

18  
29.



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlán"

## ACCION DE LAS LOMBRICES DE TIERRA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE LA FERTILIDAD DE ZONAS TEPETATOSAS EN EL AREA DE INFLUENCIA CHAPINGO

### T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO AGRICOLA

P r e s e n t a:

DAVID LOPEZ BARRIGA



Director de Tesis;

M. EN C. RAFAEL GARCIA PEREZ

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1988

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## SUMARIO

	Página
RESUMEN	1
Introducción	1
I. Revisión de Literatura .....	5
1.1. Composición de los suelos .....	5
1.2. Formación del suelo.....	5
1.3. Propiedades químicas de los suelos .....	9
1.4. Propiedades físicas de los suelos .....	15
1.5. Organismos del suelo .....	20
1.5.1. Microflora .....	21
1.5.2. Microfauna .....	25
1.5.3. Macrofauna .....	27
1.6. Algunas causas de alteración de fertilidad de un suelo .....	43
1.7. Técnicas de Recuperación de zonas Tepetatosas..	48
II. Objetivos e Hipótesis .....	52
III. Materiales y Métodos .....	53
3.1. Colecta de Tepetate.....	53
3.2. Preparación de Suelos .....	54
3.3. Colecta de Lombrices .....	56
3.4. Inoculación de Lombrices .....	56
3.5. Diseño Experimental .....	59
IV. Resultados .....	62
4.1. Peso seco de raíz .....	62
4.2. Actividad Biológica .....	63

	Página
4.3. Altura de Planta .....	63
4.4. Peso seco de la parte Aérea .....	64
4.5. Materia Orgánica .....	65
4.6. Resultados de Análisis de Laboratorio de Na, K, Mg. y Ca. ....	65
4.7. Gráficas y Tablas .....	68
V. Discusión .....	82
VI. Conclusiones .....	89
VII. Bibliografía Consultada .....	90

## RESUMEN

Se estudió el efecto de la lombriz de tierra sobre el comportamiento de cebada crecida en material tepetatoso bajo condiciones de invernadero, así como el efecto de la misma en cebada crecida en material tepetatoso con y sin mantillo bajo las mismas condiciones.

El material tepetatoso se colectó en la Estación Experimental Mario Avila (La Siberia).

La lombriz de tierra se colectó en los suelos del "Rancho" pertenecientes a la U.A.CH. La captura de lombrices se hizo por el método de excavado con pala y colecta a mano, para después someterlas a un proceso de aclimatación durante 15 días, posteriormente se sembró la cebada en 48 macetas, las cuales se dividieron en dos grupos, al primer grupo de 24 macetas se les colocó mantillo en su superficie, al segundo grupo no se le aplicó mantillo, a estos dos grupos de macetas, se les inculó con las lombrices a una concentración de 0, 2, 4, 6, 8, 16 gramos.

Para el experimento se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio con diferente número de repeticiones por tratamiento.

Los datos agrobiológicos evaluados fueron: Peso seco de raíz, Actividad biológica del material tepetatoso, Altura de planta, Peso seco de la parte aérea, Materia orgánica, Nutrimientos como el Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio que se encontraban en el material tepetatoso.

Los resultados obtenidos mostraron que el mantillo no fue incorporado por las lombrices al material tepetatoso y no se favoreció el crecimiento de la cebada. Lo anterior pudo deberse al tipo de mantillo que se aplicó ya que éste estaba principalmente integrado por componentes derivados de Eucaliptos (hojas, corteza, etc.), que es el árbol dominante en la zona donde se colectó el tepetate, y es bien conocido el efecto que este árbol tiene algunas veces sobre la flora y fauna provocando incluso fenómenos de alelopatía. Esto se confirmó al realizarse un análisis de la actividad biológica en todas las macetas, mostrándose claramente que en todos los casos hubo una disminución de la actividad biológica medida en actividad respiratoria (mg de CO<sub>2</sub> producidos).

Se concluyó que éste tipo de mantillo derivado de Eucalipto inhibe la actividad biológica de las lombrices y de otro tipo de microorganismos por lo que se recomienda usar otro tipo de mantillo como fuente de alimento.

Es recomendable el uso de lombrices de tierra ya que se consideró que pueden ser de gran ayuda en técnicas para la

recuperación de zonas tepetatosas, pues aunado al trabajo mecánico realizado por el hombre, pueden acelerar o modificar las propiedades de esas zonas para favorecer el crecimiento y desarrollo de especies vegetales.

## INTRODUCCION

Concientes de la problemática actual causada por un aumento considerable de la población que incrementa la demanda de alimentación, vestido, habitación, etc., es muy importante dar más énfasis a los problemas agrícolas.

Una amplia superficie de terreno productivo es uno de los recursos más esenciales, un país que tenga recursos de suelos limitados y que dependa en gran parte de la importación de alimentos, estará siempre en una situación económica precaria debido a no sólo por las guerras, sino también a los cambios en las condiciones del trato comercial que puedan traer como consecuencia la suspensión de las importaciones.

Por lo tanto, es de suma importancia que haya suficiente cantidad de suelo de buena calidad para propósitos agrícolas y que este suelo se mantenga en un estado suficientemente productivo para ofrecer un ingreso razonable a los agricultores y proporcionar un abastecimiento adecuado de alimentos.

En general, cerca de la mitad de los suelos del mundo se consideran completamente inadecuados para el cultivo. Esta porción está formada por las áreas cubiertas permanentemente con hielo y nieve (11%), las tundras (4%), montañas



elevadas (16%), desiertos y semidesiertos (17%). Aunque existen áreas considerables de los desiertos que pueden ser regadas, en general, no son lo bastante grandes para cambiar el panorama.

Esto no significa que el resto de la superficie del mundo pueda ser fácilmente puesta bajo cultivo. La mayor parte de esta tierra es demasiado rocosa, arenosa, montañosa, con alto contenido de sales solubles, o con malas condiciones para drenaje, entre otros problemas (Donahue, 1981).

El término agricultura se deriva de las voces Agri, del campo, y cultura, que significa cultivo. Por su etimología quedaría reducido a la producción de materiales vegetales mediante la influencia del trabajo del hombre. Sin embargo, su significado es más amplio, ya que la agricultura moderna se considera una ciencia, un negocio e incluso una artesania que comprende los conocimientos generales que se aplican en la producción agrícola incluyendo los relativos al vegetal, al medio, al suelo y a la conservación de su fertilidad (SEP, 1980).

El término suelo se deriva del latín Solum, que significa piso o terreno (Ortiz Villanueva, 1984). Suelo en su tradicional significado, es el medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres, que de un modo u otro ha desarrollado horizontes diferenciables (Soil Conservation,

1975, citado por Donahue, 1981).

En este sentido, el suelo tiene un espesor determinado por la profundidad radical de las plantas. Básicamente el crecimiento de las plantas terrestres depende de las características del suelo, agua y los elementos nutritivos (Millar, 1980).

Muchas de las palabras que empleamos a diario tienen diferentes significados y pueden ser utilizadas en varias formas.

La palabra suelo no es la excepción. En general, el suelo se refiere a la superficie suelta de tierra que se distingue de la roca sólida. Mucha gente cuando piensa en la palabra suelo, tiene en mente aquel material que alimenta y sostiene el crecimiento de las plantas. Este significado es aún más general, ya que incluye no únicamente al suelo en el sentido común, sino también rocas, agua, nieve y aire, todos los cuales son capaces de sustentar vida vegetal (Millar, 1980).

El suelo es un cuerpo naturalmente desarrollado, en que tienen lugar procesos físicos, químicos y biológicos.

Desde el punto de vista de la agricultura, el suelo es el medio donde crecen las plantas. El suelo es también un

almacén de donde las plantas recogen las sustancias nutritivas, agua y aire para desarrollarse (SEP, 1982).

Como sabemos, hay suelos que se consideran inadecuados para el desarrollo de cualquier cultivo, como lo es el Tepe tate en el cual se va a realizar el experimento. Estos te petates se forman por muchas causas, y una de ellas es que algunas veces por no controlar las influencias naturales ne gativas del suelo y no realizar prácticas agrícolas adecuadas los suelos se degradan y al final llegan a ser inadecuados para la agricultura.

