



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"IZTACALA"

"DETERMINACION DE LA INFLUENCIA DE *Pontoscolex*
corethrurus (OLIGOCHAETA) SOBRE LAS
POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UN
SEMBRADIO DE MAIZ DE LA REGION DE
GOMEZ FARIAS, TAMAULIPAS"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A
CARIDAD GONZALEZ LERMA

LOS REYES IZTACALA, MEX.

NOVIEMBRE 1990

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el Instituto de Ecología A.C., por lo cual deseo agradecer al mismo y al Dr. Gonzalo Halffter, por las facilidades brindadas para su realización.

A la Dra. Isabel Barois, mi más sincero reconocimiento por su entusiasta y valiosa colaboración, pues esta tesis no es sino el resultado del trabajo y esfuerzo mutuo.

Deseo agradecer, al Dr. Patrick Lavelle, a la M. en C. Rosa Ma. Ramírez Gama, al Biól. Agustín Vargas Vera, al M. en C. Daniel Muñoz Iniestra, al Biól. Jesús Medina Soto y al M. en C. Manuel Elías Gutiérrez, por sus comentarios a los distintos manuscritos de la tesis.

A las siguientes personas agradezco infinitamente su ayuda, a la cual debo, en gran parte, el haber realizado esta investigación:

Ing. Ariel Aguilar García
Ing. Agr. José Cinco Patrón Ibarra
Ing. Fernando Olivares Bonfiglio
Ing. Leopoldo Miranda Vitela
Biól. Patricia Arellano Cobos
Biól. Carlos Fragoso González
Biól. Enrique Lagunas
Biól. Angel Duran Díaz
Biól. Edgar Rangel López
Biól. Jorge López Portillo

A mis padres y maestros, por sus enseñanzas.

Porque no existen mayores barreras que las mentales
y porque cada ser humano es capaz de alcanzar lo que
se proponga, dedico este trabajo a todos aquellos
que persiguen un ideal.

INDICE

	Página
1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Objetivos	8
4. Antecedentes	9
5. Zona de Estudio	
5.1 Localización geográfica	15
5.2 Clima y Orografía	15
5.3 Rasgos edafológicos	16
5.4 Actividades agrícolas	17
6. Materiales y Métodos	
6.1 Cultivos de laboratorio	21
6.2 Trabajo experimental	
6.2.1 Diseño experimental	22
6.2.2 Parámetros fisicoquímicos del suelo y ambientales	24
6.3 Análisis microbiológico	
6.3.1 Muestreo	25
6.3.2 Trabajo de laboratorio	26
7. Resultados	
7.1 Trabajo de Laboratorio con <i>P. corethrurus</i>	
7.1.1 Peso promedio	31
7.1.2 Consumo de suelo	33
7.1.3 Actividad	36
7.1.4 Fecundidad	36
7.2 Trabajo de Campo	39

7.3 Parámetros fisicoquímicos y ambientales

7.3.1 Temperatura ambiental, del suelo y precipitación	41
7.3.2 Porcentaje de humedad del suelo	42
7.3.3 C total y % de Materia Orgánica	44
7.3.4 N total	46
7.3.5 pH	46

7.4 Análisis microbiológico

7.4.1 Sembradío de maíz	
7.4.1.1 Bacterias y Actinomicetes	48
7.4.1.2 Hongos	54
7.4.2 Intestino	
7.4.2.1 Bacterias y Actinomicetes	58
7.4.2.2 Hongos	62
7.4.3 Heces	
7.4.3.1 Bacterias y Actinomicetes	64
7.4.3.2 Hongos	69

8. Discusión

8.1 Desarrollo de <i>P. corethrurus</i> en laboratorio y en campo	72
8.2 Resultados microbiológicos del experimento en campo	75
8.3 Influencia de <i>P. corethrurus</i> sobre el número de microorganismos en la parcela experimental	
8.3.1 Bacterias y Actinomicetes	79
8.3.2 Hongos	82

8.4	Análisis microbiológico del	
	intestino de <i>P. corethrurus</i>	
8.4.1	Bacterias y Actinomicetes	83
8.4.2	Hongos	85
8.5	Análisis microbiológico de	
	las heces de <i>P. corethrurus</i>	87
9.	Conclusiones	92
10.	Bibliografía	94
11.	Apéndices	106

1. RESUMEN

La acción benéfica de las lombrices terrestres en el mantenimiento de las condiciones físicas del suelo es ampliamente conocida (Lee, 1985). La lombriz terrestre *P. corethrurus* ha sido objeto de numerosos estudios dada su capacidad de desarrollo en suelos perturbados. Se sabe además que interactúa directamente con la microflora del suelo, activando sus poblaciones en el intestino, heces y galerías del oligoqueto, características que la convierten en una especie adecuada para su introducción a suelos de cultivo y la recuperación y la conservación de las propiedades de dicho suelo.

En el presente trabajo se realizaron experimentos de laboratorio y campo para probar la viabilidad de la introducción de *P. corethrurus* a un sembradío de maíz y observar la relación del oligoqueto con las poblaciones de bacterias, actinomicetes y hongos presentes en dicho suelo.

Se encontró que la especie no sufre modificaciones significativas en peso, actividad y fecundidad en el suelo de sembradío bajo condiciones experimentales, sin embargo, al introducirla en el campo, el número de anélidos disminuyó en gran medida, probablemente debido a las fuertes precipitaciones de la zona de estudio.

La presencia de los oligoquetos en la parcela experimental parece haber incrementado los números de algunas especies de bacterias, actinomicetes y hongos y disminuido otras. La relación de *P. corethrurus* con la microflora del suelo podría estar determinada por la cantidad de materia orgánica presente en el suelo.

El paso del suelo por el intestino del anélido incrementó significativamente el número de bacterias, en tanto que los actinomicetes y hongos mostraron una tendencia

a la disminución, aunque el número de UFC/ g de suelo seco de actinomicetes fue mayor en el intestino que en el suelo experimental.

Las heces de *P. corethrurus*, por otro lado, elevaron notablemente el número de bacterias y actinomicetes. Los hongos no mostraron una tendencia clara, aunque, partiendo de los resultados intestinales, es probable que este grupo microbiano sea utilizado como alimento en una mayor proporción que los otros.

De esta manera, la introducción de *P. corethrurus* a suelos de sembradío podría acelerar el reciclamiento de nutrientes, al incrementar el número de algunas especies microbianas en el suelo, el tracto intestinal y las heces del oligoqueto, sin embargo, se propone la continuación de los estudios en el campo para determinar si la especie tolera las condiciones presentes en la naturaleza.

2. INTRODUCCION

Las lombrices terrestres se encuentran entre los organismos de mayor biomasa del suelo, su presencia puede influir en la creación y conservación de la estructura del mismo, así como en el reciclaje de la materia orgánica. Dicho efecto varía dependiendo de la composición de la comunidad (categorías ecológicas) y de las especies que en ella se encuentran (Bouché, 1971; Lavelle *et al.* 1981).

Desde el punto de vista ecológico se reconocen tres categorías: epigeos, organismos que viven sobre la superficie del suelo y se alimentan de hojarasca parcialmente disuelta; endógeos, organismos que viven dentro del suelo, de alimentación básicamente geófaga y a los cuales se les ha dividido en tres subgrupos: polihúmicos, se encuentran en estratos ricos en materia orgánica entre los 0-10 cm de profundidad, siendo posible encontrarlos, asimismo, cerca de las raíces, mesohúmicos, ocupan la porción del suelo ligeramente rica en materia orgánica y habitan entre los 0-15 cm; oligohúmicos, consumen suelo pobre en materia orgánica y viven más allá de los 15 cm de profundidad. Finalmente los anécicos, los cuales excavan galerías prácticamente verticales y arrastran hacia ellas restos orgánicos que se hallan sobre el suelo, en donde los ingieren después de mezclarlos con tierra recogida en profundidad (Bouche, 1971; Lavelle, *et al.* 1981).

Los suelos de las sabanas, como en el caso de Lamto (Costa de Marfil) y de pastizales inducidos, como los encontrados en Laguna Verde (México), poseen importantes comunidades de lombrices terrestres dominadas por poblaciones geófagas mesohúmicas, (Lavelle 1978, Lavelle *et al.* 1980).

De la materia orgánica ingerida, sólo un pequeño porcentaje es asimilado (2-20% dependiendo de la especie y de la calidad del material ingerido, según Lavelle y Barois, 1988), el resto es depositado en forma de heces en la superficie o en el interior del suelo. El papel de tales agregados en la conservación de la estructura del suelo puede ser considerable, regulando la porosidad y compactación del mismo (Dawson, 1947; Aina, 1984) y, dado que las heces vertidas en la superficie se conservan durante varios meses, pueden ser consideradas como un factor que disminuye la erosión del suelo (Edwards y Lofty, 1977; Lee, 1985).

Sin embargo, quizás la función más importante de las lombrices terrestres sea el dar una "evolución" distinta a la porción de materia orgánica que no es asimilada, confiriéndole las características fisicoquímicas necesarias para el desarrollo de la actividad microbiana (Lavelle y Barois, 1988).

Algunos estudios sobre el sistema digestivo de las lombrices endógeas tropicales (Lavelle *et al.* 1983a; Barois y Lavelle, 1986, Barois, 1987) han mostrado que, después de que el suelo es ingerido, una gran cantidad de agua y materia orgánica hidrosoluble (en forma de moco intestinal), son secretados por el oligoqueto. Parte de la microflora presente en el suelo es activada por estas secreciones y es capaz de hidrolizar compuestos húmicos que, de otra forma, no podría digerir la lombriz, dado que carece del equipo enzimático necesario (Tracey, 1951; Hartenstein, 1982; revisiones en Edwards y Lofty, 1977 y en Lee, 1985).

La microflora, al incorporar las secreciones del oligoqueto a sus ciclos metabólicos, aumenta su

capacidad catalítica favoreciendo la hidrólisis de los compuestos húmicos y liberando ácidos urónicos, hexosas y compuestos peptídicos (Félix, 1989), beneficiándose así ambas partes: el oligoqueto y la microflora (Lavelle *et al.* 1983b; Barois y Lavelle, 1986; Barois, 1987).

Cuando el suelo ha pasado por el intestino, la actividad microbiana no cesa bruscamente, sino que, gracias al alto contenido de elementos y compuestos fácilmente asimilables, así como de materia orgánica parcialmente digerida (Businelli *et al.* 1984; Scheu, 1987; Sharpley y Syers, 1976), se mantiene algún tiempo después (Satchell, 1983; Barois, 1987).

Se ha visto, además, que el muco cutáneo puede tener un papel "activador" en la microflora, puesto que constituye materia orgánica fácilmente asimilable por los microorganismos y se conserva, aunque poco tiempo, en las galerías formadas por el oligoqueto (Martin, *et al.* 1987).

Así, las lombrices terrestres podrían tener un papel muy importante en la regulación de la dinámica de la materia orgánica en el suelo, al acelerar o disminuir la tasa de mineralización mediante su influencia en el comportamiento de las poblaciones microbianas (Lavelle, 1988a y b).

Hasta ahora los estudios sobre la influencia de las lombrices terrestres sobre la microflora del suelo se han realizado en laboratorio, por lo cual es necesario determinar si dicha relación se da en la naturaleza y más aún, si se da cuando se ha alterado el ecosistema primario y el suelo se ha destinado al cultivo. Sin embargo, es un hecho que las poblaciones de oligoquetos disminuyen bajo tales condiciones, debido al daño mecánico y al decremento progresivo de la materia orgánica (Edwards y

Lofty, 1982).

Dado que la tasa actual de desmonte para fines de cultivo, constituye uno de los principales factores de degradación del suelo, la búsqueda de alternativas y/o soluciones constituye un aspecto fundamental en la preservación de los recursos naturales. Reestableciendo las poblaciones de lombrices terrestres mediante la introducción de alguna especie (s) con posibilidades de sobrevivir y desarrollarse en estas condiciones y proporcionando al suelo materia orgánica como protección al incremento en la temperatura, la pérdida de humedad y como fuente adicional de alimento, quizá fuese posible utilizar los beneficios de las lombrices terrestres para recuperar algunas de las propiedades físicas y biológicas perdidas.

Pontoscolex corethrurus es una especie geófaga que ha invadido la mayor parte de los suelos perturbados en los trópicos, gracias a su capacidad de desarrollarse en suelos con distinto pH, contenido de materia orgánica y textura, lo cual la convierte en una especie idónea para su introducción a campos de cultivo (Lavelle *et al.* 1987).

Ya que el maíz (*Zea maiz*) es un cultivo ampliamente extendido y constituye parte esencial en la alimentación de la población mexicana, y sabiendo que las lombrices geófagas pueden interactuar con la microflora, es importante determinar lo que ocurre con el número de bacterias, actinomicetes y hongos al introducir organismos de la especie *P. corethrurus* a sembradíos de esta gramínea.

En la Reserva de la Biósfera "El Cielo", en Tamaulipas, se han realizado estudios preliminares sobre las poblaciones de lombrices terrestres distribuidas en los

suelos de la región . Como Reserva de la Biósfera, representa la posibilidad del análisis de los usos tradicionales de la tierra y de experimentación de los usos no convencionales constituyendo, por ello, un lugar adecuado para la realización de trabajos como el presente.

3. OBJETIVOS

En base a lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron:

1. Establecer si *P. corethrurus* se desarrolla adecuadamente en suelo de un sembradío destinado al cultivo de maíz, en la región de Gómez Farías, Tamaulipas.
2. Observar la influencia de *P. corethrurus* sobre el número de bacterias, actinomicetes y hongos en lotes de suelo de sembradío de maíz enriquecidos y/o protegidos con rastrojo de maíz, a lo largo del período comprendido entre la siembra y la cosecha.
3. Determinar el comportamiento de las poblaciones microbianas presentes en suelo de sembradío de maíz, a su paso por el intestino de *P. corethrurus*, mediante la cuantificación del número de bacterias, actinomicetes y hongos en la parte anterior, media y posterior del mismo.
4. Cuantificar el número de bacterias, actinomicetes y hongos, presentes en turrículos de *P. corethrurus* de diferentes tiempos de abandono (1, 3, 5, 7, 9 y 12 días), obtenidos a partir de suelo de sembradío de maíz.

4. ANTECEDENTES

Existen un gran número de trabajos realizados en torno a las lombrices terrestres, los cuales han sido orientados hacia su función y posibles usos en la agricultura, la biotecnología o el tratamiento de desechos (Satchell, 1983; Lee, 1985) sin embargo, es el primer punto donde la investigación de estos organismos ha recaído preferentemente, dada la posibilidad de utilizarlos como un elemento que ayude a la recuperación y/o conservación de los suelos (Lavelle y Barois, 1988).

En las zonas tropicales dichos estudios cobran singular importancia, debido a la tasa actual de desmonte para fines de cultivo y la consiguiente degradación del suelo (Lavelle y Barois, 1988).

Lavelle (1983) encuentra que, a pesar de que en las regiones cálido-húmedas el reciclaje de la materia orgánica es rápido y la acumulación de humus es casi nula o reducida, el grupo ecológico más numeroso es el de las lombrices geófagas, siendo difícil comprender el éxito de este grupo, ya que la cantidad de materia orgánica es baja y se encuentra en formas difícilmente asimilables por los invertebrados del suelo.

Lavelle *et al* (1983a), en base a estudios sobre el sistema digestivo de *Millsonia anomala*, sugieren que las lombrices geófagas se alimentan, en gran medida, de compuestos orgánicos hidrosolubles contenidos en el suelo. Sus resultados mostraron, además, que cuando el porcentaje de materia orgánica hidrosoluble es bajo, se observa un incremento en la ingestión de suelo acompañado de un aumento en la tasa de respiración en las heces (la respirometría se utiliza como método para cuantificar la actividad

microbiana). Por el contrario, cuando el contenido de materia orgánica hidrosoluble aumenta, se observa una disminución en la ingestión de suelo y una reducción en la respiración de las heces.

Pontoscolex corethrus es una especie endógena mesohúmica que tiene una longitud entre los 60-120 mm, un diámetro entre los 4-6 mm y un número de segmentos de 90-212. Las quetas en la especie son pareadas en la parte anterior del cuerpo, pero al finalizar dicha parte, el arreglo cambia, de modo que en un segmento hay quetas estrechamente pareadas y en el siguiente los pares se distribuyen más ampliamente (Fig. 1) (Sims y Gerard, 1985).

Se cree que *P. corethrus* es nativa del noreste de Sudamérica (Sims y Gerard, 1985), aunque ahora se distribuye en toda la región pantropical, en suelos que han sido perturbados por la actividad humana, tales como pastizales inducidos, bosques secundarios, sembradíos barbechados y plantaciones de árboles, distribuyéndose en ellos en los primeros 10 cm de profundidad. Las poblaciones de este anélido sólo pueden ser encontradas en sitios donde la temperatura media anual sea de 20-30°C y la humedad se encuentre entre 35 y 55%. La especie tolera un amplio rango de condiciones fisicoquímicas siendo posible encontrarla en suelos con un pH que va del 6.2 al 8.1, contenido de arcillas del 4-41% y materia orgánica del 1 al 9.9%. Además, la especie se reproduce abundante y rápidamente ya que es partenogenética y sus capullos (3-5 mm) eclosionan después de 21 días (Lavelle *et al.* 1987).

En México *P. corethrus* se encuentra en casi todo el territorio nacional. Se ha localizado en Nayarit (Tepic y San Blas), Baja California Sur (Miraflores, Todos los Santos y San José del Cabo), Sinaloa (Mazatlán), Jalisco (Guadalajara), Veracruz (Laguna Verde y los Tuxtlas),

Guerrero, Tabasco y Chiapas (Montebello e Iztla) (Eisen, 1900; Lavelle *et al.* 1981; Fragoso y Lavelle, 1987). En algunos lugares alcanza densidades de 188 individuos por m², conformando el 70% de la biomasa total de la macrofauna edáfica (Fragoso, 1985).

Lavelle *et al.* (1983a), trabajando con *Millsonia lamotiana* y *P. corethrurus*, encuentran que una gran cantidad de muco intestinal es secretado por el oligoqueto cuando el suelo ingerido llega a la parte anterior del intestino. Mediante técnicas histoquímicas y bioquímicas, Rangel (1985) demuestra la presencia de compuestos de naturaleza glicoconjugada: glicoproteínas del tipo fucomucina y un compuesto de naturaleza similar a los glucosaminglicanos. Aunque la función de esta secreción, altamente energética, se desconocía, era improbable considerarla como simple lubricación (ver Martín *et al.* 1987).

Estudios posteriores mostraron que aunada a la secreción de muco, una gran cantidad de agua se secreta cuando el suelo ingerido llega a la parte anterior del intestino. Asimismo, se vio que el pH del suelo incrementa hacia la neutralidad a medida que atraviesa el tracto intestinal y que la actividad respiratoria (actividad microbiana) del suelo aumenta considerablemente en la parte media y posterior del intestino (Barois y Lavelle, 1986). Dicha actividad disminuye con la salida del suelo en forma de heces, aunque conserva valores superiores a los del suelo ingerido (Barois y Lavelle, 1986; Barois, 1987; Lavelle *et al.* 1987).

El incremento de actividad respiratoria ha sido atribuido a las bacterias, puesto que en estudios de microscopía electrónica se les encontró en la parte media y posterior del intestino de *P. corethrurus* (Barois, 1987; Barois, en preparación).

Estos resultados parecen indicar la existencia de una relación entre la microflora del suelo y las lombrices geófagas de suelos tropicales, relación que puede ser modificada dependiendo de las condiciones del medio y que implica beneficios para ambas partes puesto que, como producto de la actividad de los microorganismos, el anélido podría obtener compuestos simples para su alimentación y la microflora encontraría un medio favorable para desarrollar su actividad en el intestino (Lavelle *et al.* 1983a; Barois y Lavelle, 1986; Barois, 1987).

Se ha observado, por otro lado, que como resultado de su recorrido por el intestino, el suelo adquiere grandes cantidades de N, Ca, K, Mg, P y materia orgánica parcialmente digerida (Businelli *et al.* 1984; Scheu, 1987), lo cual podría acelerar la descomposición de material orgánico resistente o de difícil degradación, presente en el suelo, mediante la activación de las poblaciones microbianas (Lavelle 1988 a y b).

