurus siendo mayor el incremento en el cultivo de suelo con una microflora disminuida en su actividad.

Los ácidos urónicos por su parte, al igual que las demás fracciones son aumentados en el suelo consumido por los organismos.

Las condiciones químicas del suelo más afectadas por el tránsito en el tracto digestivo de Pontoscolex corethrurus fueron la capacidad de intercambio catiónico y el calcio, siendo incrementados los valores detectados en las deyecciones del testigo, así como los encontrados en las deyecciones del cultivo de suelo esterilizado en autoclave en relación a suelo no ingerido.

└ Pontoscolex corethrurus se puede considerar como un agente mejorador de las condiciones del suelo en relación a los parámetros estudiados en el presente trabajo. ┘

Es necesario realizar estudios para complementar el conocimiento acerca de la especie objeto de este trabajo que a la fecha se puede decir que es de la que más se sabe.

BIBLIOGRAFIA:

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Edited by Sidney Williams. Ed. 14 Arlington USA. p. 988.
- Atlavinyté, O., Galvellis, A., Dacivlyté, J., Lugauskas, A. 1982. Effects of enterobacterin on earthworm activity. Pedobiologia. 23:372-379.
- Barnes, R. 1977. Zoologia de los invertebrados. Interamericana. Tercera edición. México. 276-292.
- Barois, I. 1982. Interrelations entre Fontoscolex corethrurus (Oligochete), microflore et matière organique d'un vertisol du Mexique (Laguna Verde, Veracruz). Reporte d'Etudes Approfondies. Université de Paris. Francia. 50 p.
- Barois, I. Lavelle, P., and Rangel, P. 1983. Utilization des ressources nutritives du sol par Fontoscolex corethrurus. Resumenes del coloque de allocation des resursces. Paris.p26

- Barois, I. and Lavelle, P. 1986. Changes in respiration rate and some physicochemical properties of a tropical soil during transit through Pontoscolex corethrurus (Glossoscolecidae, Oligochaeta). Soil Biology Biochemistry. 18: 539-541.
- Bitter, T. and H. M. Muir. 1962. Annal. Biochemistry 4:330.
- Bouché, M. B. 1977. Stratégies lombriciennes. Ecol. Bull (Stockholm), 25: 122-132.
- Bouyoucos, G. J. A. 1951. Directions for making mechanical analysis of soil by the hydrometer. Soil Sci. 42:225-230
- Burgues, A. y Raw, F. 1971. Biología del suelo. Omega. Barcelona. España. p.307-378.
- Clark, E. F. 1971. Agar-plate method for total microbial count. pp 1460-1466.
- Dominguez, R. I. y Aguilera, N. H. 1985. Metodología de análisis físicoquímicos del suelo. Facultad de Ciencias UNAM. 34 p.

- Duchautour, P. 1978. Manual de Edafología. Toray-Masson, S.A. México. pp 27-48.
- Edwards, C. A. and Lofty, J. R. 1977. Biology of earthworms. Second Edition. London England. 333 p.
- Eisen, G. E. 1900. Researches in the American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific coast and adjacent island. Proc. Calif. Acad. Sc., 2(3):85-276. pls 1-10.
- Fragoso, C. 1985. Ecología general de las lombrices terrestres (Oligochaeta Annelida) de la región Boca de Chajul, Selva Lacandona Chis. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM México. 133 pp.
- García, E. 1970. Los climas de Veracruz. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. Mex. Ser. Botánica. 1:3-42.
- Gates, G. E. 1973. Contributions to north american earthworm (Annelida). Bulletin of Tall Timbers Research Station. 14:1-12.
- Gaviño, G., Juárez, J. C., Figueroa, H. 1975. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. Ed. LIMUSA. Segunda edición. México. p 21-24.

- Gómez Pompa, A. et. al. 1972. Estudio preliminar de la vegetación y la flora de la región de Laguna Verde, Veracruz. Instituto de Biología. UNAM. 276 p.
- Gómez, Pompa, A. 1976. Antología Ecológica. Lecturas Universitarias. Ed. UNAM. Primera edición. México. 26: 216-225.
- Halffter, G. y Reyes Castillo. 1975. Análisis cuantitativo de la fauna de artrópodos de Laguna Verde. Folia Ent. Mex. 30:1-32.
- Instituto de Ecología. 1984. Proyecto: Monitoreo ecológico de una planta nucleoelectrica (Informe). México. 116 pp.
- Jackson, L. M. 1982. Análisis químico de suelos. Omega S.A. 4a edición. Barcelona. p. 94-101.
- Lavelle, P. 1975. Consommation annuelle de terre par une population naturelle de vers de terre (Milisonia anomala Omodeo, Acanthodrilidae-Oligochetes) dans la savane de Lamto (Cote d'Ivoire). Rev. Ecol. Biol. Sol. 12: 11-24.

- Lavelle, P. 1979. Relations entre types écologiques et profils démographiques chez les vers de terre de la savane de Lamto (Cote d'Ivoire). Rev. Ecol. Biol. Sol. 12: 11-24.
- (-Lavelle, P. 1981a. La función de las lombrices de tierra en los suelos. Memorias del XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. San Luis Potosí. México: 523-535.
- (-Lavelle, P. 1981b. Stratégies de reproduction chez le vers de terre. Ecologia Generalis. Acta Ecológica. 2: 117-133.
- Lavelle, P. 1981c. Proyecto: Monitoreo ecológico de una planta nucleoeléctrica. (Informe). Instituto de Ecología, Comisión Federal de Electricidad. México. 116 pp.
- Lavelle, P. 1983. The soil fauna tropical savannas. II. The earthworms. In. Eisevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands. p 485-503.