La importancia que se persigue en este experimento, es de comprobar que las lombrices de tierra sirven como una técnica o herramienta más, para la recuperación de zona te petatosas, ya que sus efectos de las lombrices de tierra co mo aceleración de la mineralización, descomposición de mate ria orgánica, mejoración de textura, formación de agregados, intercambio de niveles del suelo, pueden ayudar en conjunto con otras técnicas de recuperación a la reincorporación de la agricultura en las zonas tepetatosas.

Hay técnicas que requieren maquinaria especializada pa ra la recuperación de zonas tepetatosas y son de un costo elevado y en cambio la utilización de las lombrices de tie rra también pueden dar buenos resultados y a menor costo.

## I. REVISION DE LITERATURA

### 1.1. Composición de los suelos

En general podemos decir que los suelos están compuestos de material mineral, material orgánico, agua y aire; contando con un 45% de los componentes que corresponden al material mineral; un 5% al material orgánico; agua 25% y aire 25% (Ortiz Villanueva, 1984).

### 1.2. Formación del suelo

Es el desarrollo natural de los horizontes en un perfil. El desarrollo es evidente cuando se acumula materia orgánica, los coloides son transportados hacia abajo en el perfil y se presentan zonas de arcilla, carbonato, óxido de hierro, humus y acumulaciones de yeso. El suelo se forma cuando los procesos de meteorización actúan sobre el material originario estabilizado.

Según Donahue (1981) y Ortega (1978), los cinco factores que intervienen en la formación del suelo y sus categorías de actividad del proceso son:

a) Material Parental. Puede ser de muy diversa naturaleza (Ígneos sedimentarios, rocas metamórficas, etc.), y consecuentemente cada uno de ellos da origen a suelos con

propiedades químicas especiales. Esto no quiere decir que cada material madre origine un tipo definido de suelo y no parecido a otro. En realidad se han encontrado tipos de suelos muy similares entre sí, aún cuando sus materiales de origen difieran considerablemente en su composición química.

b) El Clima. Tiene una gran influencia sobre el desarrollo y composición de un suelo. Este factor puede presentar todos los extremos de humedad, precipitación y temperatura, desde subártico a desértico o tropical húmedo, consecuentemente las variaciones de suelos desarrollados en tan distintas condiciones climáticas serán grandes.

Los dos componentes climáticos que tienen influencia mayor en la composición química de un suelo son: el agua y la temperatura. A cualquier temperatura mientras sea mayor la precipitación pluvial de la zona, mayor es el coeficiente de intemperización de los materiales del suelo (Ortega, 1978), siempre que los productos solubles resultantes de esta intemperización sean eliminados del sistema por uno u otro medio.

c) La topografía y el tiempo de desarrollo de un suelo. Influyen también en la composición química del mismo. Las diferencias de nivel de un terreno afectan la distribución, retención y drenaje del agua superficial y consecuentemente regulan su acción en el intemperismo del suelo.

En terrenos accidentados, de loma, el material erosionado de las partes altas irá a depositarse en las partes bajas y consecuentemente intervendrá en la composición química de los suelos localizados en valles (Ortega, 1978).

d) Biósfera. La biósfera comprende la actividad de las plantas y animales y la descomposición de sus residuos orgánicos y desperdicios. La vegetación contribuye a los cambios que operan en el suelo. Por ejemplo, plantas con sistemas radicales penetrantes tienden a extraer nutrimentos de horizontes profundos, depositándolos en la superficie del suelo como residuos orgánicos.

El término materia orgánica de un suelo incluye todos aquellos materiales de origen vegetal o animal que se encuentran en diferentes estados de descomposición en el suelo. El humus incluye materiales tales como residuos de las cosechas, raíces de las plantas, estiércoles orgánicos, abonos verdes, compostas, animales muertos y microorganismos, todos son mezclas de una gran diversidad de sustancias químicas.

En un suelo virgen el material orgánico presente se ha derivado casi en su totalidad de las plantas verdes que han crecido sobre él. Los productos de descomposición de dichas plantas sirven como materiales de reserva, ya sea directamente o indirectamente para los micro y macroorganismos que componen la población animal de un suelo. Parte de estos mate-

riales son usados como fuente de energía, otra parte se emplea en la formación de nuevos tejidos pero al final de todo el proceso biológico, estos materiales sufren descomposiciones químicas, las cuales en último término dan origen como productos del proceso respiratorio a bióxido de carbono y agua. Es indudable que si parte de estos materiales vegetales no sufren en su totalidad su descomposición hasta la producción de bióxido de carbono y agua, los componentes resultantes de esta descomposición parcial se acumularán en el suelo e impartirán a él un color característico el cual puede variar desde el café claro hasta el negro oscuro. Este color es el que distingue a un suelo propiamente dicho de un depósito mineral, en otras palabras, es la presencia de materia orgánica (Ortega, 1978).

En forma general, se ha indicado que los suelos minerales contienen menos del 20% de materia orgánica, mientras que los suelos orgánicos (turbas y mulls) contiene más del 20% de materia orgánica (Ortiz Villanueva, 1984).

La materia orgánica es importante por que afecta un gran número de las propiedades de los suelos, así se puede decir que interviene en:

- El color de los suelos, les imparte su color oscuro característico.
- Favorece la formación de agregados estables y reduce la plasticidad y cohesión.

- Aumenta la capacidad de retención del agua y la capacidad de intercambio catiónico.
- Favorece la disponibilidad del Nitrógeno, Fósforo y Azufre a través de la mineralización de sus compuestos orgánicos.
- Tiene efecto amortiguador regulando el pH de los suelos.
- Participa en procesos pedogenéticos debido a sus propiedades de peptización, coagulación, formación de quelatos y otros.
- Produce sustancias inhibitoras y/o activadoras de procesos químicos y microbianos.

Dentro de la biosfera quedan comprendidas también las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y se mencionarán a continuación; así como la importancia de estas propiedades para el crecimiento de las plantas (Donahue, 1981).

### 1.3. Propiedades químicas de los suelos

La química del suelo es estudiada a fin de mejorar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, evitar toxicidades de elementos, utilizar la población microbiana y para mejorar la condición física del suelo.

Hasta ahora, se conocen 16 elementos químicos como esenciales para el crecimiento de las plantas.



El suelo es la fuente de 14 de los 16 elementos esenciales. 13 de ellos, excepto el nitrógeno se originan en la roca de la cual el suelo se desarrolla. Claramente, la concentración en el suelo de estos 13 elementos y las condiciones que lo hacen disponible a las plantas son de fundamental importancia para el crecimiento vegetal (Donahue, 1981).

Los nutrimentos de la planta encontrados en el suelo son resultado de las propiedades químicas de ese suelo. Tan importante como las propiedades químicas, las propiedades físicas del suelo pueden algunas veces ser críticas para el crecimiento de las plantas. Las propiedades físicas del suelo incluyen el tamaño de los poros y los problemas relativos a la aireación y contenido de agua, la estabilidad, la textura, la estructura y la dureza o cementación de las capas del suelo.

Para un buen desarrollo de las plantas el suelo debe tener suficientes poros pequeños para retener agua y suficientes poros grandes para contener aire y así satisfacer las necesidades de oxígeno y agua que las raíces tienen entre los ciclos de lluvia o riego (Donahue, 1981).

#### 1.3.1. Intercambio catiónico.

Es la capacidad de un suelo de retener e intercambiar cationes. Los cationes son iones cargados positivamente y

los más importantes son  $H^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  y  $K^{++}$ .

Los coloides del suelo tienen superficies con cargas negativas no neutralizadas. Los iones (cationes) son adsorbidos a estos lugares cargados negativamente por atracción electrostática (positiva o negativa). Estos cationes adsorbidos son resistentes a la remoción del lavado por agua pero pueden ser reemplazados por otros cationes en solución por "acción de masa".

Este intercambio de un ión positivo por otro, es llamado intercambio catiónico. Hay dos puntos importantes sobre la capacidad de intercambio y el crecimiento de las plantas. El intercambio de cationes en el suelo se ha estudiado extensamente y su importancia estriba en que suministra nutrientes a las plantas como cationes intercambiables y el otro punto es el grado en el cual el intercambio está saturado con bases como contrarrestando al hidrógeno. Este hidrógeno intercambiable contribuye a la acidez del suelo y así produce un efecto nocivo o benéfico para el crecimiento de las plantas (Millar, 1972).