Dada la carencia de estudios en el campo en torno a la hipótesis mutualista, se hace precisa la realización de un trabajo que muestre lo que ocurre en condiciones naturales y, especialmente, en suelos que han sido sometidos al cultivo, ya que si realmente las lombrices geófagas activan la microflora del suelo, ello podría tener repercusión sobre el desarrollo de la planta y el proceso de recirculación de la materia orgánica, constituyendo, de esta manera, una valiosa herramienta en el mejoramiento de los cultivos.

Es preciso, asimismo, saber si la influencia de las lombrices geófagas se limita a las bacterias o incluye a los hongos, otro grupo importante en los ciclos biogeoquímicos. Se requiere, por otro lado, saber si las modificaciones fisicoquímicas que sufre el suelo al pasar por el intestino de *P. corethrus* influyen en las poblaciones de bacterias,

actinomicetes y hongos presentes en dicho suelo.

La finalidad del presente trabajo es contribuir al conocimiento de la relación que guarda la microflora del suelo con las lombrices geófagas tropicales en un suelo destinado al cultivo de maíz, tomando en cuenta los tres posibles niveles de acción del oligoqueto: el suelo, el intestino y las heces.

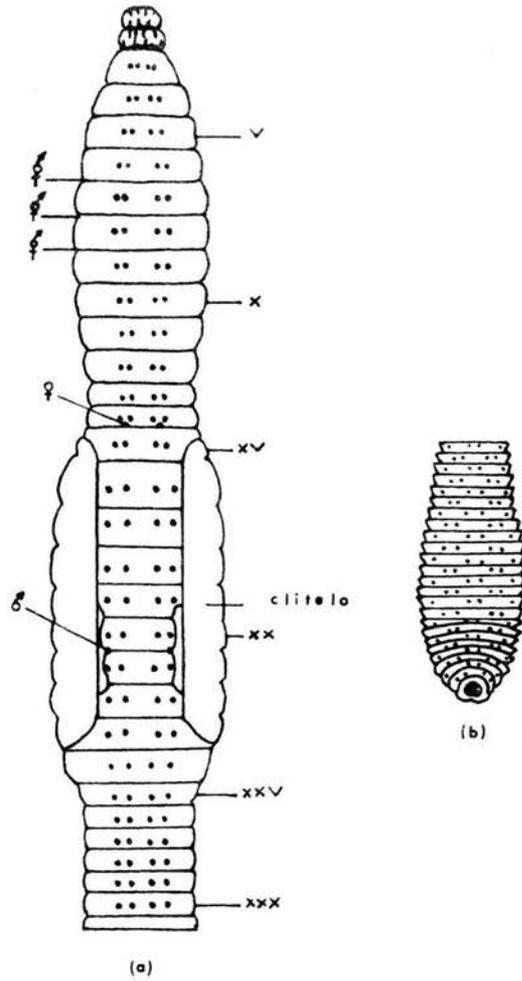


Fig. 1. *Pontoscolex corethrurus* a) vista ventral de la región anterior y b) vista ventral de la región posterior mostrando el arreglo de las quetas (Sims y Gerard, 1985).

5. ZONA DE ESTUDIO

5.1. Localización geográfica

El municipio de Gómez Farías se ubica al suroeste del estado de Tamaulipas, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental conocidas como Sierra de Cucharas y Sierra Chiquita. Parte de su territorio está comprendido dentro del área de la Reserva de la Biosfera "El Cielo" (Fig. 2). El área de estudio cuenta con una extensión de 461 km² y está limitada por los paralelos 23°13' y 23°10' N, el meridiano 99°18' S y la curva de nivel de los 200 msnm al este (Sosa, 1987).

5.2. Clima y Orografía:

El clima de la región es el Acm (García, 1987) clima semicálido con lluvias con tendencia a monzón, aunque existe una tendencia a templado dado que la temperatura del mes más frío es de 11.5°C (Soto com. personal). La temperatura media anual es de 23°C y el mes más frío es Enero, en el que se han registrado temperaturas extremas con cifras de 1.5°C y heladas. La temperatura del mes más caliente (Mayo) alcanza los 45°C (Puig y Bracho, 1987).

La precipitación total media anual es de 1852 mm. La época de lluvias comienza a fines de Mayo y continúa hasta Octubre, siendo los meses más lluviosos Junio y Julio, presentando este último un máximo de precipitación de 900 mm. La temporada seca comienza a principios de Noviembre y termina hasta la segunda quincena de Abril (Puig y Bracho, 1987).

En la Reserva de la Biósfera "El Cielo", se presenta un gradiente vegetacional que va de de los tipos tropicales, en la vertiente occidental, a los templados y finalmente a los

xéricos, en la vertiente occidental. De los 200 a los 800 msnm se desarrolla el bosque tropical subcaducifolio, entre los 800 y 1400 msnm se encuentra el bosque mesófilo de montaña; de los 1400 a los 1800 msnm encontramos el bosque mixto de pino-encino; por arriba de los 1800 msnm se presenta un bosque de *Pinus*.

La parcela experimental en donde se realizó el presente trabajo se ubica a la altura del bosque tropical subcaducifolio.

5.3 Rasgos edafológicos:

La Sierra Madre Oriental esta formada, casi en su totalidad, por rocas sedimentarias de origen marino del Cenozóico y del Mesozóico. El tipo de roca que predomina es la caliza, por lo tanto, son suelos formados *in situ* derivados por la disolución de calizas y lutitas, principalmente. Sin embargo, también se pueden encontrar lutitas margas y aun basaltos (Gobierno del Estado de Tamaulipas, 1985), como en el caso de la parcela donde se realizó el trabajo de campo, la cual se encuentra en un afloramiento basáltico.

Bracho y Sosa (1987) reportan que los suelos que se localizan en el valle ocupado por la población de Gómez Farías son: feozem háplico-cambisol y feozem crómico-regosol éutrico, lo cual coincide con lo marcado en la carta edafológica Detenal (anónimo, 1979). Asimismo, los datos fisicoquímicos obtenidos a partir del suelo de la parcela experimental indican que se trata de un feozem (Lagunas, com. personal), en tanto que el suelo control (suelo de bosque mesófilo) podría ser un luvisol crómico (Muñoz com. personal).

Asimismo, el suelo de la parcela experimental fue ligeramente menos ácido y más arcilloso que el suelo del bosque mesófilo (control), obteniéndose los siguientes valores de pH y porcentaje de arcillas para cada uno, respectivamente: 6.6 y 5.88; 53.8% y 33.8%. De este modo, la clasificación textural del suelo de la parcela experimental fue arcillosa y para el mesófilo migajón arcillosa, a una profundidad de 0-10 cm (tabla 1).

La materia orgánica y el nitrógeno tuvieron valores más elevados en el suelo control que en el del sembrado de maíz, a una profundidad de 0-10 cm, de modo que en el primer suelo dichos valores fueron de 7.05 y 0.42, respectivamente, en tanto que en el suelo experimental el porcentaje de materia orgánica fue de 4.84 y el de nitrógeno fue de 0.336 (tabla 1).

5.4 Actividades agrícolas

La agricultura practicada en la zona de estudio es tradicional de temporal y ha modificado sustancialmente el paisaje pues, prácticamente toda la cubierta vegetal y la fauna nativa que albergaba y que correspondieron a las de bosque tropical subcaducifolio, han desaparecido (Sosa, 1987).

En las áreas más favorecidas por la precipitación pluvial (como nuestra parcela experimental) los cultivos varían, siendo los más comunes el maíz, caña y mango, aunque el café y la papaya son cultivos frecuentes.

En la mayor parte de estas parcelas se utiliza el arado, mientras que en otras se usa la cufia, aunque en ningún lado se ara con maquinaria pesada. Asimismo, el uso de fertilizantes es escaso y la mayoría de los campesinos utilizan la rotación de cultivos y el descanso temporal de

tierras.

La parcela experimental corresponde a un terreno que fue desmontado hace, aproximadamente, 50 años y ha sido sembrado con caña, mango y maíz. En ella se ha utilizado el arado y la cuña y nunca fertilizantes.

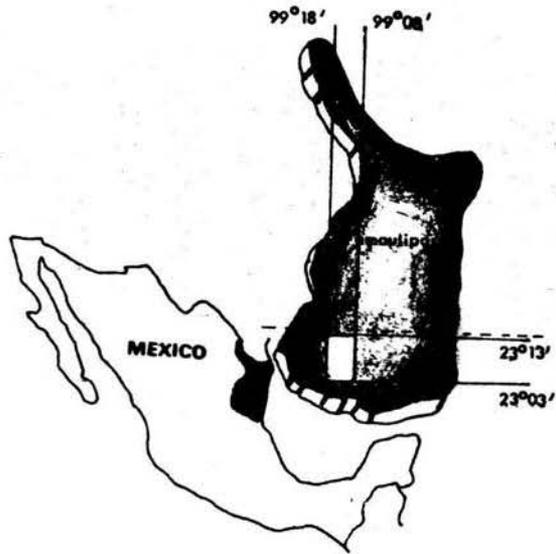


Fig. 2. Localización de la Reserva de la Biósfera "El Cielo".

TABLA 1

PROFUNDIDAD (cm)	pH	COLOR (Munsell)		TEXTURA (%)			CLASIFI- CACION TEXTURAL	MATERIA ORGANICA (%)	NITRO- GENO (%)	HUMEDAD p _s 2.5
		SECO	HUMEDO	ARCILLA	LINO	ARENA				
SUEL. EXPER. 0 - 10	6.60	10 YR 4/3	10 YR 2/2	53.00	35.64	10.56	ARCILLA	4.04	0.336	39 %
10 - 20	6.50	10 YR 3/3	10 YR 2/2	47.90	33.54	18.56	ARCILLA	3.53	0.224	
20 - 30	6.44	10 YR 6/4	10 YR 3/4	33.00	33.00	29.64	MICAJON ARCILLOSO	1.38	0.089	
SUEL. CONTR. 0 - 10	5.00	10 YR 6/3	10 YR 4/3	33.00	37.64	29.56	MICAJON ARCILLOSO	7.05	0.42	30 %

Tecnica laboratorista Minfa Portilla L.

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo experimental y control

6. MATERIALES Y METODOS.

6.1 Cultivos de laboratorio

Para determinar si el suelo en estudio permitía el adecuado desarrollo de los organismos de la especie *P. corethrurus* se establecieron cultivos con individuos infantiles (0.02-0.08 g) en dicho suelo, cuantificando los siguientes parámetros (en base a lo propuesto por Lavelle, 1975):

1. Peso:

Se registró el incremento en peso a lo largo del tiempo.

2. Consumo de suelo:

La cuantificación de este parámetro se realizó asumiendo que existe una relación directamente proporcional entre el consumo de suelo y las heces producidas (turrículos), por lo cual se colectaron manualmente los turrículos de cada unidad experimental, se secaron a 80°C durante 48 horas y se pesaron. Dado que cada unidad experimental constaba de 5 individuos, para conocer el consumo de suelo de cada uno, los gramos obtenidos se dividieron entre 5 y luego entre 7 para obtener el consumo diario.

3. Actividad:

Se registró mediante el conteo de organismos que se encontraban en quiescencia cada semana.

4. Fecundidad:

Se determinó mediante el número de capullos producidos por individuo, por semana.

El suelo control fue colectado en una zona perturbada de bosque mesófilo y en donde el desarrollo de la especie era abundante, lo cual se determinó mediante un muestreo preliminar en distintos sitios de la Reserva de la Biósfera "El Cielo".

Los tratamientos experimentales fueron los siguientes:

1. Organismos en suelo de sembradío.
2. Organismos en suelo control

Cada tratamiento experimental constó de 10 repeticiones con 5 individuos cada uno, mientras que el control tuvo 5 repeticiones con el mismo número de organismos.

Los cultivos fueron mantenidos bajo las condiciones de temperatura (28°C) y humedad (el suelo fue ajustado a la capacidad de campo, pF 2.5, siendo de 39% la humedad del suelo experimental y de 30% para el suelo control) óptimos para la especie. El suelo de cada lote (220g) se removió semanalmente a la vez que se realizaban las mediciones correspondientes.

Los datos físicos y químicos de cada uno de los suelos se pueden apreciar en la tabla 1.

6.2 Trabajo de campo

6.2.1 Diseño experimental

Para la determinación de la influencia de *P. corethrurus* sobre el número de bacterias, actinomicetes y hongos presentes en el suelo del sembradío de maíz se utilizó un área de 135 m^2 (15×9), en una parcela localizada a la salida del poblado de Gómez Farías, Tamaulipas y en la cual se establecieron los siguientes tratamientos con 10 repeticiones cada uno:

1. Maíz solo (MD).
2. Maíz + lombriz (ML).
3. Maíz + Rastrojo Superficial (MRSO).
4. Maíz + Rastrojo Superficial + Lombriz (MRSL).
5. Maíz + Rastrojo Incorporado (MRI).
6. Maíz + Rastrojo Incorporado + Lombriz (MRIL).
7. Maíz + Rastrojo Superficial + Rastrojo Incorporado (MRSRI).
8. Maíz + Rastrojo Superficial + Rastrojo Incorporado + Lombriz (MRSRIL).

Dado que la zona sometida a experimentación se encontraba en una pendiente, los tratamientos fueron distribuidos con base a un diseño experimental en parcelas aleatorias (Fig. 3).

La unidad experimental estuvo constituida por un volumen de 60 x 60 y 30 cm de profundidad, delimitado por una malla plástica de abertura inferior a los 0.5 mm, con el objeto de impedir la entrada o salida de animales.

De las 10 repeticiones para cada tratamiento, 5 se analizaron en el presente estudio, las hileras muestreadas se eligieron sistemáticamente (una sí y una no), con objeto de cubrir el gradiente de la pendiente (Fig. 3).

En cada una de las repeticiones se sembraron 4 semillas de un maíz híbrido y se inoculó una biomasa de 33 g m², cantidad correspondiente a la biomasa encontrada en poblaciones naturales.

La cantidad de rastrojo (superficial o incorporado) suministrada a los tratamientos que así lo requirieron, fue de 500 g. El rastrojo incorporado se picó finamente (2-4 cm), con el fin de acelerar la velocidad de descomposición.

A partir de la inoculación de los oligoquetos a los tratamientos correspondientes (487 individuos en total, 16g / tratamiento), se proporcionaron 10 l de agua diariamente, con el fin de asegurar la humedad necesaria para su supervivencia hasta la llegada de las lluvias (1 semana después), el 15 de Junio de 1989.

6.2.2. Parámetros fisicoquímicos del suelo y ambientales*

Durante el tiempo de experimentación se registraron los siguientes parámetros ambientales:

a) Temperatura ambiental:

Obtenida como la media de la temperatura máxima y la mínima para cada día.

b) Temperatura del suelo:

Su medición se realizó sumergiendo un termómetro de laboratorio a 10 cm de profundidad en una repetición de cada tratamiento, entre las 12:00 y las 14:00 pm, a intervalos regulares de 1-2 días.

c) Precipitación:

Registrada diariamente por medio de un pluviómetro.

Respecto a los parámetros fisicoquímicos, en cada uno de los tres muestreos se cuantificó:

a) N total:

Por el método Kjeldahl (Black, 1965a y b).

* Datos obtenidos por Patrón Ibarra (Fac. de Ciencias de la Ingeniería, Cd. Mante, Tamps.).

b) C total y % de Materia Orgánica:

Por el método de Walkley-Black (1931).

c) pH:

Con un potenciómetro, relación suelo-agua 1:2.5
(Black, 1965a y b).

d) Capacidad de Campo (pF 2.5)

Determinada por el Centro de Edafología de
Gómez Palacios (Durango), por medio de placas
porosas.

6.3 Análisis Microbiológico

6.3.1 Muestreo:

Las muestras del suelo para el trabajo microbiológico se colectaron tomando en cuenta el período comprendido entre la siembra y la cosecha, por lo cual se realizaron tres muestreos:

1. Al sembrar (8 de Junio de 1989).
2. 53 días después de la siembra (31 de Julio de 1989).
3. Al cosechar (9 de Octubre de 1989).

La toma de la muestra se realizó sumergiendo a 10 cm de profundidad un tubo plástico (PVC) de 2.54 cm de diámetro, en los cuatro puntos de una cruz imaginaria, que fue girando a lo largo de los muestreos hasta formar un círculo, dejando 20 cm de margen entre los límites de la unidad experimental y el círculo imaginario, para evitar posible interacción con factores externos al tratamiento y muestrear cerca de la zona de la rizósfera.

6.3.2. Trabajo de laboratorio

El suelo extraído de los cuatro puntos de cada repetición se colectó en bolsas de plástico y se conservó a 2°C hasta su análisis en laboratorio. El suelo colectado se homogeneizó para obtener, finalmente, 10 g por cada repetición, cantidad que fue sometida al análisis microbiológico. Se utilizaron 10 g por considerarse que este tamaño de muestra era representativo del volumen de suelo de la unidad experimental (Laboratorio de Microbiología de Suelos de la Facultad de Química).

La estimación del número de bacterias, actinomicetes y hongos se realizó mediante el método de dilución y cuenta en placa (Thom, 1967; Parkinson *et al.* 1971).

El suelo colectado fue mezclado con 95 ml de hexametáfosfato de Sodio ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) al 1% como dispersante, ya que su uso no alteró significativamente el número de UFC / g de suelo seco de bacterias, actinomicetes y hongos ($P > .05$). Posteriormente el suelo se homogeneizó en un mortero hasta que se disolvieron los grumos, y la mezcla se vertió en un matríz en donde fue agitado manualmente durante 5 minutos.

A partir de esta solución madre (10^{-1}) se prepararon diluciones hasta 10^{-7} y se sembró un mililitro de las diluciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} en medios selectivos para actinomicetes y bacterias y 1 ml de las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} para hongos. La composición de dichos medios se basó en las recomendaciones del Laboratorio de Microbiología Agrícola de la Facultad de Química (UNAM (Apéndices 1, 2 y 3).

Una vez sembradas, las cajas fueron incubadas a 28°C durante los siguientes tiempos (Thom, 1967):

Bacterias: 5 días.

Hongos: 7 días.

Actinomicetes: 7-14 días.

Tras la incubación se cuantificaron las colonias presentes en cada medio, con la ayuda de un contador de colonias.

Para cada muestra analizada se determinó el porcentaje de humedad, con el objeto de reportar los resultados de los conteos con respecto al suelo seco. Este parámetro se obtuvo en base a la siguiente fórmula (Gardner, 1965):

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{PH - PS}{PS - T} \times 100$$

Donde: PH = Peso del recipiente +
Suelo Húmedo.

PS = Peso del recipiente +
Peso Seco.

T = Peso del recipiente a
Peso Constante.

Para la determinación del comportamiento de las poblaciones microbianas a su paso por el intestino de *P. corethrurus* se utilizaron 32 individuos adultos colectados en Tamaulipas y en Xalapa, Ver. y alimentados durante una semana con suelo del sembradío de maíz.

Los organismos fueron separados en grupos de 8 (unidad experimental), y fueron sacrificados introduciéndolos, uno a uno, en un vaso de precipitados con agua hirviendo, durante 3 segundos.

A continuación se disectó a la lombriz y el intestino fue cortado en 3 partes iguales (anterior, media y

posterior) a partir de la zona inmediata después del clitelo (Fig. 1) . La disección se llevó a cabo en condiciones de esterilidad en la campana de flujo laminar.

El contenido intestinal se obtuvo presionando suavemente cada parte del intestino de los organismos de cada unidad experimental, luego de lo cual se agrupó para preparar la dilución madre.

El porcentaje de humedad de las distintas regiones intestinales (anterior, media y posterior), es el que reportan Barois y Lavelle (1986).

Para bacterias y actinomicetes se sembraron las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} y para hongos 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} .

Con el objeto de observar la velocidad de aparición y el número de las colonias microbianas, en el agar en presencia y ausencia de *P. corethrurus* y determinar si el número de microorganismos activos variaba cuando los oligoquetos estaban presentes (en base a Hattori, 1988, quien dice que los microorganismos que forman colonias con una mayor rapidez en el agar son los que estaban activos en el suelo), se realizaron dinámicas de crecimiento con las muestras del suelo del 3er. muestreo (Octubre); con las muestras del intestino (considerando los números microbianos obtenidos para la parte anterior, media y posterior, juntos) y las heces (agrupando los números microbianos obtenidos en los distintos días de abandono, por día de incubación).