- Lavelle, P. 1986. Associations Mutualistes quec la microfiore du sol et richesse specifique sous les tropiques L'hipothese du primer maillon. Paris, t.302. Serie III (1) 11-14.
- Lavelle, P., Maury, M. y Serrano, V. 1981. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo de la región de Laguna Verde, Ver. México. Epoca de lluvias. Inst. Ecol. Publ. 6:75-105.
- Lavelle, P. y Cruz, I. 1982. Soil ingestion, growth and fecundity of the earthworm Pontoscolex corethrurus (Glossoscolecidae) in relation to soil water content. VIII Intl Colloquium of Soil Zoology. Louvain-la Neuve (Belgium). inédito.
- Lavelle, P., Rangel, P. y Kanyonyo, J. 1983a. Intestinal mucus production by two species tropical eartworms: Millsonia lamtoiana (Megascolecidae) and Pontoscolex corethrurus (Glossoscolecidae). In. Ph Lebrus et. al. (Eds): New trends in Soil Biology. Ottigen louvain-la-Neuve. p. 405-410.
- Lavelle, P., Zaidi, Z. and Schaefer, R. 1983b. Interactions between eartworms, soil organic matter and microflora in an African savanna soil. Louvain-la Nueve (belgium). p. 253-259.

- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- Méndez-Franco, A. y E. López-Uchoterena. 1977. Protozoarios ciliados de México. XXII. Estudio biológico de nueve especies del orden Astomatida Schewiakoff 1846, entozoicos de anélidos oligoquetos. Rev. Lat. Amer. Microbiol., 19: 241-245
- Montreuil, J. 1963. Microdosage des Glucides. Faculté des Sciences de Lille. Lab. à Inst. Rech. Cancn Lille, France. pp. 20-27.
- Munsell Soil Color Chart. 1954. Edition Munsell color Company. Inc. Baltimore, Maryland. USA.
- Paul, E. A. 1975. Nature of the effect on Rizosphere. In: A. Douglas Mc. Laren, (eds). Soil Biochemistry Merce! Dekker, Pub. New York. 1: 417-460.
- Pierce, T. G. 1978. Gut contents of some lumbricid earthworms. Fedobiologia. 18: 153-157.

- Pineda, A., Hernández, A., 1983. Efectos de la temperatura sobre el crecimiento, consumo de tierra y fecundidad de la lombriz de tierra Fontoscolex corethrurus Müller, 1957 (oligoqueto Glossoscolecidae). Tesis profesional UNAM. ENEP. Iztacala. México. 56 pp.
- Rangel, P. 1985a. Efecto de la población Fontoscolex corethrurus (Oligoqueto-Glossoscolecidae) sobre las propiedades del suelo. XVIII Congreso Nacional de las Ciencias de Suelo. La Paz, B.C.S. p. 63.
- Rangel, P. 1985b. Glycosidic secretion of Pontoscolex corethrurus (Glossoscolecidae-Oligochaeta) and soil organic matter cycling. Resúmenes del IX International Colloquium on Soil Zoology. Moscú USSR. p. 34.
- Rangel, P., Rochin, R. 1986. Aspectos biológicos de un pastizal inducido del área de Laguna Verde, Veracruz. Inst. Ecol. VI. Coloquio de Investigación en ciencias de la salud, el medio ambiente y la educación. México. p 19-20.
- Rangel, P. (en prensa) Estudio ecológico de los suelos de la región Laguna Verde, Veracruz. Revieu d'Ecologie et Biologie et sol.

- Rovira and Barbara, M. Mc Dougall. 1969. Microbiological and Biochemical aspects of the rhizosphere. In: A. Douglas Mc. Laren, (eds). Soil Biochemistry. Marcel Dekker, Pub. New. York. 1:210-250.
- Ruiz, A. y Ortega, E. 1979. Quimica de Suelos, practicas de laboratorio. Patronato de la Universidad de Chapingo. Departamento de suelos. Chapingo Mexico.
- Satchell, J. E. 1967. Lombricidae. In: A. Burges and F. Raw (eds): Soil Biology. Academic Press, London. 9:308-374
- Satchell, J. E. 1971. Earthworms. In: J. Phillipson ed: Methods of study in quantitative Soil Ecology: Population production and energy flow. 107-127. IBP. Handbook No. 18 Blackwell, Oxford.
- Soil Reaction Comitee, Intern. Soc. Sci., Soil Res., 2:241 (1930). Hester En: Diagnostic Techniques (Washington 1948). p. 112.
- Stevenson, S. 1982. Humus chemistry. Ed. Wiley Interscience. U.S.A. Cap 3,6.

- Torquemada, R., Asakawa, N. 1981. Efeito da presença a do número de indivíduos de Pontoscolex corethrurus (Glossoscolecidae, Oligochaeta) sobre população total de microorganismos do solo. Acta amazonica. Manaus 11 (2): 319-324.
- Wayne, D. 1982. Biostatística. Ed. Limusa. México . p. 193-237.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Dogtjare Method for Determining Soil Organic Matter and Proposed Modification of de Chromic Acid Titration Method. Modified for Walkley (1947). Soil Sciencs 37: 29-38.

UNIDAD DE DOCUMENTACION
CIENTIFICA

I Z T A C A L A

El lector se obliga a devolver
el libro antes de la fecha
por el último sello