### 1.3.2. La reacción del suelo (pH)

El pH del suelo es definido como el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno (H). La reacción del suelo (pH) es una indicación de la acidez o alcalinidad del

suelo. La escala va de 0-14 con pH 7 como el punto neutro. A pH 7, la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ), es igual a la concentración de iones de hidróxidos ( $OH^-$ ), un pH de 7 a 0 indica un suelo muy ácido; de 7 a 14 el suelo es más alcalino (básico).

El pH del suelo puede determinarse fácilmente y proporcionar muchos indicios acerca de otras propiedades. El efecto del pH del suelo es grande en la solubilidad de los minerales. Suelos fuertemente ácidos (pH 4.0-5) generalmente tienen altas y tóxicas concentraciones de aluminio soluble y manganeso. Té, piña, arándanos y algunas especies coníferas madereras toleran una acidez fuerte y crecen bien. En comparación, la alfalfa, frijol, cebada y remolacha azucarera solamente crecen bien en suelos ligeramente ácidos o moderadamente alcalinos por su alta demanda de calcio o inhabilidad para tolerar aluminio soluble. La mayoría de los minerales son más solubles en suelos ácidos que en soluciones neutras o ligeramente alcalinas (Donahue, 1981).

El pH puede influir en el crecimiento de la planta, por su efecto en la actividad de los microorganismos benéficos. La mayoría de las bacterias fijadoras de nitrógeno no son muy activas en suelos fuertemente ácidos. Las bacterias que descomponen la materia orgánica del suelo y que liberan nitrógeno y otros nutrientes para la planta, son también obstaculizados por fuerte acidez.

El pH del suelo puede influir en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas de dos maneras:

1) A través del efecto directo del ion H;

2) Indirectamente, por su influencia sobre la asimilación de los nutrimentos y la presencia de iones tóxicos. En muchos suelos el último efecto es de gran importancia. Aunque en los valores extremos del pH pueda demostrarse el efecto directo tóxico del ion, muchas plantas pueden tolerar una fuerte concentración de este ion, siempre que se mantenga un equilibrio con otros elementos, por desgracia la asimilación de varios de los nutrimentos esenciales está afectada drásticamente por el pH del suelo, así como la solubilidad de algunos elementos que son tóxico para el crecimiento de las plantas (Buckman y Brady, 1982).

En suelos minerales la mayoría de los cultivos crecen bien en suelo ligeramente ácidos (pH 6.5) y en suelos orgánicos con pH 5.5.

Los suelos llegan a ser ácidos, aún de materiales parentales alcalinos, por el lavado del agua de lluvia de los cationes básicos ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) y el reemplazo de muchos de ellos por  $\text{H}^+$  del ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) formado de carbonatos o dióxidos de carbono disueltos y también por cationes de hidróxidos de aluminio disueltos.

La alcalinidad del suelo, aunque más difícil de alterar que la acidez, puede ser indeseable para las plantas. Los suelos no lavados o altos en calcio (áreas de baja pluviosidad) tienen pH con valores de 8.5. Algunos suelos pueden alcanzar pH con valores mayores de 10, cuando presentan alto sodio intercambiable. Las plantas en suelos con pH mayores de 9 usualmente tienen crecimiento reducido e incluso mueren. El mayor efecto de un pH alcalino es reducir la solubilidad de todos los micronutrientes (excepto molibdeno), especialmente hierro, zinc y manganeso (Donahue, 1981).

#### 1.3.3. Amortiguamiento (Buffering) en los suelos.

La mayoría de los suelos pueden resistir grandes cambios de pH cuando se le añaden grandes cantidades de un material básico o ácido, tales como un fertilizante ácido o un alcalino. Esta habilidad a resistir un cambio en pH es la capacidad de amortiguamiento del suelo.

Hay dos formas de asegurarse que las plantas crecerán sin serias inhibiciones a partir de un pH desfavorable:

- 1) Seleccionando las plantas para que crezcan bien con el pH del suelo existente, o
- 2) Alterando el pH del suelo para satisfacer la preferencia de las plantas (Millar, 1980).

#### 1.4. Propiedades físicas de los suelos

Las propiedades físicas de los suelos, textura, estructura, densidad, porosidad, consistencia, temperatura y color, determinan la disponibilidad de oxígeno y la movilidad del agua a través del suelo.

Las propiedades físicas de un suelo antes mencionadas tienen mucho que ver con la capacidad que tienen para muchos usos a los cuales el hombre los sujeta. La rigidez y la fuerza de sostenimiento, en condiciones húmedas y secas, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, son algunas de las funciones importantes que realizan en conjunto los componentes de las propiedades físicas de los suelos para un buen desarrollo de la planta (Millar, 1980).

##### 1.4.1. Textura

Se refiere al tamaño de las partículas minerales individuales. Los suelos naturales están constituidos por partículas de varios tamaños. Los tamaños de las partículas llamadas separados del suelo, son arenas, limos y arcillas. Las proporciones relativas de los separados del suelo en particular determinan su textura. La textura es una importante característica del suelo ya que determina la capacidad de absorción y de almacenamiento del agua, la facilidad de culti-

varlo, la cantidad del aire (vital para el crecimiento radical), e influenciará la fertilidad.

#### 1.4.2. Estructura

La estructura es estrictamente un vocablo usado para describir sobre el terreno el grosor, agregación aparente o disposición de los sólidos del suelo. Los agregados son unidades secundarias o gránulos de muchas partículas de suelo enlazadas o cementadas por sustancias orgánicas, óxidos de hierro, carbonatos, arcillas o sílice.

La estructura modifica la influencia de la textura respecto a las relaciones de humedad y aire, disponibilidad de nutrimentos para la planta, acción de los microorganismos y desarrollo de la raíz (Miller, 1980).

#### 1.4.3. Densidad de las partículas y Densidad aparente

Densidad es el peso ( $\delta$ , más correctamente la masa) de un objeto por unidad de volumen (Donahue, 1981).

El agua es la referencia para las medidas de densidad. Son comunes para los suelos dos medidas de densidad:

a) Densidad de las partículas (densidad real), es la densidad solamente de las partículas del suelo; la medida no incluye el peso del agua o el espacio (aire) poroso.

b) Densidad aparente, es la densidad para un volumen de

suelo tal como es, incluyendo espacios de aire y materiales orgánicos.

#### 1.4.4. Porosidad del suelo

El espacio poroso en un suelo es la porción de volumen que no está ocupada por sólidos, orgánicos o minerales. Bajo condiciones de campo los espacios porosos están ocupados todo el tiempo por aire y agua.

Así pues, la provisión de agua y de oxígeno para el crecimiento de las plantas y la tasa de movimiento del agua en el suelo están relacionados con la cantidad y tamaño de los poros del mismo (Millar, 1980).

#### 1.4.5. Consistencia del suelo

Es la habilidad del suelo a permanecer coherente (adhesivo). La consistencia del suelo está considerada como una combinación entre las propiedades del suelo, que dependen de la atracción entre sus partículas y la humedad del terreno: Los términos comunmente usados para describir la consistencia de un suelo son: suelto, friable, firme, blando, áspero, plástico y tenáz (Buckman, 1982).

La consistencia del suelo, basada en su condición de partículas separadas o desde el punto de vista de la formación de granos, migajones, agrupamientos e inclusive masas compactas



tas, se conoce como estructura del suelo. Para los agricultores la consistencia del suelo es con frecuencia más importante que su textura. La consistencia del suelo determina la proporción con que el agua y el aire pueden atravesar - las diferentes capas del suelo, y el grado en que el agua y el aire pueden ser retenidos en los poros. La penetración de las raíces, su anclaje y el drenaje dependen también de la estructura del suelo (SEP, 1982).

Las capas cementadas (duripanes) son comunes en muchos suelos. Estos pueden inhibir la penetración radicular y por tanto, reducir el volumen efectivo del suelo del cual las plantas pueden absorber nutrientes y agua. El agua es retenida por el duripan produciendo sobresaturaciones en las capas superiores del suelo.