Finalmente, se cuantificó el número de microorganismos (bacterias, actinomicetes y hongos), presentes en turrículos frescos de *P. corethrurus*, para lo cual se establecieron 10 cultivos con 5 individuos adultos cada uno. Los cultivos se conservaron 24 horas, al cabo de las cuales se colectaron

los turrículos, se tomó 1 g de los mismos para la dilución correspondiente a las 24 h. de abandono y el resto se incubó en una caja de petri estéril, con un papel filtro húmedo, hasta su análisis (después de 3, 5, 7, 9 y 12 días de incubación). A partir de las solución madre se cuantificó el número de bacterias, actinomicetes y hongos contenidos en ellos, mediante la técnica de dilución y cuenta en placa mencionada anteriormente.

Los datos obtenidos fueron evaluados con dúcimas paramétricas (ANOVA y T de Student) y no paramétricas (Kruskall-Wallis y Mann-Whitney), dependiendo de si se cumplían o no los supuestos requeridos para el uso de la estadística paramétrica (Zar, 1974; Díaz *et al.* 1986).

En la mayoría de los casos los datos fueron trabajados utilizando medianas, ya que dada la heterogeneidad de los valores obtenidos en los conteos microbiológicos, el uso de la media podría haber sesgado los resultados.

FIGURA 3

	1	2	3	4	5	6	7	8
1*	E	B	F	C	H	D	G	A
	H	D	G	F	B	E	A	C
3*	C	F	G	D	E	A	H	B
	E	B	A	D	H	G	F	C
5*	G	F	D	E	A	H	B	C
	F	G	H	C	B	A	D	E
7*	B	C	F	H	G	D	E	A
	D	A	F	C	H	E	B	G
9*	C	B	A	H	E	F	G	D
	B	H	D	A	F	G	C	E

A= Maíz
 B= Maíz + Rastrojo Superficial
 C= Maíz + Rastrojo Superficial + Lombriz
 D= Maíz + Rastrojo Incorporado
 E= Maíz + Rastrojo Incorporado + Lombriz
 F= Maíz + Rastrojo Superficial + Rastrojo Incorporado
 G= Maíz + Rastrojo Superficial + Rastrojo Incorporado + Lombriz.

Fig. 3 Distribución de los tratamientos en la parcela experimental (* = hileras utilizadas para el análisis microbiológico).

7 RESULTADOS

7.1 Trabajo de laboratorio con *P. corethrurus*

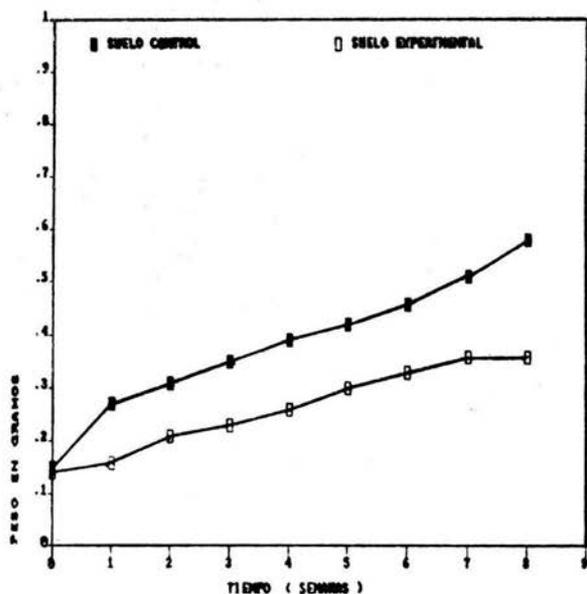
7.1.1 Peso promedio

El peso promedio de *P. corethrurus* en el suelo del sembradío de maíz, se incrementó progresivamente durante el período experimental, aunque no varió significativamente, hasta la séptima semana de experimentación, con respecto a los organismos del suelo control ($P > .05$), sin embargo en la octava semana el peso promedio de los oligoquetos del suelo control fue significativamente mayor ($P < .001$), de manera que mientras en dicho suelo los anélidos ganaron un promedio de 12.74% en peso de la séptima a la octava semana, en el suelo experimental no se registró incremento alguno (gráfica 1 y tabla 2).

Cabe señalar que, pese a que no fue significativa la diferencia en peso promedio observada hasta la séptima semana, al analizar los valores para el peso promedio de ambos grupos y su comportamiento en el tiempo, se aprecia que *P. corethrurus* ganó peso más rápidamente en el suelo control que en el suelo destinado al cultivo de maíz.

De esta manera, la primera semana el peso promedio de los organismos del suelo control fue de 0.20 g, mientras que el obtenido por los oligoquetos presentes en el suelo experimental fue de 0.16 g., tendencia que se conservó hasta la 8va. semana, en la que los valores observados fueron de 0.58 y 0.36, respectivamente.

Las desviaciones estándar registradas para ambos suelos (tabla 2) fueron grandes, comportamiento normal en las primeras semanas de crecimiento de la especie en estudio, en las cuales el aumento en el peso es muy variable para cada organismo (Lavelle, 1978).



Gráfica 1. Peso de *P. corathyrus* en suelo de sembradío de maíz y en suelo control.

SEMANA	PESO (gramos)			
	CONTROL		EXPERIMENTAL	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
0	0.15	0.08	0.14	0.11
1	0.20	0.05	0.16	0.09
2	0.31	0.10	0.20	0.13
3	0.35	0.12	0.23	0.13
4	0.39	0.14	0.26	0.12
5	0.42	0.14	0.30	0.15
6	0.46	0.15	0.33	0.18
7	0.51	0.16	0.36	0.12
8	0.58	0.16	0.36	0.10
	N = 4		N = 10	

Tabla 2. Peso de los organismos a lo largo del período experimental.

7.1.2 Consumo de suelo

El consumo de suelo promedio mostró fluctuaciones semanales tanto en el suelo control como en el experimental (gráfica 2 y tabla 3), aunque estas fueron mucho más acentuadas en el suelo de sembradío.

De esta manera, el consumo de suelo/ día/ lombriz (g) fue significativamente mayor, ($P < .000$) casi el doble, durante las primeras tres semanas, para los oligoquetos presentes en el suelo experimental (medias= 0.37, 0.78 y 0.91 g) mientras que los anélidos del grupo control consumieron un promedio de 0.23, 0.47 y 0.55 g en el mismo tiempo.

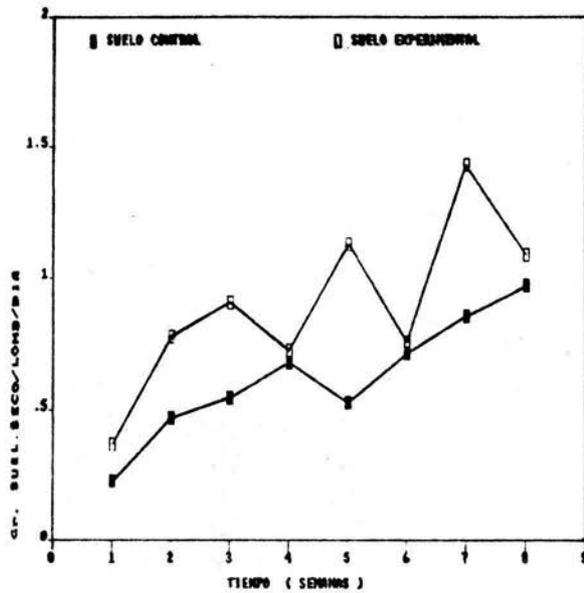
Para la cuarta semana los anélidos presentes en el suelo control disminuyeron su consumo, mientras que los del suelo experimental continuaban con la tendencia al incremento. No obstante, en esta semana el consumo de suelo promedio no varió significativamente.

En la quinta semana los anélidos del grupo control consumieron una menor cantidad promedio de suelo ($P < .05$), en relación a los del grupo experimental (medias= 0.53 y 1.15, respectivamente).

A partir de la sexta semana y hasta el final del período experimental, el grupo control aumentó progresivamente su consumo promedio de suelo, mientras que los oligoquetos presentes en el suelo del sembradío de maíz continuaban mostrando fluctuaciones. Se encontraron diferencias significativas en las semanas 7 y 8 ($P < .05$), en donde el grupo control consumió una media de 0.86 y 0.97 g, respectivamente, en tanto que los promedios de consumo de suelo del grupo experimental fueron: 1.43 y 1.09 g, respectivamente.

Pese a las fluctuaciones mostradas a lo largo del tiempo de experimentación, en general se observó un mayor consumo de suelo en los individuos de *P. corethrurus* introducidos al suelo de sembradío de maíz.

Las variaciones observadas en el consumo de suelo podrían ser atribuidas a la diferencia en el contenido y calidad de materia orgánica de ambos tipos de suelo (tabla 1), de manera que los anélidos introducidos al suelo de la parcela experimental tuvieran que ingerir una mayor cantidad de suelo para satisfacer sus demandas metabólicas en relación a los oligoquetos presentes en el suelo control (suelo de bosque mesófilo).



Gráfica 2. Consumo de suelo de *P. corethrurus* en suelo de sembradío de maíz y en suelo control.

SEMANA

CONSUMO DE SUELO
(g de suelo seco/ lombriz/día)

	<u>CONTROL</u>		<u>EXPERIMENTAL</u>	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	0.23	0.09	0.37	0.14
2	0.47	0.17	0.78	0.24
3	0.55	0.19	0.91	0.21
4	0.68	0.24	0.73	0.25
5	0.53	0.23	1.13	0.30
6	0.72	0.20	0.76	0.25
7	0.86	0.20	1.43	0.25
8	0.97	0.24	1.09	0.24
	N = 4		N = 10	

Tabla 3. Consumo de suelo de *P. corethrurus* a lo largo del período experimental.

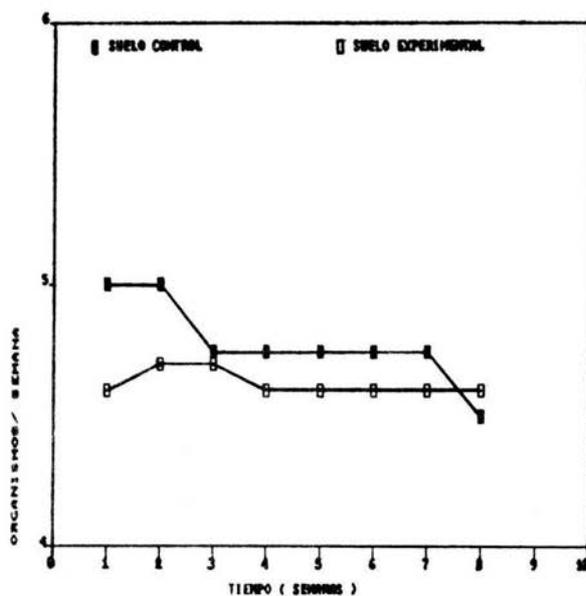
7.1.3 Actividad

El porcentaje de oligoquetos en quiescencia, encontrados en las distintas unidades experimentales en el suelo de la parcela experimental y en el suelo control, a lo largo de las ocho semanas de experimentación, fue el siguiente: 1a. semana 8 y 0%, respectivamente; 2a. semana 6 y 0%; 3a. semana 6 y 5%; 4a. semana 8 y 5%, 5a. semana 8 y 5%; 6a. semana 8 y 5%; 7a. semana 8 y 5%, respectivamente. En la tabla 4 se puede apreciar la media de organismos activos durante el período experimental (el número de unidades experimentales para el grupo experimental y control fue 10 y 4, respectivamente).

El análisis estadístico no reveló diferencias significativas ($P > .05$), lo cual indica que la actividad de *P. corethrurus* no se modifica radicalmente cuando se le introduce al suelo del sembradío en estudio (gráfica 3, tabla 4); lo cual podría implicar que la cantidad de materia orgánica presente en el suelo de sembradío, permite el desarrollo de organismos fisiológicamente sanos.

7.1.4 Fecundidad

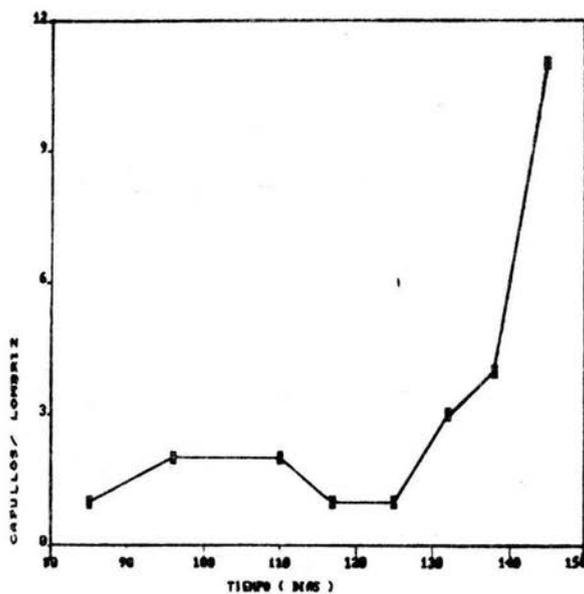
El tiempo de generación, en el suelo experimental a la capacidad de campo (39%, $pF = 2.5$), fue de 85 días (gráfica 4 y tabla 5), obteniéndose un total de 25 huevos (suma de promedios) en dos meses de experimentación. El número de capullos se incrementó a lo largo del período experimental, alcanzándose el máximo valor promedio (11 capullos) después de 145 días (gráfica 4 y tabla 5). Por ello, es probable que si la producción de capullos se hubiera mantenido en la proporción observada, se hubiera alcanzado una cantidad de 45-100 por año.



Gráfica 3. Actividad de *P. corethrurus* en suelo de sembrado de maíz y en suelo control.

SEMANA	ACTIVIDAD (No. de organismos/semana)			
	CONTROL		EXPERIMENTAL	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	5.00	0	4.6	0.7
2	5.00	0	4.7	0.5
3	4.75	0.5	4.7	0.5
4	4.75	0.5	4.6	0.5
5	4.75	0.5	4.6	0.5
6	4.75	0.5	4.6	0.5
7	4.75	0.5	4.6	0.5
8	4.50	0.58	4.6	0.5
	N = 4		N = 10	

Tabla 4. Actividad de *P. corethrurus* a lo largo del tiempo de experimentación.



Gráfica 4. Fecundidad de *P. corethrurus* en suelo de sembradío de maíz.

DÍAS	No. DE CAPULLOS	
	\bar{x}	s
85	1	0.04
96	2	0.13
110	2	0.81
117	1	0.75
125	1	0.83
132	3	1.37
138	4	2.62
145	11	2.0

N = 10

Tabla 5. Fecundidad de *P. corethrurus* en el suelo de sembradío de maíz durante el período de experimentación.

7.2 Trabajo de campo

El 8 de Octubre de 1989, al concluir el ciclo de crecimiento del maíz, luego de casi 4 meses de experimentación en la parcela experimental, se procedió a recolectar y contar el número de individuos de *P. corethrurus* presentes en los distintos tratamientos, para lo cual se extrajo el suelo de cada unidad experimental (80 en total) y fue analizado manualmente.

Del total de oligoquetos introducidos sólo se recuperó un 11.5% (57 individuos de 497 incorporados al inicio del experimento) (tabla 6).

Los tratamientos en los que se encontró el mayor número de anélidos de la especie *P. corethrurus*, fueron el MRI y el MRSRI, encontrándose prácticamente ausentes de los restantes tratamientos, aunque algunos se encontraron en tratamientos a los cuales no se les introdujo (tabla 6).

Además de *P. corethrurus* se encontraron las siguientes especies de anélidos:

1. *Dichogaster affinis*
2. *Dichogaster bolau*
3. *Amyntas gracilis*

Las *Dichogaster* se distribuyeron en todos los tratamientos aunque fueron más abundantes en el MRSRI (tabla 5) y corresponden a organismos epigeos de pequeño tamaño (1-2 cm de longitud), coloración café-crema y huevos pequeños (1-2 mm).

Amyntas gracilis es una especie epiendógea (vive dentro del suelo pero en la parte superficial del mismo) de regular tamaño (5-11 cm) y gran movilidad. Se encontró en

mucho menor cantidad que las especies mencionadas anteriormente, en los tratamientos MRSL, MRSRI y MRSRIL (tabla 6).

TABLA 6

<u>TRATA- MIENTO</u>	<i>D. bolawi</i>	<i>D. affinis</i>	<i>A. gracilis</i>	<i>P. corethrurus</i>
M	17	20		1
ML	19	36		2
MRS	59	69		1
MRSL	47	60	3	6
MRI	39	59		
MRIL	62	86		22
MRSRI	177	140	2	2
MRSRIL	79	115	3	23

Tabla 6. Especies encontradas y su frecuencia de aparición en los distintos tratamientos, para el muestreo del mes de Octubre.

7.3 Parámetros fisicoquímicos y ambientales

7.3.1 Temperatura ambiental del suelo y precipitación

La temperatura ambiental promedio disminuyó a lo largo del tiempo de experimentación de 29°C en el mes de Junio, a 27°C en Septiembre (gráfica 5, tabla 7).

Asimismo, la temperatura promedio del suelo disminuyó progresivamente desde el mes de Junio a Septiembre, lo cual coincide con la disminución de la temperatura ambiental promedio mencionada anteriormente (gráfica 5, tabla 7).

En el mes de Junio el tratamiento que presentó la menor temperatura promedio fue el MRS, con 29°C ($P < .01$), en tanto que los restantes tratamientos tuvieron una media de 30°C.

Para Julio, los tratamientos MRS y MRSRI tuvieron una media de temperatura de 29°C ($P < .05$), mientras que la del M y MRI fue de 30°C ($P < .05$).

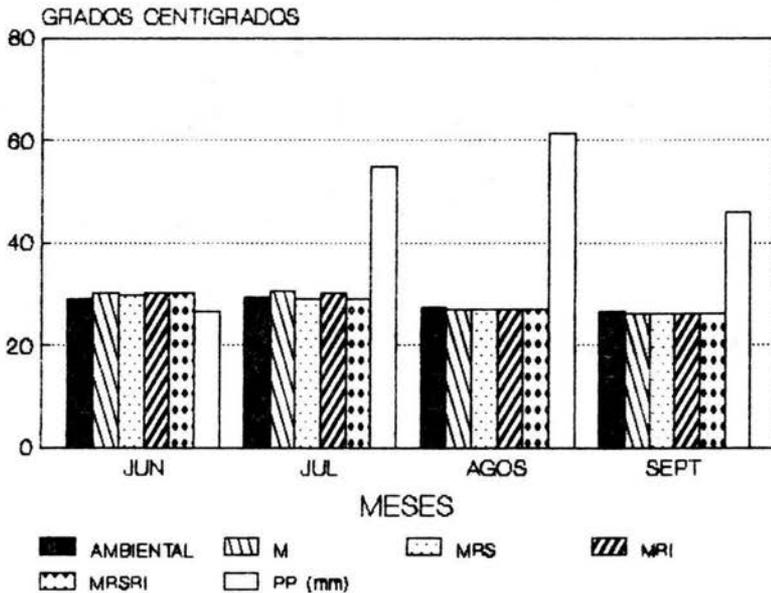
En Agosto y Septiembre la temperatura no varió significativamente para ningún tratamiento ($P > .05$).

Por otro lado, la temporada de lluvias comenzó en el mes de Junio, mes al que correspondió una media de precipitación total de 315.7 mm, incrementando hasta 1118.8 mm durante el mes de Agosto (gráfica 5 y tabla 8).

Para el mes de Septiembre la precipitación había disminuido considerablemente, (456 mm). Se podría decir que este fue el último mes de las lluvias, puesto que sólo se registraron algunas lluvias esporádicas y poco cuantiosas al inicio del mes de Octubre, por lo que hubo necesidad de regar los tratamientos hasta el fin del experimento (9 de Octubre de 1989) (gráfica 6, tabla 8).

7.3.2 Porcentaje de humedad del suelo

El porcentaje promedio de humedad del suelo no varió significativamente entre los tratamientos ($P > .05$), sin embargo, la humedad fue ligeramente mayor en los tratamientos MRSRI y MRS con valores de 45 y 43%, respectivamente, en comparación a los tratamientos M y MRI que tuvieron una media de humedad de 41% (gráfica 5).