La renovación del oxígeno necesario por las raíces no puede efectuarse en los suelos en todos los poros llenos de agua, aunque esto sólo sea una pulgada (pocos cm.) de profundidad.

En diferentes suelos de centro y Sud-América se presenta la pedocementación. La cual es importante en su manejo, debido a que suelos con capas endurecidas tienen, frecuentemente, tasas muy altas de erosión y son difícilmente recuperables una vez erosionadas (Donahue, 1981).

Además, los conocimientos sobre la cementación están limitados por una gran confusión de los agentes cementantes y por un conjunto de nombres nacionales y populares asignados a los diferentes tipos de endurecimientos. Los edafólogos y campesinos mexicanos emplean el término tepetate para designar horizontes cementados y específicamente para gruesas capas endurecidas, formadas a partir de cenizas volcánicas que son duras cuando están húmedas y muy duras cuando están secas. El agente cementante es silicio y algunas veces en la parte superior, carbonatos (Nimlos, 1986).

Habíamos mencionado que la materia orgánica es muy importante ya que es responsable de la deseada estructura en el suelo, aumenta la porosidad, mejora las relaciones agua y aire y reduce la erosión ocasionada por el agua y el viento.

Químicamente, la materia orgánica es la fuente de casi todo el nitrógeno del suelo, de 5 a 60% del fósforo, hasta el 80% de azufre y de una gran parte del boro y molibdeno. Además, provee de constituyentes energéticos a los microorganismos (Buckman, 1982).

La M.O está constantemente bajo cambio y debe ser reemplazada continuamente para mantener la productividad del suelo. Como también sabemos los materiales orgánicos, vivos o muertos, suministran nutrimentos para la mayoría de los

organismos vivientes.

La M.O. es influida en forma determinante por los organismos que la originan como vegetales, animales, ya que son los principales causantes de que ésta se descomponga y por medio de ellos los elementos regresen a las formas simples, lo cual permite que las plantas superiores pueden utilizarlos nuevamente.

### 1.5. Organismos del suelo

Los organismos del suelo juegan una parte importante en su desarrollo. El suelo es habitado por una amplia variedad de plantas y animales. En efecto, un suelo usualmente no está completamente desarrollado hasta que su material inorgánico está invadido por varias clases de organismos (Janick, 1970).

La ecología del suelo incluye todas las cosas vivas que en él se encuentran ya sea en su interior o en su superficie, sus interrelaciones y el ambiente del mismo. Las cosas vivas se clasifican biológicamente como plantas (flora) o animales (fauna) y descritas además como grande (macro) o pequeña (micro). El tamaño micro implica que el organismo no es visible al ojo humano y sólo puede observarse mediante magnificación (por ejemplo, un microscopio).

Las primeras pulgadas de profundidad y la superficie del suelo están pobladas de microflora y microfauna (referida a los microbios o microorganismos) y macrofauna. La macroflora, obviamente, es la vegetación. La microflora y microfauna tiene una población de billones por gramo de suelo (1/5 de una cucharadita rasa) y el peso vivo en un suelo productivo puede ser tanto como 5 a 10 toneladas por acre (11 a 22 ton met/ha).

Como todas las cosas en la vida, los microorganismos del suelo y la macrofauna son una mezcla-benéfica, neutros o perjudiciales. Algunos son absolutamente esenciales a la planta, otros son perjudiciales (Donahue, 1981).

#### 1.5.1. Microflora (Buckman y Brady, 1982)

Bacterias, hongos, actinomicetos, algas y otros se proveen de nutrientes y energía por sí solos, "comiendo" (descomponiendo) la materia orgánica del suelo.

Esta descomposición origina:

- a) El uso de algunos de los carbonos, nitrógeno y otros elementos por el microorganismo.
- b) Liberación del dióxido de carbono, agua y otros elementos a la solución del suelo o a la atmósfera.
- c) Un intercambio de residuo orgánico parcialmente modificado, llamado humus.

Una característica sorprendente de la microflora del suelo es su diversidad, ayudan al desarrollo de una estructura deseable para estabilizar el agua, por sus secreciones de goma insolubles al agua (Donahue,1981).

1.5.1.1. Bacterias. Son los más pequeños y más numerosos microorganismos que viven libremente en el suelo. Tomadas colectivamente, su serie de capacidades autotróficas y heterotróficas no es igualada por ningún otro de los grupos principales de seres vivientes del suelo. Comúnmente las bacterias del suelo son estudiadas teniendo en cuenta su participación en los ciclos del nitrógeno y del carbono o en otras transformaciones cíclicas del suelo. La importancia de las bacterias estriba en primer lugar, que como grupo, casi sin excepción, participan con vigor en todas las transacciones orgánicas tan vitales para un suelo que haya de soportar con éxito a las plantas superiores. No rivalizan sólo con los hongos y actinomicetos en este aspecto, si no que incluso les superan. En segundo lugar, detentan el monopolio prácticamente de tres transformaciones enzimáticas fundamentales:

- 1) Nitrificación
- 2) Oxidación del azufre
- 3) Fijación del Nitrógeno.

Si todo esto falla, la vida de las plantas superiores y de los animales se decae muy pronto. Desde este punto de -

vista, las bacterias son uno de los seres más importantes, siendo las más simples y numerosas de las formas vivientes (Buckman, 1982).

1.5.1.2. Actinomicetos. Las bacterias verdaderas se diferencian claramente de los hongos filamentosos y muchas características morfológicas separan a las dos clases. Sin embargo, existe un grupo de transición entre las bacterias simples y los hongos, cuyos límites se superponen con los dos de sus vecinos más primitivos y con los más desarrollados: Los Actinomicetos.

Los actinomicetos son numerosos y están ampliamente distribuidos, no sólo en el suelo sino en una variedad de habitats diferentes, incluyendo estiércol; fango de los ríos y el fondo de lagos. Se encuentran en la superficie del suelo así como en los horizontes inferiores, a profundidades considerables. Como regla general son saprófitos, aunque algunas especies pueden provocar enfermedades a las plantas, animales domésticos e incluso al hombre.

Los actinomicetos son afectados directamente por la presencia de carbono aprovechable y se presentan en cantidades especialmente grandes en terrenos con abundante materia orgánica. Como grupo, estos microorganismos no toleran valores bajos de pH y el tamaño de la comunidad está relacionado inversamente a la concentración del ion hidrógeno (Burgess, 1971).

Existen muchas sustancias que contienen carbono y/o nitrógeno en su molécula, ya que se encuentra en el suelo en forma de restos de plantas y animales, y que generalmente, se reúnen bajo el nombre de "materia orgánica del suelo". Algunas de estas sustancias son atacadas y descompuestas en grado importante por los Actinomicetos, en las condiciones naturales existentes en el suelo. Los glúcidos solubles en el agua son los que más rápido se descomponen. A continuación lo son las hemicelulosas y al final las celulosas. La capacidad para descomponer celulosa y otros polisacáridos está ampliamente extendida entre los Actinomice-tos (Alexander, 1977).

1.5.1.3. Algas. Las algas del suelo, junto con los protonemas de los musgos constituyen la única comunidad microbiana del suelo que depende de la luz para su desarrollo. Las algas muertas o vivas, pueden actuar como fertilizantes. En zonas áridas, las algas pueden representar importantes fuentes de materia orgánica (Burges, 1971).

En los desiertos o depresiones polvorientas de origen humano, las costras formadas por algas pueden reunir las partículas del suelo entre sí (Schwabe, 1960; Durrell y Schields, 1961; Bond y Harris, 1964), evitando la erosión y permitiendo la instalación de angiospermas (Booth, 1941).

1.5.1.4. Hongos. Los hongos no contienen clorofila y por lo tanto, deben obtener el carbono mediante la síntesis celular a partir de moléculas orgánicas preformadas. Como consecuencia de su capacidad para utilizar las sustancias protéicas, los hongos participan activamente en la formación de amonio y compuestos nitrogenados simples. Muchos géneros y especies participan en el proceso de descomposición de las complejas moléculas que contienen nitrógeno. Los microorganismos se benefician con esta transformación debido a que el material protéico les proporciona carbono y nitrógeno. Los hongos participan en la formación de humus a partir de restos orgánicos frescos al degradar residuos vegetales y animales.

Otra característica relacionada con varios hongos que se origina en el suelo es la patogenicidad, ya que algunos pueden provocar enfermedades a las plantas, animales y al hombre (Alexander, 1977).

#### 1.5.2. Microfauna

La microfauna del suelo está compuesta principalmente por protozoarios y nemátodos.

1.5.2.1. Protozoarios. Los protozoos son animales microscópicos primitivos, unicelulares, que se alimentan principalmente de bacterias.



La digestión protozoaria de las bacterias influye la población microbiológica y acelera el reciclaje de los nutrientes vegetales. Los principales grupos de protozoarios en el suelo son los ciliados, flagelados y las amebas (Donahue, 1981).

El papel principal postulado para estos organismos se basa en sus hábitos alimenticios en cultivos enriquecidos; regulan el tamaño de la comunidad bacteriana.

Otro papel que pueden desempeñar estos microorganismos es el de permitir la convivencia de bacterias competidoras en un mismo suelo (Alexander, 1977).

**Nemátodos.** Los nemátodos son organismos microscópicos, no segmentados, gusanos como hilos (Nema = hilo); están clasificados de acuerdo a sus hábitos de alimentación.

Los nemátodos se hallan en casi todos los suelos, en gran cantidad. Un máximo de 50 por gramo de suelo seco significa alrededor de 111 billones por hectárea (Buckman y Brady, 1982).

Los nemátodos omnívoros se alimentan principalmente de materia orgánica y son los más comunes del suelo. Los nemátodos predadores consumen la fauna del suelo incluyendo a otros nemátodos. Los parasíticos infestan las raíces, origi

nando nudos que dan una prueba de su presencia. La entrada de estos nemátodos a la planta permite un fácil acceso de otros patógenos (organismos que originan enfermedades) que causan aún más daños que los nemátodos. La remolacha azucarera es particularmente susceptible; un campo infestado, sin tratar, puede ocasionar pérdidas en la cosecha de más del 50% (Donahue, 1981).

Los nemátodos pueden ser controlados por fumigantes (nematicidas), que son caros; corteza de madera dura o rotando con variedades resistentes.

#### 1.5.3. Macrofauna (Donahue, 1981)

La vida animal grande, macrofauna, que habita el suelo, cobija desde los grandes animales cavadores, tales como el tejón hasta los ácaros (los pequeñitos arácnidos escasamente detectados por el ojo humano).

1.5.3.1. Animales cavadores. Los grandes animales cavadores, tales como topos, perros de las praderas, tortugas, ratones, musarañas, conejos, tejones, marmotas, armadillos y ardillas; airean y alteran la fertilidad y la estructura del suelo, pero se comen y destruyen la vegetación haciéndolos más perjudiciales que benéficos.

1.5.3.2. Artrópodos. Los artrópodos son organismos invertebrados que incluyen los ácaros, ciempies, milpies e insectos como colas de resorte, proturanes, dipluranes y larvas de coleópteros, moscas, hormigas y termitas. Estos se alimentan de vegetación en decadencia y ayudan a airear el suelo con las cavidades que perforan en su actividad natural, sin embargo, muchas especies pueden ser peste por que son fitófagos.

La hormiga café claro, Formica cinera, ha "arado" los suelos de las praderas durante 3500 años. Esta hormiga trae alrededor de una pulgada (2.5 cm) de suelo a la superficie cada 500 años. Sus terraplenes suben hasta un pie (30 cm) por encima de la superficie y 6 pies (1.8 m) por debajo, con cámaras y cavidades que ocupan el 12% del volumen del suelo Baxter (1966), citado por Donahue, (1981).

En los suelos tropicales, las termitas pueden cambiar la estructura del suelo en forma radical y "labrar" el suelo en forma parecida a las hormigas de las zonas templadas.

1.5.3.3. Gasterópodos. Los babosos y caracoles son miembros importantes de este grupo que habitan el suelo. Ellos se alimentan con plantas dañadas, pero también comen y dañan plantas vivas. En áreas infectadas, se han reportado conteos tan altos como 600,000 babosos por acre (243,000/ha) con un peso vivo de (448 Kg/ha) (Donahue, 1981).

Lombrices de tierra. Las lombrices de tierra son Anélidos de la familia Oligoqueta, abarca alrededor de unas 220 especies, se pueden considerar cosmopólitas, lo que da idea de su gran capacidad de adaptación a casi todos los ambientes (Satchell, 1971).

Existen varias especies: la Lumbricus terrestris, organismo de color rojizo, y la Allolobophora caliginosa, con motas pálidas, son muy comunes tanto en Europa como en el Este y Centro de los Estados Unidos.

En los trópicos y semitrópicos existen aún otros tipos, algunos pequeños y otros sorprendentemente grandes. Respecto a las especies, es interesante hacer notar que, probablemente, la Lumbricus terrestris no es nativa de América. A medida que los campos y praderas fueron siendo cultivados, este gusano fue reemplazando rápidamente a los tipos nativos que no pudieran adaptarse al cambio de condiciones.

Los hábitos alimenticios de las lombrices y su capacidad para escavar galerías hace que influyan fuertemente sobre las propiedades del suelo. Las lombrices son importantes en muchos aspectos. La cantidad de suelo que estos organismos hacen pasar por sus cuerpos anualmente pueden sobrepasar las 37 toneladas de tierra seca por hectárea cultivada, cifra realmente impresionante Darwin (1885), citado por Buckman y Brady, (1982).

Durante el paso a través del intestino de las lombrices, no sólo la materia orgánica que sirve de alimento a ella sino también sus minerales constituyentes, quedan sujetos a las enzimas digestivas y a la acción pulverizadora dentro de los animales.

Hace años Wollny (1890), citado por Buckman y Brady (1982); realizó experimentos que indicaron que las lombrices tenían un efecto favorable sobre la productividad del suelo. Estudios posteriores han confirmado estos resultados, en la materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y del P y K asimilables, que son aumentados a través de la actividad de las lombrices de tierra.

Las lombrices de tierra han sido utilizadas en Nueva Zelandia para la recuperación de zonas forestales, con resultados satisfactorios (Bouche, 1980; S. Pringelt, 1983).

Las lombrices de tierra en condiciones experimentales consumen mucho más restos vegetales que los disponibles en el campo. Franz y Leitenberger (1948)\* alimentaron a Lumbri-cus rubellus con restos vegetales y encontraron un consumo diario de 20-39 mg de peso seco por lombriz, cerca de 27 mg/g de peso fresco de lombriz.

Van Rhee (1963)\*, alimentó con hojas de huerto y hierbas de prado a 6 especies de lombrices y a partir de 16 pruebas

\* Citado por Satchell, 1971.

estableció un consumo medio de alimento de 27 mg/g de peso de lombriz.

Needham (1957)\*, alimentó L. terrestris con hojas de olmo y halló un consumo máximo de 80 mg/g de lombriz al día y un consumo medio de una tercera parte de esta cifra, o sea unos 27 mg/g al día. En el primer experimento los restos de avellano se recogieron frescos, se secaron al aire y fueron consumidos en este estado poco comestible, y en el experimento de Needham, numerosas lombrices perdieron peso. El consumo medio de restos en condiciones óptimas sería superior a 27 mg/g al día.

Las hojas, de hecho, en condiciones favorables pueden ser transportadas al interior del suelo por la acción de las lombrices de tierra, tal como lo demuestran los estudios de Raw (1962) sobre la desaparición de los restos en un campo de manzanos. Se realizó un experimento en el que se colocaron hojas de manzano bajo redes en montones que equivalían a 2000 Kg/ha en un campo cultivado que contenía aproximadamente  $168 \text{ g/m}^2$  de L. terrestris.

Después de dos meses sólo el 0.5% del peso de las hojas permanecía en la superficie, habiendo sido transportadas por las lombrices la totalidad de las hojas excepto un 14 por mil. La desaparición media, incluyendo las pérdidas por des

composición microbiana en la superficie, calculada a partir del peso inicial de las hojas y del número introducido en los agujeros de las lombrices de tierra, es de unos 20 mg/g al día. El promedio de las hojas transportadas por L. terrestris sin embargo, está afectado por la temperatura del suelo, la cantidad de hojas presentes y la disponibilidad de alimentos; el promedio de una serie de 5 campos fue, durante tres inviernos, aproximadamente de 5 mg/g al día. El promedio más bajo de actividad refleja la temperatura media del suelo inferior, que fue de 5.0°C a 30 cm de profundidad.