Gráfica 5. Temperatura ambiental y de suelo ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación (mm) en la parcela experimental (Gómez Farías, Tamps.), durante el período de experimentación.

<u>MES</u>	<u>AMBIENTAL</u>		<u>TRATAMIENTO</u>	<u>SUELO</u>	
	\bar{x}	s		\bar{x}	s
JUNIO	28.95	1.66	M	30	1.04
			MRS	29	0.73
			MRI	30	1.01
			MRSRI	30	1.43
JULIO	29.24	2.11	M	30	1.21
			MRS	29	1.10
			MRI	30	1.31
			MRSRI	29	1.27
AGOSTO	27.19	1.02	M	27	1.40
			MRS	27	1.19
			MRI	27	1.65
			MRSRI	27	1.03
SEPTIEMBRE	26.67	2.03	M	26	2.31
			MRS	26	2.35
			MRI	26	2.39
			MRSRI	26	2.31

Tabla 7. Temperatura ambiental y temperatura del suelo a lo largo del período experimental (Agr. J. C. Patrón Ibarra).

<u>MES</u>	<u>PRECIPITACION</u>
	(mm)
JUNIO	315.66
JULIO	660.00
AGOSTO	1118.80
SEPTIEMBRE	456.00

Tabla 8. Precipitación durante el período de experimentación.

7.3.3 C total y % de Materia Orgánica

El C total y, consecuentemente, el porcentaje de materia orgánica, se incrementaron en los tratamientos a los que se añadió rastrojo (tabla 9).

De esta manera, el porcentaje inicial promedio de C y materia orgánica en el mes de Junio (medias= 2.95 y 4.84, respectivamente), se elevó en el mes de Julio en los distintos tratamientos ($P > .05$) (medias): M= 2.98 y 4.99 MRS= 3.34 y 5.49; MRI= 3.01 y 5.09 y MRSRI= 3.54 y 5.82% para cada mes, respectivamente (tabla 9).

Para el mes de Octubre, después de la temporada de lluvias y como resultado de la degradación microbiana (ver adelante), los porcentajes promedio de C y materia orgánica decrecieron a valores muy semejantes a los encontrados al inicio del experimento (medias): M= 2.42% de C total y 4.18% de materia orgánica; MRS= 2.42 y 4.28%; MRI= 2.52 y 4.35% y MRSRI= 2.58 y 4.51%, respectivamente.

Asimismo, la relación C/N encontrada para los meses de Julio (10.56) y Octubre (7.9), indica una elevada tasa de descomposición de la materia orgánica que coincide con el incremento en los números microbianos (comportamiento que será explicado posteriormente).

Así, el decremento observado en el porcentaje de C total y de materia orgánica a lo largo del tiempo de experimentación puede ser el resultado del proceso natural de degradación, en el cual una parte del C es inmovilizado en biomasa microbiana y vegetal, mientras que otra se pierde por lixiviación de productos solubles y formación de CO_2 (Foth, 1978; Tate 1987).

TABLA 9

	<u>JUNIO</u>	<u>TRATAMIENTO</u>	<u>JULIO</u>	<u>OCTUBRE</u>
C total	2.95	M	$\bar{x} = 2.98$ $s = 0.42$	2.42 0.38
		MRS	$\bar{x} = 3.34$ $s = 0.56$	2.42 0.39
		MRI	$\bar{x} = 3.01$ $s = 0.38$	2.52 0.32
		MRSRI	$\bar{x} = 3.54$ $s = 0.42$	2.58 0.23
% de Materia organica	4.84	M	$\bar{x} = 4.99$ $s = 0.71$	4.18 0.64
		MRS	$\bar{x} = 5.49$ $s = 0.96$	4.28 0.69
		MRI	$\bar{x} = 5.09$ $s = 0.64$	4.35 0.56
		MRSRI	$\bar{x} = 5.82$ $s = 0.77$	4.51 0.39

Tabla 9. C total (g. de C/ 100 g de suelo seco) y % de Materia Orgánica a lo largo del periodo experimental.

7.3.4 N total

La cantidad de nitrógeno presente en el suelo experimental disminuyó desde un valor promedio de 0.33 en el mes de Junio a 0.31 en el mes de Julio a 0.32 en el mes de Octubre (tabla 10). Esta disminución corresponde a la mineralización del nitrógeno orgánico a amonio, a partir del cual puede pasar a formar parte de la biomasa vegetal y microbiana o bien ser transformado a NO_3 por medio del proceso de nitrificación, luego de lo cual puede perderse a través de la lixiviación o denitrificación (Foth, 1978; Tate, 1987). El incremento observado de Julio a Octubre podría ser el resultado del acarreo de materia orgánica adicional propiciado por las lluvias (Clarholm y Rosewall, 1980).

7.3.5 pH

La concentración de iones hidrógeno en el suelo de sembradio de maíz disminuyó a lo largo del experimento, desde un valor de 6.6 al inicio del experimento, hasta 5.9 (tabla 11), probablemente debido a la formación de H_2SO_4 y HNO_3 como productos de la degradación de la materia orgánica (Brady, 1974).

Los tratamientos no difieron significativamente ($P > .05$) en la concentración de iones hidrógeno en ninguno de los muestreos (tabla 11).

TABLA 10

<u>TRATAMIENTO</u>	<u>JUNIO</u>	<u>JULIO</u>	<u>OCTUBRE</u>
M		$\bar{x} = 0.30$ $s = 0.05$	$x = 0.30$ $s = 0.05$
MRS		$\bar{x} = 0.31$ $s = 0.06$	$x = 0.32$ $s = 0.04$
MRI	0.33	$\bar{x} = 0.29$ $s = 0.05$	$x = 0.32$ $s = 0.05$
MRSRI		$\bar{x} = 0.32$ $s = 0.03$	$x = 0.32$ $s = 0.04$

Tabla 10. Nitrógeno total (100 g de suelo seco) durante el período experimental.

TABLA 11

<u>JUNIO</u>	<u>TRATAMIENTO</u>	<u>JULIO</u>		<u>OCTUBRE</u>	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s
6.6	M	6.01	0.15	5.89	0.15
	MRS	6.08	0.09	5.89	0.09
	MRI	6.12	0.18	5.88	0.08
	MRSRI	6.53	0.11	5.89	0.09
N = 3		N = 40		N = 40	

Tabla 11. pH a lo largo del período experimental

7.4 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

7.4.1 Sembradío de maíz

7.4.1.1 Bacterias y Actinomicetes

Las bacterias constituyeron el grupo microbiano más numeroso en el suelo del sembradío de maíz ($P < .05$), durante el período experimental (Junio a Octubre de 1989), alcanzando una mediana en el número de UFC/ g de suelo seco de 69×10^6 ; los actinomicetes les siguieron en número, con una mediana de 24×10^6 (gráfica 6).

Tanto para las bacterias como para los actinomicetes, el número promedio de microorganismos varió con la temporada de muestreo, incrementándose con el tiempo y alcanzando sus máximos valores en el mes de Octubre (gráfica 6).

Por otro lado, la técnica de conteo en placa reveló que el mejor tratamiento para las bacterias unicelulares y filamentosas fue el MRSRI ($P < .01$), seguido por el MRS (gráfica 7).

De esta manera, en el tratamiento MRSRI el número promedio de UFC de bacterias fue 1.8 veces mayor ($P < .01$) que el obtenido en el tratamiento control (MD) a lo largo de todo el experimento, en tanto que en el tratamiento MRS la diferencia fue de 1.5 veces ($P < .01$) (gráfica 7). En el caso de los actinomicetes la diferencia en el número promedio de UFC para ambos tratamientos en relación al suelo control fue 2.6 veces mayor que éste ($P < .000$) (gráfica 9).

El análisis estadístico del número de UFC/ g de suelo seco de bacterias y actinomicetes a lo largo de los cinco meses de experimentación indicó que la influencia de *P. corethrurus* sobre ellos varía dependiendo del tratamiento al que fueron introducidos los oligoquetos y a la temporada de

muestreo.

Así, en el mes de Julio se observó una tendencia al incremento en el número promedio de bacterias en los tratamientos M y MRS cuando los oligoquetos estaban presentes (medianas: ML= 58, M=38, MRSL=72 y MRS=60 x 10⁶, P < .05 en todos los casos), en tanto que en los tratamientos MRI y MRSRI el número promedio de UFC disminuyó en presencia de *P. corethrurus* (medianas: MRIL=36, MRI=61, MRSRIL=49 y MRSRI=70 x 10⁶), aunque la diferencia no fue significativa en ningún caso (P > .05) (gráfica 7).

La dinámica de crecimiento realizada con las muestras colectadas en el mes de Octubre, reveló que, si bien del primer al tercer día de incubación el número promedio de UFC / g de suelo seco de bacterias fue menor en los tratamientos donde se introdujo a *P. corethrurus*. A partir del 5o. día de incubación la tendencia fue la contraria, aunque las diferencias observadas no fueron significativas en ningún día (P > .05) (gráfica 8).

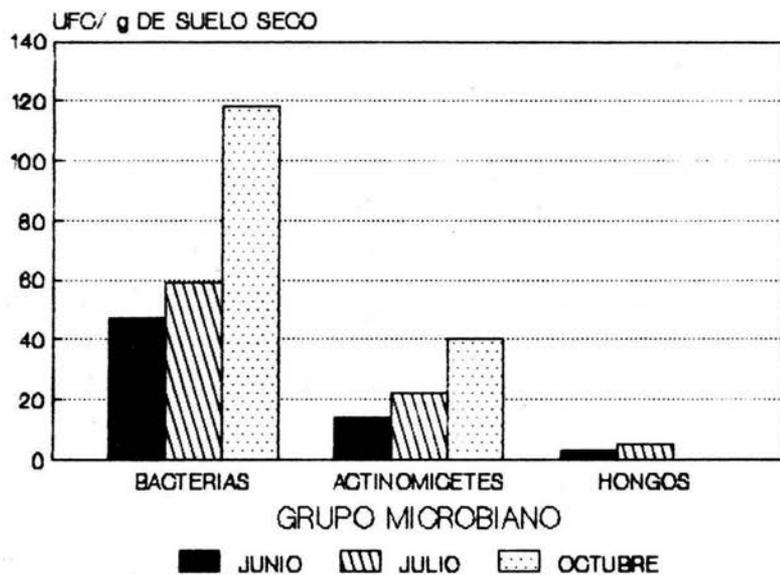
De este modo, las medianas de UFC en los diferentes días de incubación fueron las siguientes (L= lombrices): 1L=21, 1=21; 3L=28, 3=43; 5L=39, 5=24; 7L=32 y 7=22 x 10⁶ (gráfica 8).

En cuanto a los actinomicetes, se observó una tendencia al aumento, aunque no significativa (P > .05) en el número promedio de UFC, en presencia de *P. corethrurus*, en el tratamiento ML en el mes de Julio (medianas: ML=20 y M= 12 x 10⁶). En los restantes tratamientos se observó la tendencia contraria, pues el número promedio de UFC/ g de suelo seco disminuyó en presencia de los anélidos (P < .05) (medianas: MRSL=26, MRS=30; MRIL=11, MRI=22; MRSRIL=23 y MRSRI=32 x 10⁶) (gráfica 9).

Para el mes de Octubre el número promedio de UFC de actinomicetes en presencia de *P. corethrurus* no varió significativamente ($P > .05$), aunque se encontró la tendencia a una disminución en dicho número en los tratamientos M, MRS y MRSRI cuando los oligoquetos habían sido incorporados (medianas: ML=23, M=37; MRSL=11, MRS=22; MRSRIL=23 y MRSRI=32 x 10^6). En el tratamiento MRI, sin embargo, el número promedio de microorganismos aumentó cuando se incorporaron los anélidos (gráfica 9).

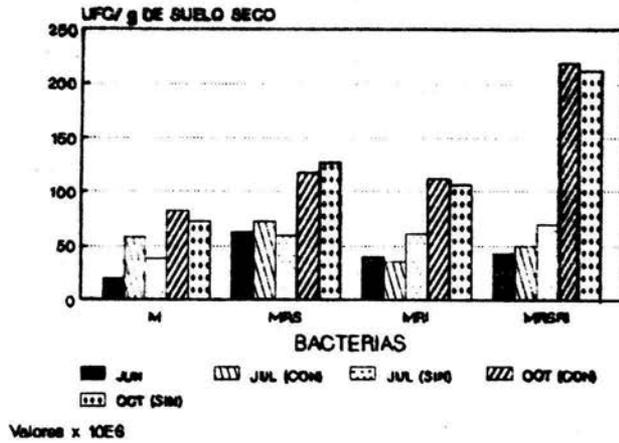
Al analizar la influencia de *P. corethrurus* sobre el total de valores obtenidos para los actinomicetes en el mes de Octubre (dinámica de crecimiento), se hizo evidente una tendencia a la disminución en el número promedio de UFC en presencia de los anélidos, en relación al suelo control, del primer al 5o. día de incubación ($P > .05$) (gráfica 10), aunque del 6o. al 7o. día se observó un mayor número de UFC en presencia de los anélidos.

Las medianas para los distintos días de incubación en presencia de *P. corethrurus* y sin oligoquetos fueron las siguientes: 1L=6, 1=10; 3L=9, 3=9; 5L=11, 5=12; 7L=8 y 7=7 x 10^6 (gráfica 11).

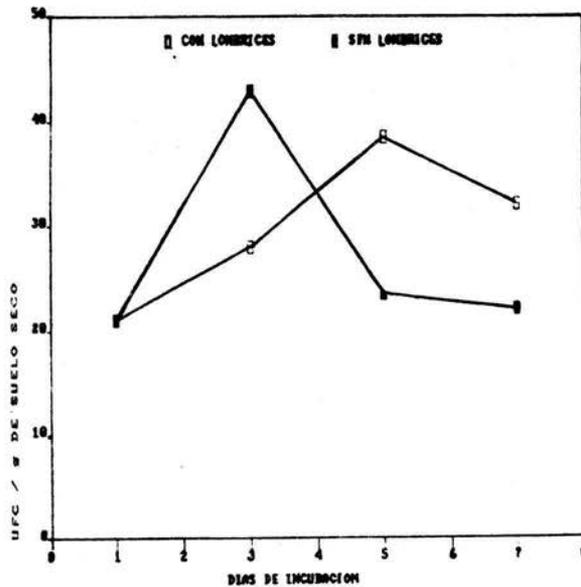


Bac. y Acti. $\times 10E6$; Hong. $\times 10E5$.

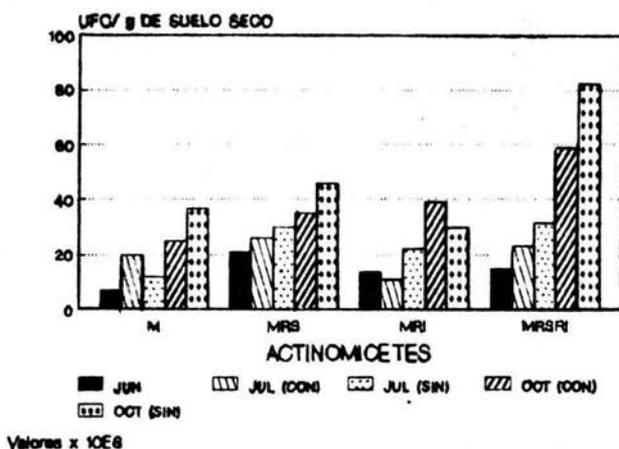
Gráfica 6. Número de microorganismos a lo largo del período experimental (Valores de bacterias y actinomicetes $\times 10^6$ y hongos $\times 10^5$).



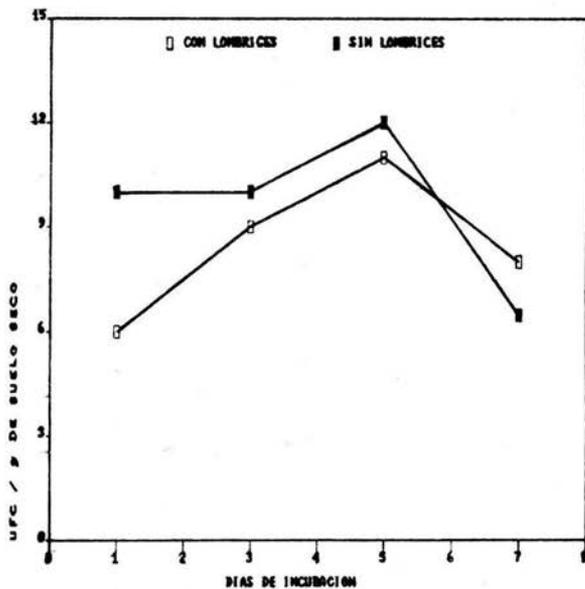
Gráfica 7. Influencia de *P. coretharus* sobre el número de bacterias en los distintos tratamientos, durante el período experimental (valores x 10⁶).



Gráfica 8. Dinámica de crecimiento en el agar de bacterias extraídas de los tratamientos experimentales en el mes de Octubre (valores x 10⁶).



Gráfica 9. Influencia de *P. corethrurus* sobre el número de actinomicetes en los distintos tratamientos, durante período experimental (valores x 10⁶).



Gráfica 10. Dinámica de crecimiento en el agar de actinomicetes extraídos de los tratamientos experimentales en el mes de Octubre (valores x 10⁶).

7.4.1.2 Hongos

Este grupo microbiano fue el menos numeroso en el suelo del sembradío de maíz en estudio, con una mediana de 2.5×10^5 UFC/ g de suelo seco durante el período experimental (gráfica 6).

Los hongos fueron más abundantes ($P < .000$) en los tratamientos que poseían rastrojo superficial: MRS y MRSRI (gráfica 11).

No se encontraron diferencias significativas en el número promedio de UFC de hongos del mes de Junio a Julio, aunque se observó la tendencia a un ligero incremento, para disminuir significativamente ($P < .01$) en el mes de Octubre, las medianas para cada mes fueron las siguientes: Junio= 3, Julio= 5×10^5 y Octubre= 5×10^4 (gráfica 6).

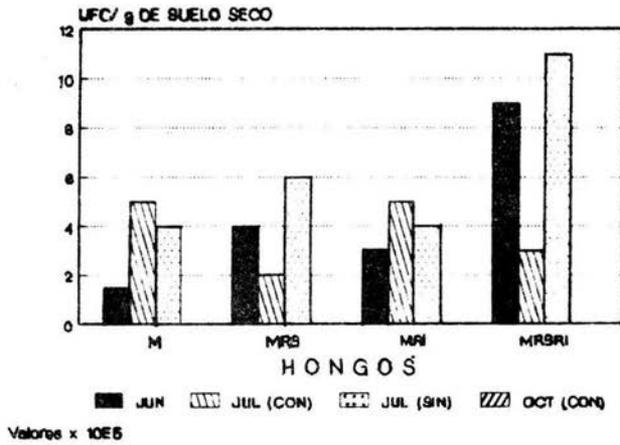
El efecto de *P. corethrurus* sobre el número promedio de UFC/ g de suelo seco a lo largo del período de experimentación varió dependiendo del tratamiento al que se introdujeron los anélidos (gráfica 11).

Así, en el mes de Julio en los tratamientos M y MRI el número promedio de UFC de hongos no difirió significativamente ($P > .05$), cuando los anélidos estuvieron presentes, en tanto que en los tratamientos MRS y MRSRI el número promedio de estos microorganismos disminuyó significativamente ($P < .01$) en presencia de *P. corethrurus*. La disminución observada fue de un 300% en el caso del tratamiento MRS y de un 400% para el MRSRI (gráfica 11).