El trabajo de Bock (1960)\*, demuestra que los porcentajes de desaparición de los restos orgánicos, son distintos en localidades con diferentes poblaciones de lombrices de tierra. Se colocaron restos de abeto y de roble, después de la caída de las hojas, en redes anchas en dos localidades; en un moor con una densidad de población de lombrices de tierra baja en la cual Bimastos eiseni, fué la única especie hallada, y un mull que contenía L. terrestris y A. rosea. En la última localidad, los restos de abeto desaparecieron tan rápidamente que al cabo de unos 6 meses, sólo quedaban unos cuantos nervios centrales. Tanto las hojas de abeto como las de roble perdían peso lentamente en el moor, y, a diferencia del mull, había pocas hojas que fueron transportadas hasta los nidos. Las hojas de roble en el mull también desaparecían lentamente y se comprobó que durante los 6 a 8 meses que seguían a la caída de las hojas; las hojas de abeto, avellano

y abedul fueron transportados al interior de los agujeros de L. terrestris con preferencia a las hojas de roble. Luego, tanto los restos naturales de roble como el material experimental eran atacados por las lombrices de tierra.

Las lombrices también son importantes en otros aspectos. Los agujeros dejados en el suelo sirven para aumentar la aireación y el drenaje, que son consideraciones importantes en el desarrollo del suelo. Además llevan a cabo un notable transporte desde las capas inferiores a la superficie. También mezclan y granulan el suelo por arrastre en sus minas de cantidades de materia orgánica no descompuesta, como hojas y hierba, que utilizan como alimento. En algunos casos, la acumulación es sorprendentemente grande. En los suelos no cultivados, es más importante que en la tierra arada, donde la materia orgánica es revuelta casi siempre en cantidad.

La ventilación de la capacidad de campo del suelo está determinada por su estructura física. Si tiene buena estructuración, el agua queda retenida en los espacios capilares con los agregados permitiendo la difusión de gases de forma continua. El mull está caracterizado por una estructura en agregados, y en el mull, Kubiena (1953)\*, afirma: "prácticamente todos los agregados son agujeros de lombrices de tierra o residuos de éstos". En consecuencia, uno de los efectos más importantes de la actividad de las lombrices de tierra parece ser su influencia sobre la estructura de un -



suelo mull.

A partir de las pruebas obtenidas, varios investigadores (Basalik, 1913; Nijhawan y Kanwar, 1952)\*, han afirmado que los agujeros de las lombrices de tierra contienen más agregados estables en el agua que el suelo de sus alrededores y en los experimentos de laboratorio, los suelos trabajados por las lombrices de tierra son más estables al agua que los suelos no trabajados (Gurianova, 1940; Hopp, 1946; Guild, 1955)\*.

El efecto de los agujeros de las lombrices de tierra sobre el drenaje puede ser considerable. Slater y Hopp (1947)\* han demostrado que en general la infiltración es mucho más rápida en los suelos de campo con poblaciones de lombrices de tierra elevadas que en los suelos en donde las poblaciones son pequeñas. Aunque resulta difícil creer que las poblaciones de lombrices de tierra fueran el único factor diferencial entre las localidades estudiadas por estos autores, sus resultados están confirmados por los experimentos de laboratorio de Guild (1955)\*, en los que halló que el agua pasaba a través de recipientes de suelo arenoso en dos días, si el suelo estaba trabajado por las lombrices, y en 8 días en ausencia de éstas. En numerosos experimentos de laboratorio Kahsnitz, (1922)\*; Archangelskii, (1929)\*; Hopp y Slater, (1948)\*, se observó que el crecimiento de las plantas en recipientes había sido mayor en presencia de lombrices.

ces de tierra y este aumento fue atribuido al aumento de ventilación y drenaje.

Los túneles de las lombrices de tierra son, generalmente, más ricos en calcio intercambiable, potasio y fósforo disponible que el suelo que les rodea, (Lunt y Jacobson, 1944; Ponomareva, 1950)\*.

Experimentalmente se ha visto que el tamaño de las partículas del suelo es menor cuando están presentes las lombrices, ya que desintegran el suelo al pasarlo por su tracto digestivo. Sus excrementos incrementan el número de agregados estables o sus mismas galerías mejoran las condiciones de aireación, porosidad y drenaje y estos espacios pueden llegar a constituir hasta un 30% del volumen total de un suelo (Edwards, 1977).

Ha sido reportado que los excrementos de las lombrices tienen un pH más neutro que el suelo donde viven, por lo que pueden tener una acción neutralizante. También se ha visto que su acción hace disponible elementos como el fósforo y el nitrógeno (Springelt 1982) y favorecen la relación C:N en cultivos experimentales (Satchell 1971).

La relación C:N de la materia orgánica añadida al suelo, es de importancia primaria en el curso de la mineralización; en general, tan sólo el material con una relación C:N igual

a 20/1 o inferior puede suministrar directamente nitrógeno mineral (Harmsen y Van Schreven, 1955). Las relaciones C:N siguientes que corresponden a hojas recién caídas de árboles corrientes en los bosques, han sido determinadas por Wittch (1953)\*. Olmo: 24.9; fresno 27.6; tilo; 38.2; roble; 42; abedul; 43.5; serbal; 54.0; pino de Escocia; 90.6. El efecto de las lombrices de tierra en la reducción de la relación C:N de los residuos vegetales no se puede determinar directamente con facilidad, debido a que en los cultivos experimentales, las lombrices de tierra no sólo metabolizan el carbono sino que además aumentan la descomposición de la materia orgánica al estimular la actividad microbiana. No obstante puede calcularse el consumo mínimo de carbono de las poblaciones de lombrices de tierra a partir de los datos de la respiración, los factores que afectan la respiración de las lombrices de tierra son: su actividad, ritmo diurno, tensión del oxígeno, concentración de anhídrido carbónico, exposición a la luz, temperatura ambiente y tamaño del cuerpo.

Dentro de los efectos sobre la mineralización del nitrógeno puede hacerse una afirmación provisional referente a los efectos de la actividad de las lombrices de tierra sobre la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. Cerca de la mitad del nitrógeno excretado por las lombrices de tierra es secretado por células glandulares epidérmicas en forma de mucoproteínas. La otra mitad es una orina fluida que contiene amonio y urea y posiblemente ácido úrico y alantofina; las -

proporciones de estas substancias dependen de la especie y de si el individuo está alimentándose o no (Needham, 1957)\*. Todas estas substancias son solubles en una solución de suelo o lo llegan a hacer rápidamente a causa de la actividad microbiana.

Del 72% del peso seco del tejido del cuerpo de las lombrices de tierra son proteínas, y se descomponen rápidamente al morir éstas y constituye una fuente de nitrógeno mineralizado con rapidez (Lawrence y Millar, 1945).

Las lombrices prefieren sitios húmedos. Asimismo, se hallan en su mayor parte en los suelos densos donde la capacidad de humedad es alta, más que en los arenosos, de naturaleza árida.

Al escavar las lombrices sus galerías favorecen la aparición de otros organismos del suelo, se ha visto que se encuentra una gran población de bacterias nitrificantes en las paredes, y que también favorecen su propagación. Las publicaciones sobre la influencia de las lombrices de tierra sobre la microflora edáfica contiene muchas observaciones contradictorias, pero en la actualidad, generalmente se admite que el intestino de las lombrices de tierra contiene esencialmente las mismas clases de organismos que existen en el suelo en el cual viven, Bassalik (1913)\*, aisló más de 50 especies de bacterias del canal alimenticio de Lumbricus te-

restris y no encontró ninguna que no estuviera presente en el suelo del que procedían las lombrices. Más recientemente, Parle (1963)\*, examinó el intestino de tres especies de lombrices de tierra y no encontró ningún microorganismo que no fuera común en el suelo o en los residuos vegetales. En particular, investigó la posibilidad de que la celulosa y la quitinasa presentes en el canal alimenticio de las lombrices de tierra pudieran ser segregadas por microorganismos simbióticos especiales tal como sucede en los moluscos. Concluyó que, a pesar de que una parte de la actividad celulosolítica y quitinolítica podía atribuirse a los organismos presentes en el contenido intestinal, las enzimas eran segregadas por las lombrices. Así pues, parece que las lombrices de tierra no poseen ninguna microflora intestinal especial (Satchell, 1971).