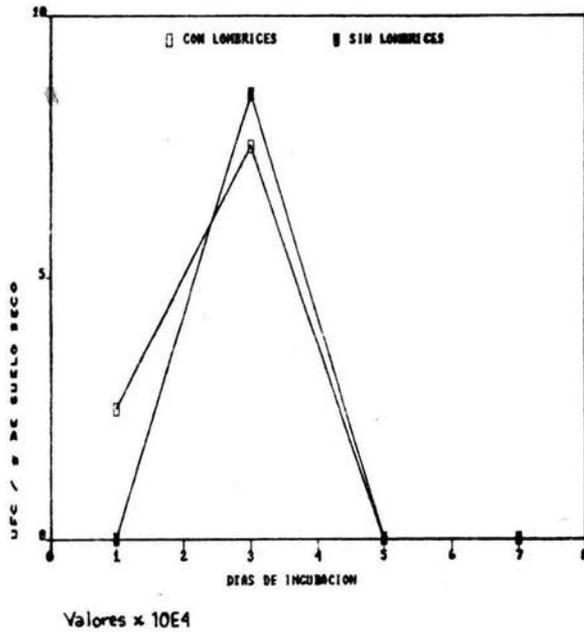
La dinámica de crecimiento no mostró diferencias significativas en el número de UFC de hongos/ g de suelo seco, ni en la velocidad de aparición en el agar de las colonias, cuando los anélidos estuvieron presentes, aunque

en el 3er. día de incubación los tratamientos a los cuales se introdujo *P. corethrurus* mostraron una tendencia a un mayor número de UFC (gráfica 12).

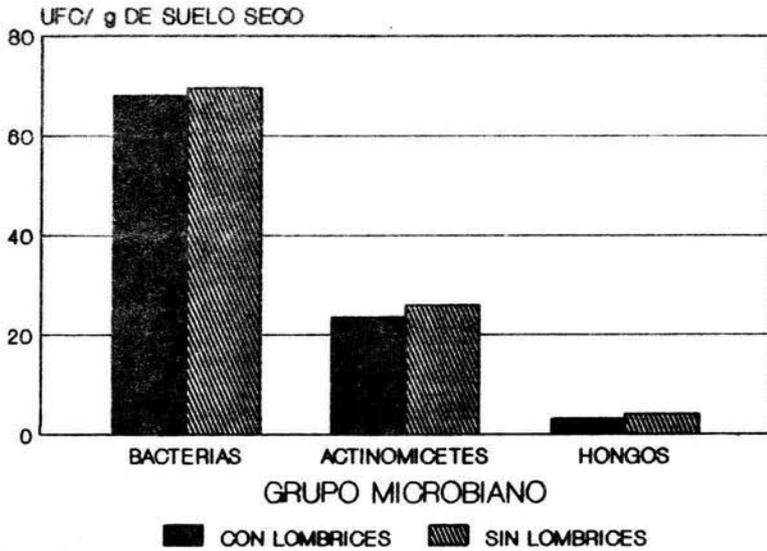
Finalmente, cabe mencionar que, pese a que no fue significativa ($P < .05$), al considerar los valores totales de UFC/ g de suelo seco obtenidos a lo largo del período experimental, se observó una tendencia al decremento en el número promedio de UFC de bacterias, hongos y actinomicetes en presencia de *P. corethrurus* (gráfica 13).



Gráfica 11. Influencia de *P. corethrurus* sobre hongos extraídos de los tratamientos experimentales en el mes de Octubre (valores x 10⁵).



Gráfica 12. Dinámica de crecimiento en el agar de hongos extraídos de los tratamientos experimentales en el mes de Octubre (valores x 10⁴).



Bac. y Acti. x 10E6; Hong. x 10E5.

Gráfica 13. Influencia de *P. corethrurus* sobre los distintos grupos microbianos durante el periodo experimental (valores de bacterias y actinomicetes x 10⁶ y hongos x 10⁵).

7.4.2 Intestino

7.4.2.1. Bacterias y Actinomicetes

El número promedio de UFC de bacterias/ g de suelo seco se incrementó a su paso por el intestino de *P. corethrurus* (gráfica 14).

En la parte anterior el número promedio de los mencionados microorganismos fue 2.1 veces mayor que el obtenido en el suelo control ($P < .01$), decreciendo a 1.8 la diferencia encontrada en la parte media ($P < .05$), en relación al suelo control. En la parte posterior el número promedio de UFC volvió a elevarse, obteniéndose un aumento de 2.2 veces en relación al suelo control e incrementándose aún más 3.1 veces ($P < .05$) en las heces frescas (gráfica 14).

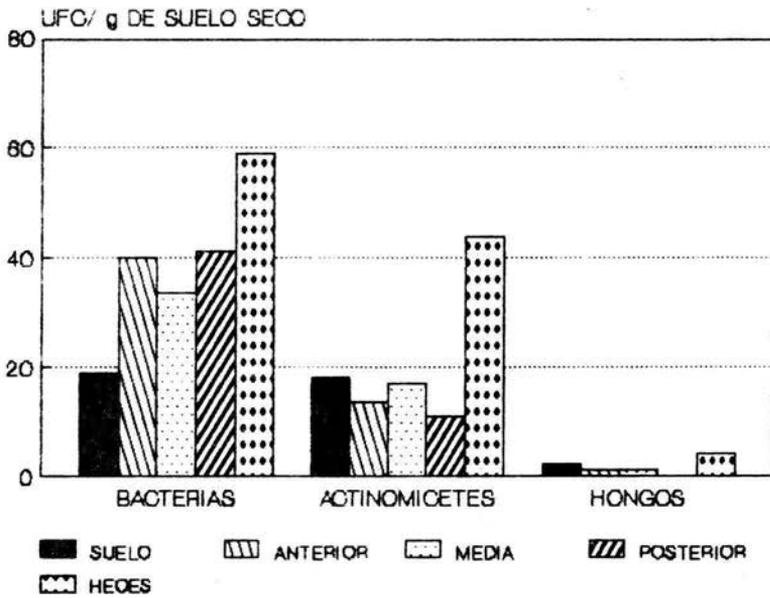
La dinámica de crecimiento confirmó el notorio aumento en los números bacterianos puesto que, mientras que la cantidad promedio de colonias que aparecieron en el agar disminuye en el suelo control después del primer día de incubación, en el intestino incrementaron significativamente ($P < .000$) en el 3er. y 4o. día y, si bien es cierto que disminuyeron a partir de entonces, la cantidad promedio de UFC/ g de suelo seco siguió siendo significativamente mayor ($P < .01$) que la encontrada en el suelo de sembradío hasta el 5o. día de incubación (gráfica 15).

Así, las medianas obtenidas en el intestino (agrupando los números bacterianos encontrados en la parte anterior, media y posterior) y el suelo control para los distintos días de incubación fueron, respectivamente: 1er. día 78 y 60×10^6 ($P > .05$); 2o. día 7 y 52×10^6 ($P < .01$); 3er. día 80 y 11×10^6 ($P < .000$); 4o. día 144 y 17×10^6 ($P < .000$); 5o. día 62 y 17×10^6 ($P < .01$); 6o. día 21 y 27×10^6 ($P > .05$); 7o. día 13 y 14×10^6 ($P > .05$).

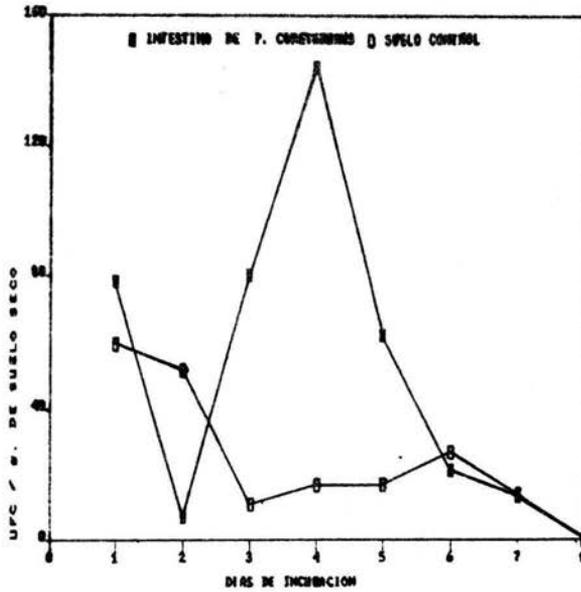
Respecto a los actinomicetes, al comparar los valores promedio de UFC/ g de suelo seco del intestino y el suelo control, no se encontraron diferencias significativas ($P > .05$), aunque se observó una tendencia a la disminución en dicho número cuando el suelo ingerido atravesó el intestino del oligoqueto, obteniéndose los siguientes valores de medianas: suelo = 18×10^6 ; anterior = 13.5×10^6 ; posterior = 11×10^6 . En la parte media, sin embargo, se registró un pequeño incremento en relación a la parte anterior (mediana = 17×10^6) (gráfica 14).

Cabe mencionar que, pese a la tendencia al decremento en el número de UFC, en las heces de 24 horas el número promedio actinomicetes se incrementó en un 260% en comparación al suelo del sembradío ($P < .05$) (gráfica 14).

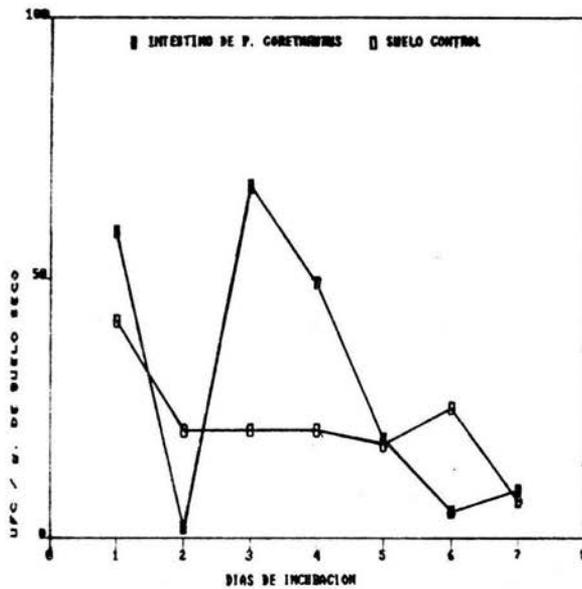
Al analizar en la dinámica de crecimiento el comportamiento del número promedio de actinomicetes a lo largo del tiempo de incubación, fue posible apreciar una cantidad más elevada de microorganismos en el 3er. y 4o. día de incubación en el intestino (3.1 y 2.3 veces más que el suelo control, ($P < .05$) (gráfica 16). De esta manera, si bien la influencia de *P. corethrurus* sobre el número de actinomicetes no es significativa a nivel de cada región intestinal, al considerar el efecto total del tránsito por el intestino se aprecia un incremento que, a nivel microbiano puede ser altamente significativo.



Gráfica 14. Números microbianos en el suelo, intestino y heces de 24 horas de *P. corethrurus* (valores de bacterias y actinomicetes $\times 10^6$ y hongos $\times 10^5$).



Gráfica 15. Dinámica de crecimiento en el agar de bacterias extraídas del intestino de *P. corethrurus* (valores $\times 10^6$).



Gráfica 16. Dinámica de crecimiento en el agar de actinomicetos extraídos del intestino de *P. corethrurus* (valores $\times 10^6$).

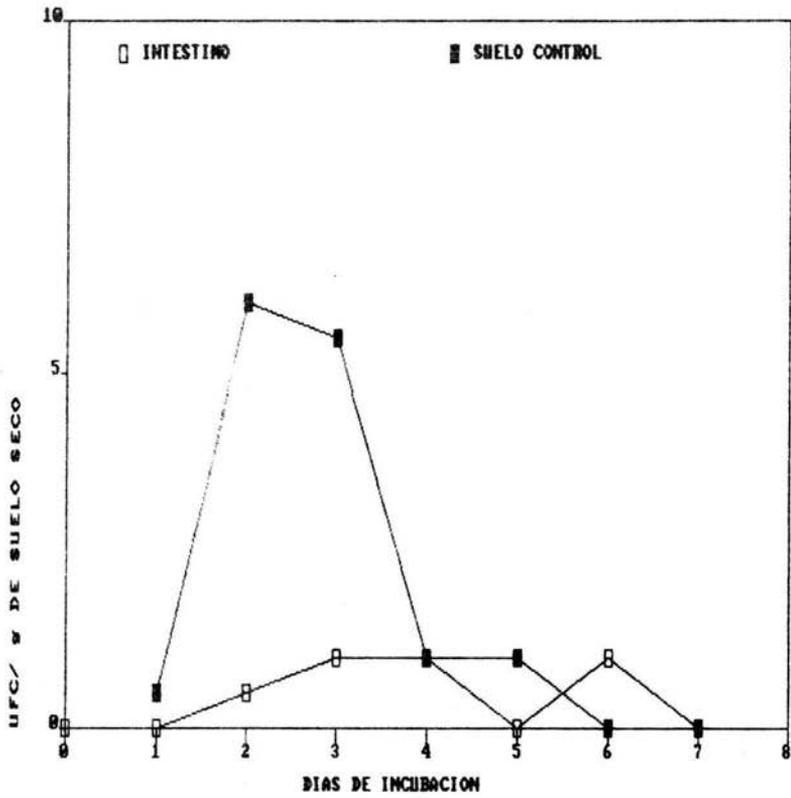
7.4.2.2 Hongos

El paso por el intestino de *P. corethrurus* disminuyó, significativamente ($P < .05$), el número promedio de UFC/g de suelo seco de hongos (gráfica 14).

De esta manera, en la parte anterior se observó un decremento de un 50% en la cantidad de hongos en relación al número promedio de UFC de estos microorganismos encontradas en el suelo de sembradío. Esta proporción se mantuvo en la parte media, en tanto que en la parte posterior la disminución obtenida fue del 100% (tomando en cuenta el número de $UFC \times 10^4$) (gráfica 14).

Asimismo, los resultados de la dinámica de crecimiento hicieron evidente el escaso número promedio de UFC de hongos presente en el intestino de *P. corethrurus* (gráfica 17). Siendo notorio, también, el retraso en la aparición del mayor número de UFC en relación al suelo control, cuando el suelo atraviesa el tracto intestinal del oligoqueto, de modo que sólo al 6o. día de incubación se observa un incremento en el número promedio de colonias 4 veces mayor que el valor obtenido para el suelo control ($P < .05$), en tanto que en el suelo control la aparición de las colonias se inició después del primer día de incubación y el mayor número de UFC se observa en el 2o. día de incubación (gráfica 23).

Las medianas en el número de UFC/g de suelo seco de hongos obtenidas para cada día de incubación en el intestino y en el suelo de sembradío fueron las siguientes, respectivamente: 1er. día 0 y 0×10^4 ; 2o. día 0 y 6×10^4 ($P < .01$); 3er. día 0 y 5.5×10^4 ; 4o. día 1 y 1×10^4 , 5o. día 0 y 0×10^4 y 7o. día 0 y 0×10^4 (gráfica 17).



Gráfica 17. Dinámica de crecimiento en el agar de hongos extraídos del intestino de *P. corethrurus* (valores $\times 10^4$).

7.4.3 Heces

7.4.3.1. Bacterias y Actinomicetes

Al analizar microbiológicamente las heces de *P. corethrurus* de distintos tiempos de abandono (1, 3, 5, 7, 9 y 12 días) se hizo manifiesto el incremento en el número promedio de UFC/ g de suelo seco tanto para bacterias como para actinomicetes en relación a la cantidad encontrada en la parcela experimental (gráficas 18 y 20).

En las heces de 24 horas el aumento en el número promedio de bacterias fue del 300% y, mientras en el suelo de sembradío la mediana de UFC/ g de suelo seco fue de 19×10^6 , en las heces fue de 59×10^6 ($P < .01$) (gráfica 18). Esta diferencia con respecto a la cantidad promedio de microorganismos obtenida en el suelo control disminuyó con el tiempo, no obstante, al observar la gráfica 18 es fácil apreciar que incluso después de 12 días de abandono las heces tenían una mayor cantidad de UFC, encontrándose diferencias significativas hasta el 7o. día ($P < .01$).

De este modo, después de 3 días de abandono, el suelo de cultivo presentó una mediana de 20×10^6 UFC/ g de suelo seco, en tanto que las heces obtuvieron una de 35×10^6 ($P < .05$). En el quinto día los valores obtenidos fueron de 27 y 47×10^6 , respectivamente. Para el séptimo día las medianas fueron de 16×10^6 en el caso del suelo control y de 37×10^6 en las heces ($P < .005$). En el 9o. día de 18 y 22×10^6 , respectivamente y en el 12vo. de 20 y 24×10^6 para el suelo control y las heces (gráfica 18).

Asimismo, el comportamiento del número de bacterias en las heces a lo largo de la dinámica de crecimiento (se cuantificó el número de UFC que aparecían cada día de incubación, de modo que el valor que aparece en cada día de

la dinámica es el conjunto de todos los días de abandono, después de "x" tiempo de incubación), mostró la tendencia ya mencionada, es decir, una mayor cantidad promedio de microorganismos en los turrículos de *P. corethrurus* que en el suelo experimental (gráfica 19).

El máximo valor registrado en el número promedio de UFC de bacterias presente en las heces, correspondió al segundo día de incubación: 2.2 veces más que el suelo de sembrado ($P < .005$).

En cuanto a los actinomicetes, el número de UFC/g de suelo seco también se incrementó en las heces de *P. corethrurus*, de manera que existen diferencias significativas en comparación al número de dichos microorganismos encontrado en el suelo de la parcela experimental, hasta después de 5 días de abandono (gráfica 20).

Después del primer día de abandono, las medianas obtenidas fueron de 24 y 18×10^6 ($P < .01$) para las heces y el suelo control, respectivamente; en el 3er. día sus valores fueron 31 y 24×10^6 ($P < .05$); en el 5o. día de 32 y 17×10^6 ($P < .05$); en el séptimo de 26 y 19×10^6 ($P > .05$); en el 9o. de 14 y 12×10^6 ($P > .05$) y en el 12vo. de 9 y 8×10^6 UFC/g de suelo seco (gráfica 20).

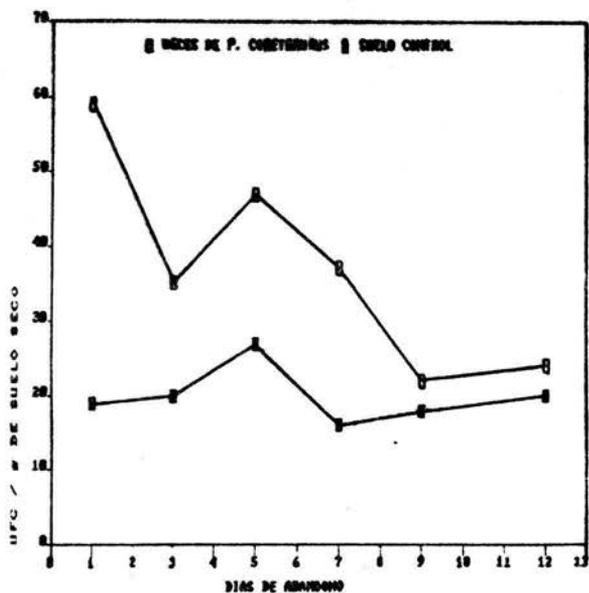
El aumento en el número promedio de actinomicetes en las heces de *P. corethrurus* se apreció claramente al analizar la dinámica de crecimiento, en la cual es notorio el gran número de colonias que aparecen en los primeros 4 días de incubación y que de nuevo podría implicar un efecto del oligoqueto sobre la actividad microbiana en las heces (ver adelante) (gráfica 21).

De esta manera, después del primer día de incubación el número promedio de UFC de actinomicetes/ g de suelo seco en las heces fue 2.5 veces mayor que en el suelo en estudio ($P < .05$), en el 2o. día 1.8 veces ($P < .01$), en el 3er. día la diferencia fue de 1.4 veces ($P < .05$) incrementándose el 4o. día a 2.1 veces ($P < .05$) (gráfica 21).

Al parecer estos microorganismos disminuyeron más rápidamente en las heces que las bacterias, las cuales si bien no significativamente, mostraron la tendencia a un mayor número promedio de UFC/ g de suelo seco que el suelo control, durante los 7 días de incubación (gráfica 18).