Las lombrices de tierra necesitan materia orgánica y medran mejor en tierras donde abunda este constituyente. Parece también que la nutrición de algunas lombrices de tierra depende de ciertas glándulas secretoras de calcio. Tal vez por ésto no se hallan abundantes en suelos pobres de calcio reemplazable. Hay sin embargo, algunas excepciones a ésto.

Es un fenómeno muy sorprendente observar cómo súbitamente la población de lombrices a veces, cambia de vigor, de número y aún de especies, en muy cortos plazos y distancias, de acuerdo con el pH y otras condiciones del suelo.

Grant (1955)\*, nos menciona que a pesar de que el agua es el constituyente principal de las lombrices de tierra - aproximadamente 80-90% de su peso fresco, la capacidad de resistencia a la desecación es uno de los caracteres de su biología.

Roots (1956)\*, dice que Lumbricus terrestris puede sobre vivir perdiendo el 80% del contenido hídrico de su cuerpo y muchas especies pueden sobrevivir varios meses de sequía en estado latente.

A menudo, el desarrollo de los horizontes orgánicos superficiales se atribuyen a la ausencia de actividad de las lombrices de tierra. En muchos casos existen otros factores que son más importantes, pero las clásicas parcelas experimentales de Park Grass, Inglaterra, constituyen un ejemplo en el que los efectos de la actividad de las lombrices de tierra pueden ser definidos con bastante precisión. Como resultado de aplicaciones repetidas de sulfato amónico, la acidez, en algunas parcelas, eliminó completamente las poblaciones de lombrices de tierra y se acumuló una maraña de vegetales muertos. Esta maraña de hierbas, parcialmente descompuestas, se acumularon debido a que la intensa acidez del suelo retardó la putrefacción del material orgánico (Satchell, 1971).

Evidentemente esto es sólo una aplicación parcial, puesto que cuando la materia orgánica está mezclada con el suelo se descompone rápidamente. Probablemente, la causa principal de la formación de una "maraña" en estas parcelas es la ausencia total de lombrices, capaces de introducir en el suelo las hierbas muertas (Richardson, 1938)\*. Se presentó una acumulación comparable de materia orgánica en un huerto cubierto por hierbas en el cual la población de lombrices había sido envenenada con sulfato de cobre (Raw, 1962)\*.

Gerard (1960)\*, comparó poblaciones de lombrices en terrenos de regadío y de no regadío en suelos arenosos en el sur de Inglaterra. Las especies de grandes profundidades Lumbricus terrestris y Aporrectodea longa no fueron afectadas, con poblaciones de  $26/m^2$  y  $0.3/m^2$  respectivamente en el terreno irrigado comparada con  $25/m^2$  y  $0.1/m^2$  en el terreno no irrigado, pero las poblaciones de poca profundidad como las especies Allolobophora chlorotica, Aporrectodea caliginosa y A. rosea fueron  $9/m^2$ ,  $4/m^4$  y  $4/m^2$  respectivamente en terrenos irrigados, comparado con  $0.2/m^2$ ,  $0/m^2$  y  $0/m^2$  en terrenos no irrigados.

Hopp y Slater (1948)\*, en suelos de pastoreo colocaron en barriles un subsuelo de arcilla improductiva de Maryland, sembraron el suelo con una mezcla de pastura, y probaron el efecto de la producción de heno de la inoculación de lombrices.

ces de tierra, además con y sin fertilizantes. La producción de heno se incrementó a 3.31 Ton/ha con lombrices y fertilizante y 2.72 T/ha con lombrices pero sin fertilizante, habiendo dejado en la superficie del suelo en otoño el recorte del pasto para proteger el congelamiento de las lombrices durante el invierno. Cuando no se aplicó la cubierta de paja y estiércol en otoño el efecto de la inoculación de las lombrices fué pequeño. La presencia de las lombrices de tierra estimularon particularmente el crecimiento de trébol en la siembra de la mezcla de pastura, y el incremento en el crecimiento fue atribuído primordialmente a la influencia de las lombrices de tierra sobre la estructura del suelo, asociada con el incremento en proporción a la infiltración del agua.

En los campos de cosecha Edwards y Lofty (1980), midieron el efecto de las lombrices de tierra en el crecimiento y producción de cebada en un sitio donde los cereales fueron directamente barrenados por seis años.

Fueron aplicados cuatro tratamientos, de la siguiente manera:

- 1) Suelo fumigado e inoculado con Lumbricus terrestris y Aporrectodea longa, que son especies de galerías profundas.
- 2) Fumigado e inoculado con A. caliginosa y Allolobophora chlorotica, que son especies de poca profundi-



dad en las galerías.

- 3) Fumigado, sin lombrices.
- 4) No fumigado y sin lombrices.

En los tratamientos no hubo diferencias significativas en la producción, pero hubo incrementos significativos en el peso total de las raíces y su profundidad de penetración en el terreno de las lombrices inoculadas, especialmente en aquellas inoculadas con especies de glaeñas profundas.

Se concluyó que el incremento del crecimiento de la raíz resultó probablemente del seguimiento de ésta hacia las galerías hechas por las lombrices en su penetración del suelo, además hubo una estimulación en el crecimiento de las raíces debido al enriquecimiento disponible de los nutrientes de la planta depositados en las paredes de las galerías.

En general, podemos resumir las funciones mínimas de las lombrices en:

- 1) Aceleración de la mineralización.
- 2) Aceleración de la descomposición de la materia orgánica.
- 3) Favorecen la aireación del suelo.
- 4) Favorecen el drenaje del suelo.
- 5) Mejoran la textura del suelo.
- 6) Favorecen la formación de agregados del suelo.
- 7) Favorecen el intercambio de niveles del suelo.
- 8) Favorecen la propagación de bacterias benéficas al suelo.
- 9) Probable disminución de fauna fitopatógena.

El crecimiento de las plantas envuelve la combinación de todos los factores mencionados. La larga lista incluye aireación adecuada, agua, nutrimentos esenciales, adecuada profundidad del suelo para soporte, niveles tóxicos de ciertos elementos, enfermedades, insectos, temperaturas y luz solar, etc. De tal manera que cualquier factor que afecte estas propiedades va a influir directamente en el crecimiento y desarrollo de un cultivo. Todas estas consideraciones deben ser incluidas en cualquier estimación sobre productividad de los suelos (Donahue, 1981).

#### 1.6. Algunas causas de alteración de fertilidad de un suelo

La humanidad ha acelerado el mal manejo de suelo, arando, quemando, sobrepastoreando y removiendo en otras formas la cubierta protectora afectando de manera negativa la fertilidad de los mismos (Donahue, 1981).

Los principales problemas que se presentan por un mal o inadecuado manejo de suelos son: salinidad, toxicidad, erosión, etc. Los suelos salinos y los suelos sódicos se caracterizan por concentraciones excesivas de sales solubles de calcio, magnesio y sodio en las capas superficiales del suelo. En los suelos salinos y sódicos, el crecimiento de las plantas es afectado por la reducción de la captación del agua y por la acción tóxica directa de sales. Se retarda también la absorción de los macro y microelementos.

Paralelamente a las deficiencias de nutrientes, las plantas sufren también por el exceso de éstos. Cuando el crecimiento de las plantas se ve seriamente perjudicado por tales sustancias, se puede hablar de efectos tóxicos o de toxicidades en el suelo. El efecto tóxico puede ser causado por un suministro indiscriminado de fertilizantes, pesticidas y residuos industriales y de ciudades. Este efecto puede ocurrir también en suelos minerales bajo condiciones fuertemente ácidas o alcalinas, si algunos elementos son movilizados en cantidades abundantes (SEP, 1982).