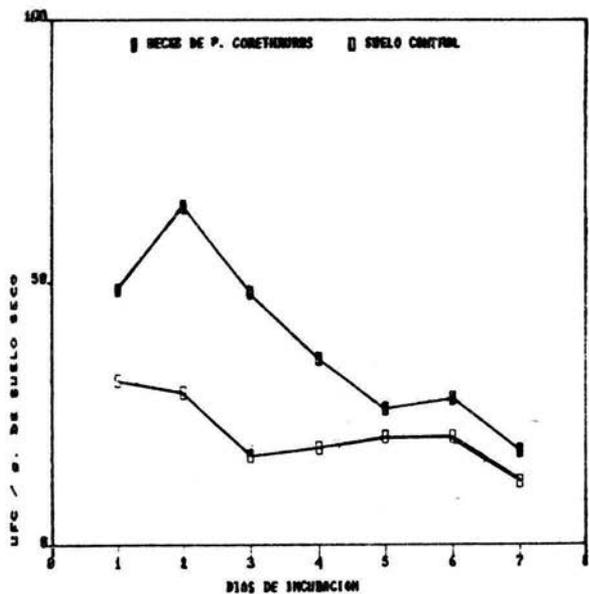
Finalmente, cabe hacer notar la semejanza en el comportamiento del número promedio de UFC/ g de suelo seco en las dinámicas de crecimiento de bacterias y actinomicetes (gráficas 19 y 21) en presencia de *P. corethrurus*. En ambas gráficas es posible observar un incremento en el número promedio de colonias del 1er. al 2o. día de incubación, luego de lo cual disminuye, hasta el 5o. día, en el que es posible observar un ligero aumento en el número de UFC, para continuar en la caída, aunque el decremento en el caso de los actinomicetes es mucho más brusco que para las bacterias. Ello probablemente sea un reflejo de la competencia alimenticia o por espacio con las bacterias las cuales, gracias a su ventaja en número pueden haber disminuido la cantidad de recursos disponibles para los actinomicetes, ocasionando su rápido descenso.

La similitud encontrada en el comportamiento de las dinámicas de crecimiento, sugiere que *P. corethrurus* puede influir de manera similar en ambos grupos microbianos, beneficiando a aquellos microorganismos capaces de resistir el tránsito por el intestino y que son depositados en las heces las cuales, como se verá posteriormente, constituyen un medio propicio para el desarrollo microbiano.



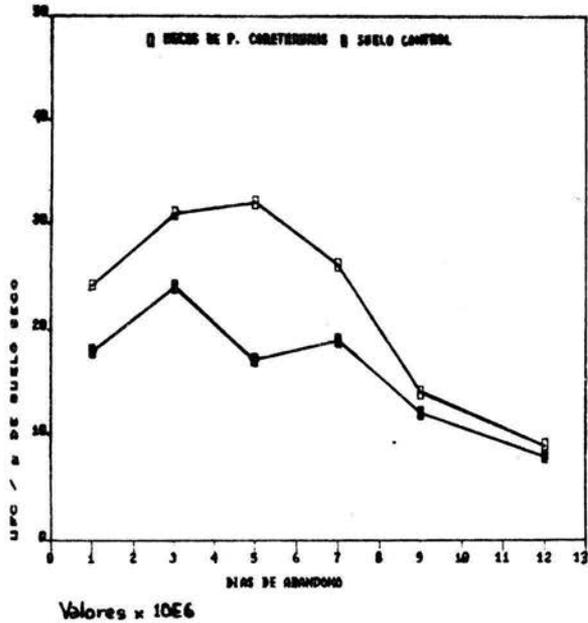
Valores x 10E6

Gráfica 18. Bacterias en heces de *P. corethrus* de diferentes tiempos de abandono (valores x 10⁶).

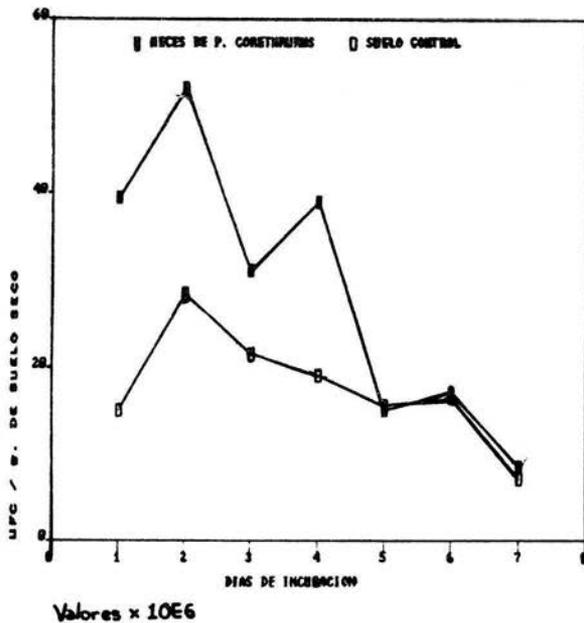


Valores x 10E6

Gráfica 19. Dinámica de crecimiento en el agar de bacterias extraídas de las heces de *P. corethrus* (valores x 10⁶).



Gráfica 20. Actinomicetes en heces de *P. corethrurus* de diferentes tiempos de abandono (valores $\times 10^6$).



Gráfica 21. Dinámica de crecimiento en el agar de actinomicetes extraídos de las heces de *P. corethrurus* (valores $\times 10^6$).

Falta página

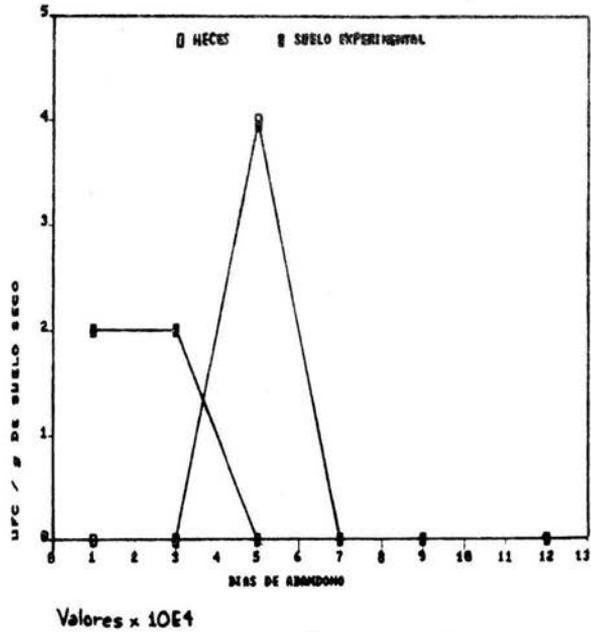
N° 69

7.4.3.2 Hongos

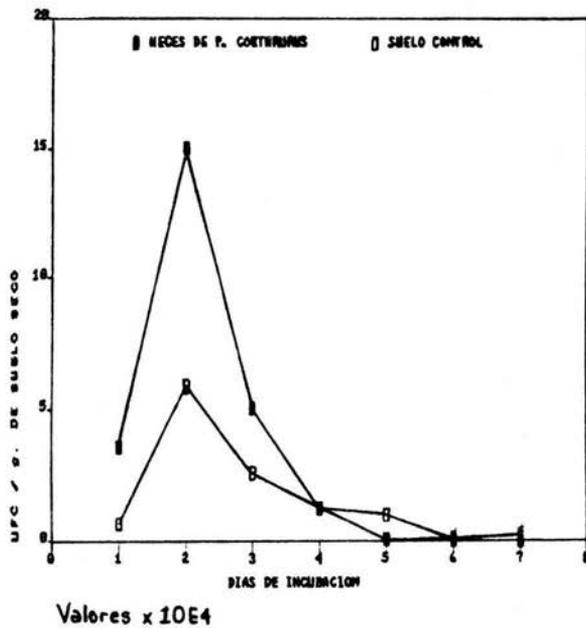
El comportamiento del número promedio de UFC de hongos/g de suelo seco en las heces de *P. corethrurus* de distintas edades de abandono, mostró que algunas especies de este grupo microbiano pueden resultar beneficiadas con las favorables condiciones prevalecientes en ellas, puesto que la mayor cantidad de colonias aparecen en las heces del 50. día de abandono, en tanto que en el suelo de sembradío, si bien en menor cantidad, se manifestaron en heces de 1 a 3 días de abandono (gráfica 22).

De esta forma, en el 50. día de abandono, el número promedio de UFC en las heces fue 4 veces mayor que en el suelo control ($P < .05$), cayendo a cero en los restantes días (tomando en cuenta valores $\times 10^4$) (gráfica 22).

Los resultados proporcionados por la dinámica de crecimiento esclarecieron la relación existente entre *P. corethrurus* y la microflora fúngica de la parcela experimental, encontrándose una tendencia a una mayor cantidad promedio de hongos en las heces, hasta el 40. día de incubación, cayendo el quinto y sexto día, para volver a elevarse del sexto al séptimo día, aunque sólo se encontraron diferencias significativas, en relación al suelo control, para el segundo día de incubación ($P < .05$) (gráfica 23).



Gráfica 22. Hongos en heces de *P. corethrurus* de diferentes tiempos de abandono (valores x 10⁴).



Gráfica 23. Dinámica de crecimiento en el agar de hongos extraídos de las heces de *P. corethrurus* (valores x 10⁴).

8. DISCUSION

8.1 Desarrollo de *P. corethrurus* en laboratorio y campo

Los resultados obtenidos en los cultivos de laboratorio mostraron que, pese a que el consumo de suelo de *P. corethrurus* en el sembradío destinado al cultivo de maíz presentó grandes variaciones, el peso y la actividad de los organismos no difirieron significativamente de los registrados en el suelo control.

Asimismo, los resultados de fecundidad mostraron que el tiempo de generación de *P. corethrurus* en el suelo experimental fue de 85 días, a una humedad del 39%, correspondiente a la capacidad de campo, alcanzándose una producción promedio de 11 capullos / lombriz al cabo de 145 días.

Al respecto, Lavelle et al. (1987) reportan que, a la capacidad de campo, el primer capullo fue producido a los 108 días, alcanzándose una producción anual de 36-40 capullos. El adelanto de casi un mes en la producción del primer capullo en el presente trabajo, hace probable que al cabo de un año se obtuviera una producción total de 45-50 capullos/ lombriz, lo cual es congruente con las observaciones de los mencionados autores.

De esta manera, los resultados obtenidos en peso, actividad y fecundidad muestran que *P. corethrurus* puede desarrollarse sin alteraciones fisiológicas significativas en el suelo destinado al cultivo de maíz, lo cual concuerda con lo reportado por Lavelle et al. (1987), quienes mencionan que la especie es capaz de tolerar una gran variedad de condiciones fisicoquímicas y puede distribuirse en suelos ácidos y básicos, con una textura de arcillosa a arenosa y con un porcentaje de materia orgánica que va de 1

a 10.

No obstante, es necesario tomar en cuenta que las tasas de crecimiento y reproducción obtenidas bajo condiciones experimentales pueden ser sobreestimadas, ya que dichos valores son obtenidos bajo condiciones de humedad y temperatura óptimas (Parmelee y Crossley, 1988). De hecho, es probable que la casi total desaparición de *P. corethrurus* en el experimento de campo pueda deberse a las fuertes precipitaciones de la zona de estudio. La presencia de la especie en tratamientos a los cuales no fue incorporada constituye un apoyo a esta suposición, puesto que se sabe que cuando el porcentaje de humedad incrementa en el suelo, el oxígeno disponible disminuye y las lombrices emergen en busca del mismo (Lee, 1985).

Dado que el terreno se encontraba localizado en una pendiente, es posible que al emerger los anélidos fueran arrastrados por los canalillos de agua originados por la lluvia y alejados del tratamiento correspondiente e incluso de la zona de experimentación, en tanto que los cuerpos de aquellos muertos por asfixia, habrían desaparecido rápidamente, como resultado de la gran actividad microbiana propiciada por las lluvias (ver adelante).

Es improbable que los oligoquetos hayan muerto debido a las condiciones fisicoquímicas presente en el suelo de sembradío puesto que, como se mencionó anteriormente, los experimentos de laboratorio mostraron un desarrollo normal de la especie en dicho suelo.

La temperatura es otro factor que puede ser descartado, ya que Pineda y Hernández (1983) reportan que la especie puede desarrollarse en sitios con un rango de temperatura que va de 15 a 35°C, siempre y cuando el porcentaje de humedad se mantenga alrededor de la capacidad de campo.

Además, en la parcela experimental la temperatura más elevada fue de 30°C, registrada para los tratamientos M, MRI y MRSRI en los meses de Junio y Julio y fue precisamente en este último tratamiento, junto con el MRI, en el que se encontró el más alto número de individuos de *P. corethrurus* al desmontar el experimento (tabla 5).

La supervivencia de los anélidos en los tratamientos MRS y MRSRI puede deberse a la incorporación de materia orgánica al suelo, la cual podría haber beneficiado a los anélidos en varias posibles maneras:

1. La incorporación de rastrojo y la llegada de las lluvias elevaron considerablemente el número de bacterias (gráfica 8), las cuales iniciaron la degradación del rastrojo y su incorporación en la materia orgánica del suelo, dejando a disposición de la lombriz los productos de la degradación y/o facilitando el consumo del mismo.

2. Los anélidos pudieron haber utilizado algunas especies microbianas como alimento (ver adelante) y

3. La presencia de rastrojo incorporado pudo haber impedido la compactación excesiva del suelo producida por las lluvias y, al mismo tiempo, pudo haber conservado oxígeno, reduciendo la posibilidad de muerte por asfixia.

En el tratamiento MRSRI, la barrera contra la energía radiante, proporcionada por el rastrojo superficial, la cual reduce las pérdidas de agua por evaporación y modera las fluctuaciones de la temperatura del suelo (Gupta *et al.* 1984) pudo haber sido otro factor importante en la supervivencia de los oligoquetos.

De esta manera, se hace necesaria la continuación de los estudios en campo con el fin de establecer si *P. corethrurus* se adapta a las condiciones presentes en suelos de sembradío.

La presencia de *D. affinis* y *D. bolau* en el experimento de campo podría deberse a que, dado el pequeño tamaño (1-2 mm de diámetro) y la coloración café-crema de los huevos de estas especies, al inicio del experimento hayan pasado desapercibidos.

Ambas especies de *Dichogaster* se distribuyeron en todos los tratamientos experimentales, aunque se encontró un mayor número de individuos en el MRSRI, tratamiento que, gracias a la presencia de materia orgánica, elevado porcentaje de humedad y sin incrementos bruscos en la temperatura (Curry, 1988), parece haber sido el mejor para las lombrices geófagas.

En cuanto a *A. gracilis*, el escaso número de individuos encontrados al desmontar el experimento sugiere que la especie normalmente no se encuentra en el sembradío y que pudo haber llegado a él de manera azarosa, ya que es una especie epiendógea que tiene gran capacidad de desplazamiento (Gates, 1972).

8.2 Resultados microbiológicos del experimento en campo

El análisis de las muestras de suelo colectado en la parcela experimental, puso de manifiesto la predominancia en número de las bacterias sobre los actinomicetes y hongos a lo largo del tiempo de experimentación y en los distintos tratamientos.

Este comportamiento concuerda con las proporciones de cada grupo microbiano encontradas por Jakubesyk (1970) en cuatro tipos de suelo, quien encuentra que las bacterias son más numerosas que los hongos y los actinomicetes.

Asimismo, Lynch y Hobbie (1988) mencionan que las bacterias sobresalen gracias a su rápido crecimiento y a su gran capacidad para descomponer distintos sustratos naturales, aunque no se puede menoscabar la importancia de los hongos, pues si bien se encuentran en densidades menores que las bacterias y los actinomicetes, su biomasa es mucho mayor, jugando un papel muy importante en la degradación de la materia orgánica y el reciclamiento de nutrientes en el suelo (Martín, 1980).

Por otro lado, el incremento observado en el número de UFC de bacterias y actinomicetes/g de suelo seco a lo largo del período experimental es el resultado de las favorables condiciones fisicoquímicas y ambientales que prevalecieron durante el tiempo de experimentación.

El incremento en número y actividad microbianas durante y después del período de lluvias, ha sido reportado frecuentemente (Zimenko y Revinskaya, 1972; Campbell y Biederbeck, 1976; Clarholm y Rosswall, 1980; Ross *et al.* 1984; Buyanovsky *et al.* 1987; Tuneera y Ramakrishnan, 1989), y se atribuye a que el agua estimula el desarrollo vegetativo de los microorganismos e incrementa la cantidad de nutrientes del suelo, al arrastrarlos de la capa superficial del suelo, la hojarasca y las tierras altas (Clarholm y Rosswall, 1980), por lo cual puede considerarse que en el presente estudio el incremento observado en el número promedio de UFC/g de suelo seco corresponde, en gran medida, a este factor.

Asimismo, si bien la temperatura y el pH disminuyeron a lo largo del tiempo de experimentación, se mantuvieron dentro del rango adecuado para el desarrollo de bacterias, hongos y actinomicetes, organismos mesófilos en su mayoría, cuya temperatura óptima se encuentra entre los 20 y 40°C y capaces de tolerar un rango amplio de acidez (Brock *et al.* 1987).

Es conveniente mencionar, asimismo, que Lynch y Panting (1980a) mencionan que la biomasa microbiana se incrementó, como resultado del crecimiento de la cosecha, alcanzando su máximo cuando las raíces del cultivo eran más abundantes. El incremento en el número de UFC/g de suelo seco en el presente trabajo podría, entonces, ser un reflejo del incremento en los sustratos asimilables, en forma de exudados de las raíces y descomposición de los residuos de los mismos o de la cosecha (Lynch y Panting 1980a y b), aunados a las favorables condiciones de humedad y temperatura presentes durante el período experimental.

Los hongos, por otro lado, mostraron la tendencia contraria, pues si bien no significativamente, disminuyeron de Junio a Octubre, período que corresponde a la temporada de lluvias. Este comportamiento ha sido reportado por Griffin (1972 y 1981), quien encuentra que la respiración fúngica se incrementa a medida que la humedad del suelo disminuye.

En base a lo anterior, es posible suponer que la actividad de los hongos se desfase con respecto a la de las bacterias y actinomicetes, de manera que, en tanto que los últimos grupos microbianos se desarrollen durante los meses de más humedad, las especies fúngicas sean más abundantes durante los meses menos húmedos.

Por otro lado, para todos los grupos microbianos en estudio, al igual que para las lombrices, los mejores tratamientos fueron aquellos a los cuales se añadió rastrojo superficial, en los que la cantidad de UFC/g de suelo seco fue mayor que en el suelo control, lo cual podría deberse a la protección proporcionada por el rastrojo, anteriormente mencionada.

Se sabe, además, que la incorporación de residuos orgánicos acelera la velocidad de la descomposición (Ross *et al.* 1978), comportamiento que ha sido llamado "efecto de iniciación" por Jenkinson (1966 y 1985) y corresponde al incremento en la velocidad de degradación de la materia orgánica del suelo, causada por la adición de materia orgánica fácilmente degradable, que actúa como un catalizador de la actividad microbiana.

Además, en el caso de los hongos, el incremento en el número de UFC/g de suelo seco en los tratamientos que poseían rastrojo superficial, coincide con lo mencionado por Griffin (1972) en torno a la capacidad de estos microorganismos de formar puentes hifales entre el carbono del rastrojo y el nitrógeno del suelo y a su tolerancia, en una mayor proporción que las bacterias, al bajo porcentaje de humedad que prevalece en los residuos superficiales siendo, por lo tanto, abundantes en ellos.

De igual manera, en el tratamiento con rastrojo incorporado se registró un incremento significativo en el número de UFC no sólo de hongos, sino de bacterias y actinomicetes, aunque es probable que dicho incremento no sea tan notorio debido a la disgregación del rastrojo incorporado en un gran volumen de suelo y el incremento microbiano habría ocurrido en aquellos sitios donde hubieran sido depositados los pedazos de rastrojo, siendo azaroso el

encontrar y coleccionar dichos micrositios en la muestra sometida al análisis microbiológico.

8.3 Influencia de *P. corethrurus* sobre el número de microorganismos en la parcela experimental.

8.3.1 Bacterias y actinomicetes.

Dada la baja cantidad de oligoquetos de la especie *P. corethrurus* que se encontraron al final del experimento y, en vista del desconocimiento del tiempo de actividad de los mismos en los distintos tratamientos, no se puede dar una conclusión determinante en cuanto a la influencia de la especie sobre las poblaciones microbianas presentes en el sembradío de maíz.

No obstante, al comparar los resultados del presente trabajo con lo reportado en investigaciones semejantes, fue posible encontrar varias tendencias que, sujetas a comprobación posterior, podrían establecer la relación entre el anélido y los microorganismos en condiciones naturales.

Lavelle *et al.* (1983a y b) y Barois y Lavelle (1986), propusieron que, dado que las lombrices geófagas se alimentan, principalmente, de compuestos orgánicos hidrosolubles, la concentración de los mismos en el suelo propiciaría que la relación con la microflora tendiera al mutualismo o la inhibición, dependiendo de la competencia existente entre la microflora y los anélidos por el sustrato en cuestión.

En los suelos destinados a la agricultura, como en la parcela experimental, el deterioro o desaparición de los horizontes superficiales como resultado de las prácticas de labranza (Edwards y Lofty, 1982), aunado a las fuertes precipitaciones en las regiones tropicales (1852 mm al año en la zona de estudio, Puig y Bracho, 1987), facilitan la

pérdida de nutrientes por lixiviación, pudiendo disminuir, también, la cantidad de materia orgánica disponible para plantas y animales (Edwards y Lofty, 1982).

De esta manera, el incremento observado en el número promedio de UFC de bacterias/ g de suelo seco en los tratamientos M y MRS para el mes de Julio, en presencia de *P. corethrus*, pudiera ser consecuencia de la actividad de los anélidos, los cuales, mediante la secreción de materia orgánica altamente energética, es decir el muco intestinal y cutáneo (Barois y Lavelle, 1986; Martin *et al.* 1987), habrían activado a los microorganismos capaces de degradar los compuestos orgánicos humificados del suelo que, de otra forma, la lombriz sería incapaz de descomponer puesto que, como se mencionó anteriormente, carece del equipo enzimático necesario (Tracey, 1951; Hartenstein, 1982; Edwards y Lofty, 1977; Lee, 1985).

La deposición de muco cutáneo en las galerías e intestino del anélido y las heces (ricas en materia orgánica parcialmente digerida, Scheu, 1987) actuarían, entonces, como un catalizador de la actividad microbiana, lo cual correspondería al efecto de iniciación mencionado por Jenkinson (1966 y 1985).

Asimismo, en el mes de Julio, el decremento encontrado en el número de bacterias en los tratamientos MRI y MRSRI cuando los anélidos estuvieron presentes, podría representar depredación de las mismas y/o ser el reflejo de la competencia por el mismo sustrato alimenticio entre *P. corethrus* y los microorganismos (Morgan, 1988).

En el mes de Octubre, en el tratamiento MRS el número de UFC de bacterias en presencia de *P. corethrus* disminuyó, aunque es más probable que este comportamiento sea consecuencia de la degradación de la materia orgánica y la

consecuente caída en el número de microorganismos y no a un efecto directo de los anélidos, dado que al finalizar el experimento en el campo, prácticamente estuvieron ausentes de dicho tratamiento.

Por el contrario, en los tratamientos MRI y MRSRI en el mes de Octubre, la cantidad de bacterias se incrementó cuando estuvieron presentes los anélidos, posiblemente debido a que la descomposición del rastrojo pudo haber disminuido la competencia entre los oligoquetos y los microorganismos.

Respecto a los actinomicetes, en el tratamiento M se observó la misma tendencia que en el caso de las bacterias, en tanto que en el MRS, MRI y MRSRI se encontró una disminución en el número de UFC/ g de suelo seco en presencia de *P. corethrurus*, tendencia que se conservó hasta el mes de Octubre, excepto para el tratamiento MRI. Estas observaciones de campo son especialmente importantes dado que, como se verá posteriormente, el análisis del contenido intestinal del anélido sugiere una posible depredación sobre los actinomicetes y la disminución del número de UFC en la parcela experimental parece confirmar dicha interacción.

En el caso del tratamiento MRI, la cantidad de materia orgánica presente en el suelo fue ligeramente menor que la encontrada en el MRSRI (tabla 9) lo cual, aunado a la dispersión del rastrojo en un gran volumen de suelo, pudo haber ocasionado que *P. corethrurus* incrementara el número de microorganismos (mediante los mecanismos de secreción de muco antes planteados) con el objeto de tener acceso a una mayor cantidad de compuestos orgánicos asimilables.

Estas observaciones podrían constituir un apoyo a la hipótesis propuesta por Lavelle *et al.* (1983a y b) y Barois y Lavelle (1986), sin embargo, requieren de la confirmación

de estudios posteriores en condiciones naturales.

8.3.2 Hongos

Pese a que el análisis global de los datos del experimento en campo no mostraron un efecto significativo de *P. corethrurus* sobre el número promedio de UFC de hongos/ g de suelo seco, los resultados obtenidos del análisis microbiológico de las muestras del mes de Julio, hicieron manifiesta una notoria disminución en el número de estos microorganismos en los tratamientos MRS y MRSRI, en tanto que en los tratamientos M y MRI no se encontraron diferencias significativas en el número de UFC/ g de suelo seco.

En los tratamientos MRS y MRSRI, la protección proporcionada por el rastrojo superficial puede haber permitido a los oligoquetos un mayor rango de actividad, accediendo a las capas superficiales del suelo (0-10 cm) en las que normalmente se desarrolla la flora fúngica (Griffin, 1972), y, dado que los resultados del contenido intestinal mostraron un decremento en el número promedio de UFC de hongos, en relación a los encontrado en el suelo de la parcela experimental, es probable que *P. corethrurus* haya utilizado algunas especies como fuente alimenticia. Es necesario considerar, además, que al tomar en cuenta los valores totales de UFC de bacterias, hongos y actinomicetes se observó siempre una tendencia al decremento en presencia de *P. corethrurus* (gráfica 13).

Pese a que muchos de los resultados experimentales y datos de campo sobre la importancia de los microorganismos como recurso alimenticio por las lombrices terrestres es inferencial y algunas veces contradictoria, existe una buena evidencia de que al menos algunos microorganismos son importantes en la alimentación de los oligoquetos (Dawson, 1947; Day, 1950; Parle, 1963a y b); Miles, 1963; Wright,

1972; Neuhauser, 1980; Brown y Mitchell, 1981; Rouelle, 1983; Flack y Hartenstein, 1984; Morgan, 1988). Por ello, es probable que los resultados de la presente investigación apunten en ese sentido, aunque es necesaria su confirmación mediante la realización de experimentos en suelos de sembradío y el monitoreo periódico del número de oligoquetos presente en los tratamientos.

8.4 Análisis microbiológico del intestino de *P. corethrurus*

8.4.1 Bacterias y Actinomicetes

Al analizar microbiológicamente el intestino de *P. corethrurus* fue posible apreciar más claramente la influencia de la especie sobre los distintos grupos microbianos, encontrándose un incremento del 200% en el número de UFC de bacterias como resultado del tránsito del suelo ingerido a través del intestino (gráfica 14).

Al respecto, Barois y Lavelle (1986), trabajando con *P. corethrurus* y suelo de pastizal de Laguna Verde, encuentran un incremento de la actividad microbiana a su paso por el intestino, 6-16 veces mayor a la del suelo control. Este incremento se atribuyó a las bacterias, pues fue posible observarlas al analizar el contenido intestinal con ayuda de la microscopía electrónica (Barois, 1987).

El estudio de Barois y Lavelle (1986) mostró, además, que la actividad microbiana aumentaba progresivamente de la parte anterior a la posterior. En la presente investigación se observó un ligero decremento en el número de UFC de bacterias en la parte media, alcanzándose el mayor incremento en la parte posterior, aunque fue más pequeño que el reportado por los mencionados autores (2 veces más que el suelo control).

Esta diferencia en la proporción del incremento puede deberse a las distintas características fisicoquímicas, estructurales y funcionales de los suelos sometidos a experimentación.

Algunos estudios microbiológicos realizados en el suelo de pastizal muestran un incremento considerable de la biomasa microbiana en comparación a la cantidad de microorganismos presentes en suelo de cultivo (Jakubesyk, 1970; Lynch y Panting, 1980b; Buyanovsky *et al.* 1987). El incremento microbiano ha sido atribuido a distintas causas, tales como el aporte continuo de C y N y la acción amortiguadora ante las variaciones de temperatura, suministrados por la cubierta vegetal y a la retención de material orgánico y humedad proporcionado por el sistema radicular (Vavulo y Karvanovich, 1965; Shevtosova y Ukrainskii, 1974).

De esta manera, es probable que el incremento, relativamente bajo, en el número de UFC/g de bacterias en el suelo de sembradío de maíz que ha atravesado el intestino de *P. corethrurus* se encuentre en proporción a la cantidad de microorganismos presentes en el mismo.

Por otro lado, el pasaje del suelo por el intestino no modificó significativamente el número de UFC de actinomicetes e incluso se observó una tendencia a la disminución en las distintas regiones intestinales. No obstante, al analizar, en la dinámica de crecimiento, la cantidad total de UFC/g de suelo seco y su velocidad de aparición en el agar y compararlas con el suelo control, fue posible observar un incremento en el número de UFC como resultado del tránsito por el intestino (gráfica 16), lo cual sugiere que estos microorganismos podrían tener una mayor actividad en el contenido intestinal, en relación al

suelo de la parcela experimental.

Este comportamiento plantea la posibilidad de un efecto diferencial de *P. corethrurus* sobre las distintas especies de bacterias filamentosas, de manera que, al igual que las bacterias, algunas pueden ser digeridas en el intestino y otras, poseedoras de cubiertas protectoras o secretoras de antibióticos pudieran impedir la depredación y aprovechar las favorables condiciones fisicoquímicas y el elevado contenido de nutrientes presentes en las heces del oligoqueto (Businelli *et al.* 1984; Scheu, 1987) para desarrollarse y ser dispersadas al mismo tiempo (Morgan, 1988).

8.4.2 Hongos

El análisis microbiológico mostró una tendencia a la disminución en la cantidad de UFC de este grupo microbiano, a medida que el suelo ingerido avanzaba en el tracto intestinal de *P. corethrurus* (gráfica 14), acompañada de una tendencia a un menor número de UFC en la dinámica de crecimiento (gráfica 17).

Al respecto Dash *et al.* (1979) encontraron que algunas especies fúngicas se encontraban sólo en la parte anterior del intestino de *Drawida calebi* desapareciendo en la parte media y posterior.

Estos investigadores encuentran, asimismo, que las especies de *Aspergillus* y *Penicillium* que usualmente producen antibióticos, aparecen en las heces. Además, *Thielaria terricola* y *Neocospora vasinfecta*, especies que poseen esporas con gruesas paredes, no son digeridas por la lombriz y son excretadas en las heces, por lo cual el oligoqueto podría actuar como diseminador de algunas especies fúngicas en el suelo.

Por otro lado Neuhauser (1980b) reporta un incremento en peso en *Eisenia foetida* cuando se añaden al suelo cultivos puros de bacterias, protozoarios y hongos.

De la misma manera, Morgan (1988) encuentra un aumento en peso favorable para oligoquetos de la especie *E. foetida* que fueron introducidos a cultivos puros de hongos.

Edwards y Fletcher (1988) concluyen que es muy probable que en su medio ambiente natural, *E. foetida* seleccione los microorganismos que ingiere, independientemente del amplio rango de organismos que son ingeridos y mencionan la probabilidad de que el grupo microbiano más importante, desde el punto de vista alimenticio, sea el de los hongos.

Así, la disminución en el número de UFC de hongos a su paso por el intestino de *P. corethrus* y su posterior incremento en las heces del oligoqueto, podrían implicar la depredación de algunas especies fúngicas, en tanto que aquellas capaces de resistir el tránsito por el intestino y las que hubieran sido liberadas de los microagregados del suelo como resultado del proceso digestivo, podrían incrementar sus números en las heces y ser dispersadas por el oligoqueto (Morgan, 1988).

Finalmente, la aparición tardía de algunas colonias de hongos en la dinámica de crecimiento, pudiera significar la actividad de especies que en el suelo en condiciones normales no se desarrollan o que requieren de características fisicoquímicas especiales, de una elevada cantidad de nutrientes y/o de un tiempo prolongado para activarse.

8.5 Análisis microbiológico de las heces de *P. corethrurus*

Al analizar microbiológicamente los turrículos de diferentes tiempos de abandono (1, 3, 5, 7, 9 y 12 días) y las dinámicas de crecimiento, se hizo evidente el notorio incremento en el número de UFC/ g de suelo seco de los grupos microbianos mencionados.

Las bacterias se incrementaron en un 300% en las heces de 24 horas, después de lo cual se observó un decremento en el número de UFC/ g de suelo seco, para volver a recuperarse en el 5o. día y disminuir progresivamente en lo sucesivo (gráfica 18).

Esta disminución podría representar un período de adaptación a las condiciones fisicoquímicas prevalecientes en las heces de *P. corethrurus* o bien ser una manifestación de la disminución de algunas especies y el desarrollo de otras como resultado del cambio en el medio. No obstante, pese al decremento observado, el número de bacterias en las heces del anélido durante los 12 días de abandono, fue siempre mayor que el registrado en la parcela experimental.

Los actinomicetes incrementaron progresivamente hasta el 7o. día de abandono (gráfica 20), indicando que estos microorganismos encontraron condiciones enteramente propicias para su desarrollo en las heces y que, al igual que las bacterias, disminuyen cuando la cantidad de C asimilable comienza a escasear y/o los desechos metabólicos tóxicos se acumulan (Shaw y Pawluk, 1986).

Los hongos, por otro lado, mostraron un comportamiento distinto al de los grupos microbianos anteriores, puesto que aparecen, en gran cantidad, después de 5 días de abandono, en tanto que en el suelo control el crecimiento ocurre en

los primeros 3 días.

El desarrollo tardío de las colonias podría corresponder a un período de adaptación o bien, ser una manifestación de que *P. corethrurus* ingiere, principalmente, el micelio fúngico, en tanto que las esporas que estuvieran protegidas dentro de los microagregados (y que serían liberadas por el proceso digestivo), así como las que se encontraran en forma libre, escaparían de la digestión y al ser depositadas en las heces germinarían, aunque a una menor velocidad que aquellas especies que se encontraran en forma micelial (Barois com. personal).

Es notorio, asimismo, el hecho de que en el caso de las bacterias, el mayor número de colonias aparece en el agar con mayor rapidez en las heces que en el suelo control, lo cual podría implicar una mayor actividad del mencionado grupo en las primeras, en comparación con la desarrollada en el suelo de la parcela experimental, según lo mencionado por Hattori (1988), quien dice que una rápida aparición en el agar puede implicar que el grupo responsable de la formación de esa colonia se hallaba metabólicamente activo en el medio de donde fue tomado.

El incremento encontrado en los números de bacterias, actinomicetes y hongos en las heces de *P. corethrurus*, coincide con lo reportado por Shaw y Pawluk (1986), por Barois *et al.* (en preparación) y por Scheu (1987), quienes mencionan que las heces de distintas especies de lombrices terrestres mantienen una actividad microbiana superior a la del suelo control en un período que va de 2 a 4 semanas.

El aumento de los números microbianos en las heces de *P. corethrurus* podría ser el resultado del incremento de la actividad microbiana que tiene lugar en el intestino del anélido y del proceso digestivo como tal, ya que, en tanto

la mineralización de la materia orgánica eleva los niveles de P, K NH₄ y N total del suelo que ha atravesado el intestino (Businelli *et al.* 1984; Barois, 1987); las enzimas digestivas y microbianas proporcionarían materia orgánica parcialmente digerida a las heces, todo lo cual crearía un ambiente favorable, si bien distinto al del intestino, para el desarrollo microbiano.

Así, es probable que exista un patrón sucesional microbiano definido del suelo a las heces de *P. corethrurus*, en donde la aparición de ciertas especies estaría determinada por las condiciones fisicoquímicas, aerofílicas y por la cantidad de nutrientes de cada sitio.

De esta manera, los resultados de la presente investigación muestran el gran impacto que *P. corethrurus* puede tener sobre la microflora del suelo, al incrementar los números de algunas especies bacterianas, fúngicas y de actinomicetes a su paso por el intestino, incremento que se mantienen en las heces durante casi dos semanas.

Estos datos son especialmente importantes si consideramos que *P. corethrurus* puede ingerir 400 Mg de suelo ha⁻¹ año⁻¹ (Barois, en preparación) y que la mayoría de los microorganismos en el suelo no se encuentran activos, sino en dormancia, esperando a que la cantidad de materia orgánica y humedad sean propicias para su desarrollo, por lo que la zona de acción de la lombriz (drilósfera) constituye una región grandemente favorecedora de la actividad microbiana y aceleradora no sólo de la dinámica de la materia orgánica, sino del flujo de nutrientes en general (Barois, en preparación).

Por ello, la introducción de *P. corethrurus* en suelos utilizados para la agricultura, como en el caso del suelo de la parcela experimental en estudio, constituye una alternativa importante en la recuperación y el mantenimiento de las propiedades biológicas del mismo, aunque debe analizarse la viabilidad de la superviviencia de los anélidos bajo las condiciones fisicoquímicas y ambientales prevalecientes en los suelos destinados al cultivo en la naturaleza.

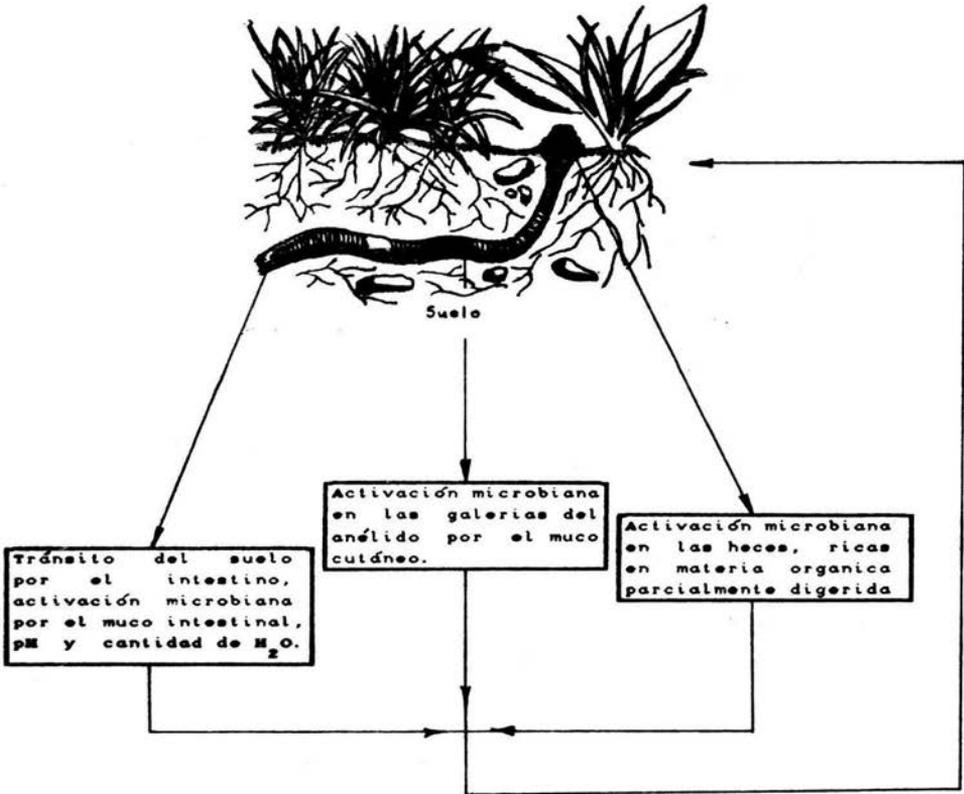


Figura 4. Influencia de *P. corethrurus* sobre las poblaciones microbianas del suelo.

9. CONCLUSIONES

1. La especie *P. corethrurus* es capaz de desarrollarse adecuadamente, bajo condiciones experimentales en el suelo destinado al cultivo de maíz, sin embargo, al introducir a los oligoquetos al suelo de sembradío, algún factor que se desconoce (posiblemente la humedad excesiva), disminuyó el número de oligoquetos incorporados.

Se hace necesario, por ello, la continuación de estudios en condiciones naturales para determinar si la especie tolera o no las características ambientales y fisicoquímicas presentes en los suelos de cultivo. Se recomienda el seguimiento del experimento utilizando los tratamientos con rastrojo incorporado y con rastrojo superficial, ya que las condiciones presentes en ellos parecen ser las más adecuadas para el desarrollo de *P. corethrurus*.

2. Las tendencias observadas en el sembradío de maíz, sugieren que *P. corethrurus* pudo haber incrementado el número de algunas especies de bacterias, hongos y actinomicetes presentes en el sembradío de maíz y depredado otras, dependiendo de la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, sin embargo, dado que se desconoce el tiempo de actividad de los oligoquetos en los distintos tratamientos, no se puede dar una conclusión determinante al respecto.

3. El tránsito del suelo ingerido por el intestino de *P. corethrurus* parece beneficiar a algunas especies de bacterias, hongos y actinomicetes en tanto que otras disminuyen. En base a los resultados reportados en la literatura, es probable que aquellas especies poseedoras de estructuras de resistencia (esporas o cubiertas protectoras) o capaces de secretar antibióticos, pudieran impedir la depredación y ser activadas por las favorables condiciones

presentes en el intestino del anélido.

4. Las heces de *P. corethrurus* incrementaron notablemente el número de bacterias y actinomicetes presentes en el suelo de la parcela experimental durante algunos días después de la deposición, por lo que podrían ser consideradas como micrositios en donde la actividad y funciones microbianas se realizan a una mayor velocidad que en el resto del suelo, efecto que puede tener un alto impacto a nivel de la recirculación de los nutrientes en el suelo.

5. El comportamiento del número de hongos a lo largo del intestino y en las heces, sugiere que *P. corethrurus* puede utilizar este grupo microbiano como recurso alimenticio, en una mayor proporción que las bacterias y actinomicetes.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. 1979. Descripción de la leyenda de la carta edafológica DETENAL. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
2. Aina, P.C. 1984. Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and longterm cultivation. *Pedobiol.* 26: 31-136.
3. Barois, I. 1987. Interacciones entre las lombrices de tierra (*Oligochaeta*) geófagas tropicales y la microflora para utilizar la materia orgánica del suelo. Tesis Doctoral. Universidad Pierre et Marie Curie. Paris VI. 152 pp.
4. Barois, I. (en preparación). Mucus production and microbial activity in the gut of two species of *Amyntas* (*Megascolecidae*) from cold and warm tropical climate. *Soil Biol. Bioch. Proceedings del IV Simposio de Ecología de Lombrices.*
5. Barois, I.; Kaiser, P.; Lavelle, P.; Toutain, F.; Verdier, B. y Villemin, G. (en preparación). Transformation of the soil microflora during transit through the gut of *P. corethrurus* (*Glossoscolecidae*, *Oligochaeta*).
6. Barois, I. y Lavelle, P. 1986. Changes in respiration rate and some physico-chemical properties of a tropical soil during transit through *P. corethrurus* (*Glossoscolecidae*, *Oligochaeta*). *Soil Biol. Biochem.* 18: 539-541.

7. Barois, I.; Verdier, B.; Kaiser, P.; Lavelle, P.; Mariotti, A. y Rangel, P. 1987. Influence of the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on the fixation and mineralization of nitrogen. En Bovicini Paglai, A.M. y Omodeo, P. (editores), Earthworms. Selected Simposia and Monographs. U.Z.I. Ed. Mucchi. Modena. 2: 151-158.
8. Black, C.A. 1965a. Methods of soil analysis. Vol.I. American Society of Agronomy. USA. 760 pp.
9. Black, C.A. 1965b. Methods of soil analysis. Vol.II. American Society of Agronomy. USA. 1572 pp.
10. Bouché, 1971. Relations entre les structures spatiales et fonctionelles des écosystèmes, illustrées par le rôle pédobiologique des vers de terre. En Pesson, P. (editor), "La Vie dans les sols" aspects nouveaux, études experimentales. Gauthier-Villars. Francia. p. 189-209.
11. Bracho, R. y Sosa, V.J. 1987. Edafología. En "El Bosque Mesófilo de Tamaulipas". Puig, H. y Bracho, R. (editores). Instituto de Ecología. México. p. 29-37.
12. Brady, M.C. 1974. The nature and properties of soils. Mc. Millan Publishing. USA. 639 pp.
13. Brock, T.D.; Smith, D.W. y Madigan, T. 1987. Microbiología. 4a. Edición. Prentice Hall. México. 906 pp.
14. Brown, B.A. y Mitchell, M.J. 1981. Role of the earthworm *Eisenia foetida* in affecting survival of *Salmonella enteritidis* ser typhimurium. Pedobiol. 22: 434-438.

15. Businelli, M.; Perucci., P.; Patumi, M. y Giusquiani, P.L. 1984. Chemical composition and enzymic activity of some earthworm casts. *Plant. Soil* 80: 417-422.
16. Buyanovsky, G.A.; Kaucera, C.L. y Wagner, G.H. 1987. Comparative analysis of Carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecol.* 68(b): 2023-2031.
17. Campbell, C.A. y Biederbeck, V.O. 1976. Soil bacterial changes as affected by growing season and weather conditions. A field and laboratory study. *Can. Jour. Soil Scie.* 56: 293-310.
18. Clarholm, M y Rosswall, T. 1980. Biomass and turnover of bacteria in a forest soil and a peat. *Soil Biol. Biochem.* 12: 49-57.
19. Curry, J.P. 1988. The ecology of earthworms in reclaimed soils and their influence on soil fertility. En Edwards, C.A. y Neuhauser, E.F. (editores). *Earthworms in waste and environmental management.* SPB Academic Publishing. The Hague, Holanda. p. 251-261.
20. Dash, M.C.; Mishra, P.C. y Behera, N. 1979. Fungal feeding by a tropical earthworm. *Trop. Ecol.* 20(1): 9-12.
21. Dawson, R.C. 1947. Earthworm microbiology and the formation of water-stable aggregates. *Soil Sci.* 69: 175-184.
22. Day, G.M. 1950. Influence of earthworms on soil microorganisms. *Soil Sci.* 69: 29-39.
23. Díaz. D.A.; Cisneros, C.A.E.; Fernández, A.M.; Gersenowies, R.J.R.; Meraz, M.S. y Vargas, V.A. 1986. *Manual de Técnicas Estadísticas.* ENEP Iztacala. UNAM. México. 140 pp.

24. Edwards, C.A. y Fletcher, K.E. 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. En "Agri. Eco. Environ." 24: 235-247.
25. Edwards, C.A. y Lofty, J.R. 1977. Biology of Earthworms. Ed. Chapman and Hall. Londres. 333 pp.
26. Edwards, C.A. y Lofty, J.R. 1982. The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. Jour. App. Ecol. 19: 723-734.
27. Eisen, G.E. 1900. Researches in the American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific Coast and adjacent island. Proc. Calif. Acad. Sci. 2(3): 85-89.
28. Félix, B.F. 1989. Efecto de la inactivación de la microflora del suelo sobre el consumo de la tierra, incremento de peso y fecundidad de la lombriz geófaga *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta Glossoscolecidad). ENEP Iztacala UNAM. 76 pp.
29. Flack, F.M. y Hartenstein, R. 1984. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* on microorganisms and cellulose. Soil Biol. Biochem. 16(5): 491-495.
30. Fragoso, C. 1985. Ecología general de las lombrices terrestres (Oligochaeta, Annelida) de la región Boca de Chajul, Selva Lacandona, Chis. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. UNAM. México. 133 pp.
31. Fragoso, C. y Lavelle, P. 1987. The earthworm community of a mexican tropical rain forest (Chajul, Chiapas). .En "Selected Symposia and Monographs" Bonvicini P.A.M. y Omodeo, p. (editores). U.Z.I. Mucchi. Modena. p.281-295.

32. Foth, H.D. 1978. Fundamentals of Soil Science. 6a. Ed. John Wiley and Sons. USA. p. 301-311.
33. García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática. Köppen. 4a. Ed. D.R.E. México. 89 pp.
34. Gardner, W.H. 1965. Water Content. En "Methods of soil analysis" Black, C.A.; Evans, D.D.; White, J.L.; Ensminger, L.E.; Clark, F.E. y Dinauer, R.C. (editores), Vol. I. American Society of Agronomy. USA. p. 92-93.
35. Gates, G. E. 1972. Burmese Earthworms. An introduction to the systematic and biology of Megadrile oligochates with special reference to Southeast Asia. Transactions of the American Philosophical Society. New Series. Vol. 62. Part 7. Philadelphia. 325 pp.
36. Gobierno del Estado de Tamaulipas. 1985. Colección Enciclopedia de los Municipios de México. Cen. Est. Mun. Tamps. Secretaría de Gobernación.
37. Griffin, D.M. 1972. Ecology of soil fungi. Syr. Uni. Press. Syracuse, Nueva York. USA. 435 pp.
38. Griffin, D.M. 1981. Water potential as a selective factor in the microbial ecology of soils. En "Water potential relations in soil microbiology". Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. No. 9. p. 141-151.
39. Gupta, S.C.; Larsen, W.E. y Allmaras, R.R. 1984. Predictin soil temperature and soil heat flux under different tillage-surface residue conditions. Soil. Sci. Soc. Am. Jour. 48: 223-232.

40. Hartenstein, R. 1982. Soil macroinvertebrates, aldehyde, oxidase, catalase, cellulase and peroxidase. *Soil Biol. Biochem.* 14: 387-391.
41. Hattori, T. 1988. *The Viable Count*. Science Tech Publishers. USA. 88 pp.
42. Jakubezyk, H. 1970. Dynamics of microbial activity in soils meadow communities UNESCO. *Imprimiers Populaires de Ginebra Suiza*. p. 131-136.
43. Jenkinson, D.S. 1966. The priming action. En "The Use of Isotopes in Soil Organic Matter Studies". *Jour. App. Rad. Iso. Suppl.* 198-207.
44. Jenkinson, D.S.; Fox, R.H. y Rayer, J.H. 1985. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the so-called "priming effect". *Jour. Soil Sci.* 36: 425-444.
45. Lavelle, P. 1975. Consommation annuelle d'une population naturelle de vers de terre (*Millsonia anomala*, Omodeo, Acanthodrilidae, Oligochaeta) dans la savane de Lamto (Cote d'Ivoire). En *Progress in Soil Zool. Proc.* 5o. Col. *Int. Zool. Suel. Praga*. p. 7-22.
46. Lavelle, P. 1978. Les vers de terre de la savane de Lamto (Cote d'Ivoire): peuplements population et fonctions dans l'écosystème. Tesis Doctoral. Paris VI. *Publ. Labo. Zool. E.N.S.* 12. 301 pp.
47. Lavelle, P. 1983. The structure of earthworm communities. En "Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture Satchell, J. (editor). Chapman and Hall. Londres. p. 449-466.

48. Lavelle, P. 1988a. Assessing the abundance and role of invertebrate communities in tropical Soils: aims and methods. En "Proceedings of the Seminar on Resources of Soil Fauna in Egypt and Africa. Ghabbour, S.I. y Davis, R.C. (editores), Jour. Afr. Zool. 102: 275-283.
49. Lavelle, P. 1988b. Earthworm activities and the soil system. Biol. Fertil. Soils. 6: 237-251.
50. Lavelle, P. y Barois, I. 1988. Potential use of earthworms in tropical soils. En "Earthworms in waste and environmental management". Edwards, C.A. y Neuhauser, E.F. (editores). Academic Publishing. The Hague. Holanda. p. 273-279.
51. Lavelle, P.; Barois, I.; Cruz, I.; Fragoso, C.; Hernández, A.; Pineda, A. y Rangel, P. 1987. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. Biol. Fertil. Soils. 5: 188-194.
52. Lavelle, P., Mauri, 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.
53. Lavelle, P.; Rangel, P. y Kanyonyo, J. 1983a. Intestinal mucus production by two species of tropical earthworms *Millsonia lamtoiana* (Megascolecidae) and *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae). En "Proceedings of the VIII Intl. Coll. Soil Biol" Lebrun, H.M.; André, A. de M; Grégorre-Wibo y Wauthy, G. (editores). New Trends in Soil Biology. Louvain-La Neuve. Bélgica. p. 405-410.

54. Lavelle, P.; Sow, B. y Schaefer, R. 1980. The geophagous earthworm community in the Lamto Savanna (Ivory Coast)" niche partitioning and utilization of soil nutritive resources. En "Soil Biology as Related to Land Use Practices". Dindad, D. (editor). EPA. Washington. p. 653-673.
55. Lavelle, P.; Zaidi, Z.; Schaefer, R. 1983b. Interactions between earthworms, soil organic matter and microflora in an african savanna soil., En "Proceedings of the VIII. Intl. Coll. Soil Biol" p. 253-261. Lebrun, H.M.; André, A. de M.; Grégoire-Wibo y Wauthy, G. (editores), New Trends in Soil Biology Louvain-la Neuve. Bélgica. 678 pp.
56. Lee, K.E. 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press. 411 pp.
57. Lynch, J.M. y Hobbie, J.E. 1988. Micro-organisms in action: concepts and applications in Microbial Ecology. Blackwell Scientific Publications. Inglaterra. 263 pp.
58. Lynch, J.M. y Panting, L.M. 1980a. Cultivation and the soil biomass. Soil Bio. Biochem. 12: 29-33.
59. Lynch, J.M. y Panting, L.M. 1980b. Variations in the size of the soil biomass. Soil Biol. Biochem. 12: 547-550.
60. Martin, A. 1980. Introducción a la Microbiología del suelo. AGT. México. 491 pp.
61. Martin, A.; Cortez, J.; Barois, I.; Lavelle, P. 1987. Les mucus de ver de terre moteur de leurs interaction avec la microflore. Rev. Ecol. Biol. Sol. 24: 549-558.
62. Miles, H.R. 1963. Soil protozoa and earthworm nutrition. Soil Sci. 95: 407-409.

63. Morgan, M.H. 1988. The role of micro-organisms in the nutrition of earthworms. En "Earthworms in the waste and environmental management". p. 71-81. Edwards, C.A. y Neuhauser, E.F. (editores). Academic Publishing. La Haya. 256 pp.
64. Neuhauser, E.F. 1980a. Materials supporting weight gain by the earthworm *Eisenia foetida* in waste conversion systems. Agric. Wast. 2: 43-60.
65. Neuhauser, E.F. 1980b. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing. Oikos. 35: 93-98.
66. Parle, J.N. 1963a.- Microorganisms in the intestines of earthworms. Jour. Gen. Micr. 31: 1-2.
67. Parle, J.N. 1963b. A microbiological study of earthworm casts. Jour. Gen. Micr. 31: 13-22.
68. Parkinson, D.; Gray, T.R.G. y Williams, S.T. 1971. Methods for studying the ecology of soil microorganisms. Blackwell Scientific Publications. Inglaterra. 116 pp.
69. Parmelee, R.W. y Crossley, D.A. 1988. Earthworm production and role in the nitrogen cycle of a no-tillage agroecosystem on the Georgia Piedmont. Pedobiol. 32: 353-351.
70. Pineda, A. y Hernández, A. 1983. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento, consumo de tierra y fecundidad de la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus*. Muller, 1957 (Oligoqueto, Glossoscolecidae). Tesis profesional. ENEP Iztacala. UNAM. México. 56 pp.

71. Puig, H. y Bracho, R. 1987. Climatología. En "El Bosque Mesófilo de Montaña en Tamaulipas". Puig, H. y Bracho, R. (editores). Instituto de Ecología. México. p. 40-53.
72. Rangel, P. 1985. Glycosidic secretion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) and soil organic matter cycling. Res. IX Col. Int. Sue. Moscú. p. 34.
73. Ross, D.J.; Molloy, L.F.; Bridger, B.H. y Cairns, A. 1978. Studies on a climosequence of soil in tussock grasslands. Descomposition of cellulose on the soil surface and in the topsoil. New Zeal. Jour. Sci. 21:459-465.
74. Ross, D.J.; Orchard, V.A. y Rhoades, D.A. 1984. Temporal fluctuations in biochemical properties of soil under pasture. I respiratory activity and microbial biomass: Aust. Jour. Soil Res. 22: 303-317.
75. Rouelle, J. 1983. Introduction of amoeba and *Rhizobium japonicum* into the gut of *Eisenia foetida* (Sav.) and *Lumbricus terrestris*. En "Earthworm Ecology" Satchell, J.E. (editor). Chapman and Hall. Londres. p. 375-381.
76. Satchell, J.E. 1983. Earthworm microbiology. En "Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture". Chapman and Hall. Londres. p 351-354.
77. Sharpley, A.N. y Syers, J.K. 1976. Potential role of earthworm cast for the phosphorous enrichment of runoff waters. Soil Biol. 8: 341-346.

78. Shaw, C. y Pawluk, S. 1986. Faecal microbiology of *Octolasion tyrtaeum*, *Aporrectodea turgida* and *Lumbricus terrestris* and its relation to the carbon budgets of three artificial soils. *Pedobiol.* 29: 377-389.
79. Scheu, S. 1987. Microbial activity and nutrient dynamics in earthworm cast (*Lumbricidae*). *Biol. Fertil. Soils.* 5: 230-234.
80. Shevtsova, I.I. y Ukrainskii, V.V. 1974. Quantitative and qualitative composition of microflora from soils with differing contents of organic substances and moisture. *Microbiol. (traducción de Mikrobiologiya).* 43(2):262-266.
81. Sims, R.W. y Gerard, G.M. 1985. *Pontoscolex corethrurus*. En *Earthworms*. p. 124-127. Brill, E.J. y Backhuys, W. (editores). The Linnean Society of London and the Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. 238 pp.
82. Sosa, V. 1987. Generalidades de la Región de Gómez Farías. En "El Bosque Mesófilo de Montaña en Tamaulipas". Puig, H. y Bracho, R. (editores). Instituto de Ecología. México. p. 15-28.
83. Tate, R.L. 1987. Soil organic matter-biological and ecological effects. Wiley-Interscience. USA. p. 165-184.
84. Thom, C. 1967. A practical manual of soil microbiology. Laboratory Methods. FAO of the ONU. Boll. Soil 7. Roma. 437 pp.
85. Tracey, M.V. 1951. Cellulase and chitinase in worms. *Nature.* 167. 776-777.

86. Taneera, B. y Ramakrishnan, P.S. 1989. Earthworm population dynamics and contribution to nutrient cycling during cropping and fallow phases of shifting agriculture (jhum) in north-east India. Jour. Appl. Ecol. 26:505-520.
87. Vavulo, F.P. y Karvanovich, A.I. 1965. The occurrence of sporing forms of bacteria in different types of soils. Microbiol. (traducción de Mikrobiologiya) 34(1): 91-96.
88. Walkley, A. y Black, I.A. 1931. An examination of the Dotjare Method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Modified for Walkey (1947). Soil Sci. 37: 29-38.
89. Wright, M.A. 1972. Factors governing ingestion by the earthworm *Lumbricus terrestris* with special reference to apple leaves. Ann. Appl. Bio. 70: 175-180.
90. Zar, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Ed. Prentice-Hall. 620 pp.
91. Zimenko, T.G. y Revinskaya, L.S. 1972. Influence of humidity and temperature on the activity of microorganisms in peat-bog soils. Microbiol. (traducción de Mikrobiologiya). 41(5):793-797.

APENDICE 1

Fosfato dipotásico: 0.5 g.
* Extracto de suelo: 100 ml.
Agua destilada: 900 ml.
Glucosa: 1.0 g.
Agar: 15 g.

*

1. Pesar 500 g de suelo.
2. Agregar agua destilada hasta cubrir el suelo.
3. Esterilizar en autoclave durante 30 min. (120 °C, 15-16 lb. de presión).
4. Decantar.
5. Centrifugar y recoger el sobrenadante.

Apéndice 1. Medio de Cultivo para Bacterias
(Lab. de Microbiología Agrícola
Fac. de Química. UNAM).

APENDICE 2

Sulfato de Magnesio hepta hidratado: 0.01 g.
Caseína libre de vitaminas: 0.3 g.
Nitrato de Potasio: 2.0 g.
Cloruro de Sodio: 2.0 g.
Fosfato dipotásico: 2.0 g.
Almidón soluble: 10 g.
Agua destilada: 1000 ml.
Agar: 17 g.
Ajustar el pH a 7.2

Apéndice 2. Medio de Cultivo para Actinomicetes
(Lab. de Microbiología Agrícola,
Fac. de Química. UNAM).

APENDICE 3.

Sulfato de dehidroestreptomicina: 30 Mg/ml.
Fosfato monopotásico: 1.0 g.
Sulfato de Magnesio: 0.5 g.
Rosa de Bengala: 1: 30,000
Agua destilada: 1000 ml.
Peptona: 5 g.
Agar: 20 g.

Apéndice 3. Medio de Cultivo para Hongos
(Lab. de Microbiología Agrícola
Fac. de Química. UNAM).