En cantidades mayores, los microelementos resultan tóxicos. Estos inhiben la absorción del agua y los nutrientes, así como la formación de sustancias valiosas tales como los almidones, los azúcares, las proteínas y los aceites (SEP, 1982).

La erosión del suelo es el arrastre de parte de la superficie terrestre. Las lluvias fuertes y el viento son los dos principales agentes responsables de este proceso. Estos agentes llegan a ser especialmente destructivos en donde la cubierta natural de vegetación, como bosques y pastos, se ha roto por el desmonte, el sobrepastoreo, o por una aradura inadecuada. Si las tierras cultivables no se manejan en forma adecuada y se les agota de su materia orgánica, estarán también expuestas al peligro de la erosión. Esto puede ser serio, especialmente en terrenos ondulados y en declive:

Si no se controlan las influencias naturales negativas de un suelo y no se realizan prácticas agrícolas adecuadas los suelos se degradan. Como resultado de la desaparición de la estructura y fertilidad del suelo, la capacidad para mantener el crecimiento y producción de los cultivos baja progresivamente. Al final, tales suelos llegan a ser inadecuados para la agricultura (SEP, 1982).

Existen problemas que son de muy diversa índole y si no son atacados adecuadamente pueden provocar graves daños a la agricultura. Existen casos como Africa en que el descuido de los suelos induce a una disminución de cosechas - provocando una gran cantidad de muerte por hambre.

En México, uno de estos problemas importantes se encuentra en las zonas tepetatosas, que son características de ciertas regiones áridas, semiáridas, abundan principalmente en la meseta central, determinando muchas veces extensas áreas de terrenos marginales que limitan drásticamente las posibilidades de un mejor desarrollo agrícola (Valdéz, 1970).

La palabra tepetate es de origen náhuatl que significa "lecho duro o petate de piedra", se puede decir que es una roca clástica o exogenética y cuya dureza y consolidación se debe a la cementación ocasionada por una mezcla constituida por sílice proveniente de ceniza volcánica y de material arcilloso con óxidos e hidróxidos de hierro, principalmente he

matita, sus minerales primarios más importantes son el cuarzo y los feldespatos, teniendo además constituyentes como la cristobalita, piroxenos, anfeboles y ferro magnesianos, como minerales secundarios se pueden encontrar montmorillonitas, caolinitas, ilitas y carbonatos (Valdéz, 1970).

La capa o estrato duro e impermeable formado por el tepetate impide la entrada de las raíces de árboles y cultivos. En zonas donde aflora el tepetate, escasamente prosperan algunas especies silvestres de gramíneas, y sólo el pirul -- (Schinus molle L.) constituye una de las grandes especies arbóreas que ha logrado desarrollarse sin aparente limitación y en forma natural (Valdéz, 1970).

Según Valdéz (1970), citado por Maximino (1981), nos dice que los climas áridos y semiáridos propician la formación de tepetates; dado que México posee una gran superficie con estas características climáticas se puede inferir la presencia de "Tepetate" en una gran extensión del mismo. Concretando el problema a la cuenca de México, este tipo de formación se encuentra ubicado especialmente en las laderas de las montañas que la rodean.

Datos preliminares de los estudios realizados en la cuenca del río Tezcoco, ponen de manifiesto que el mayor aporte de sedimentos (16 Ton/Ha/año), tienen su origen en las partes "tepetatosas" de la cuenca, las cuales ocupan un 7% de la

misma (261 ha) (Figueroa, 1975). Los sedimentos provenientes de estos materiales, ocasionan una gran variedad de problemas, que van desde la contaminación de las aguas de escurrimiento cuyos efectos repercuten en ecosistemas ubicados en las partes más bajas. Entre los daños físicos ocasionados por los sedimentos se encuentran:

- El azolve de las represas y su consiguiente pérdida de capacidad de almacenamiento.
- El azolve de los canales de navegación, la alteración de la morfología y estabilidad de la red de drenaje de los ríos.
- Ensalitramiento de los suelos por la presencia de sodio.
- Y la destrucción de la ecología de los ríos.

En México, estos afloramientos determinan muchas veces extensas áreas de terrenos marginales que limitan drásticamente las posibilidades de un mayor desarrollo agrícola, ganadero o forestal. Ya que algunas parcelas de los agricultores se encuentran enclavadas en este tipo de material ("Tepetates") de baja productividad, propiciando conflictos de tipo socio-económico muy graves que los conducen al abandono de las actividades agropecuarias como principal fuente de ingresos y provocan la emigración a otras localidades.

Por esta razón, es necesario conocer con más detalle el manejo racional de este tipo de material, mediante el estudio y empleo de prácticas adecuadas de recuperación y conser

vacación de los mismos, para llegar a ser productivos.

#### 1.7. Técnicas de recuperación de zonas tepetatosas

Maximino (1981), considera el tepetate como material biológicamente casi inerte, debido a su constitución y dureza, el manejo más adecuado sería en base a la incorporación constante de materia orgánica y abonos verdes, y determinar así cual es la mejor combinación de ellos y poder acelerar la velocidad de formación de suelo.

Valdéz (1970), menciona que la recuperación de suelos tepetatosos es posible mediante el empleo de prácticas culturales tales como: a) Para las zonas muy erosionadas y con pendiente, ha dado muy buenos resultados, la reforestación con especies arbóreas como el Eucaliptus sp.

Avila (1963), trabajó en terrenos de la Escuela Nacional de Agricultura en el sitio denominado "La Siberia", en una superficie de aproximadamente 44 Ha, en donde el 75% de las profundidades son menores de 25 cm y en algunas aflora el tepetate. En esta zona se realizó una plantación en un período de 3 años, de las especies: Eucaliptus resinifera, Eucaliptus camaldulensis var. brevirostris (rostrata), Pinus michoacana, Pinus montezumae y Schinus molle. Los resultados obtenidos fueron: Los Eucaliptos presentaron un porcentaje de supervivencia y un mayor desarrollo con respecto a

las otras especies. El "pirul" (Schinus molle), tiene un alto porcentaje de supervivencia pero desarrollo muy lento. Los pinos tienen el menor porcentaje de supervivencia y sus desarrollos son satisfactorios.

b) Fertilización nitrogenada y fosfatada intensas. En el caso de fósforo altamente solubles (fosfatos monocalcicos) para disminuir la fijación por los carbonatos activos.

c) Incrementar el aporte e incorporación de materia orgánica que favorezca las condiciones de una mayor actividad microbiológica.

García (1961), realizó un trabajo de invernadero usando muestras de "tepetate" las cuales fueron molidas y colocadas en macetas en las que se sembró lechuga romana y se emplearon fertilizantes químicos y orgánicos, equivalentes a 200 Kg/Ha de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  además, 50 Kg/ha de elementos menores y 2000 kg/ha de materia orgánica.

García, concluyó que la pobreza de los tepetates es relativa, ya que las cantidades de elementos nutritivos a excepción del Nitrógeno, se encuentran en cantidades que van de medianas a ricas, considerando como factor limitante en la fertilidad al bajo contenido de materia orgánica, la conclusión mas importante es que la adición de ella, influye en la restauración y mejoramiento de los tepetates, ya que acelerera en grado máximo el proceso de intemperismo.



Entre otros trabajos se encuentra la experimentación que ha realizado el Colegio de Postgraduados de Chapingo y la Comisión del Lago de Tezcoco de la S.A.R.H. El primero observó el desarrollo de diferentes variedades de nopal. establecido sobre bordos a curvas de nivel en una ladera tepetosa, el único tratamiento consistió en roturar el área de raíces de la planta y adicionar 8 kg de estiércol de ovino por cada planta.

A los 3 años de establecida la plantación, la vegetación espontánea formó una cobertura sobre el terreno, lo que originó la reducción del proceso erosivo. Esta práctica a la vez de conservar y recuperar áreas degradadas tiene ventajas de índole económico, puesto que en las variedades para verdura fué posible realizar cortes después de un año de establecida la plantación.

d) La meteorización de los tepetates se favorecerá mediante el aumento de la humedad del suelo, es decir, en condiciones de riego, siempre y cuando éste sea posible.

e) Labranzas profundas que ayuden a la mayor fragmentación del tepetate.

Algunas de las técnicas antes mencionadas, debido al requerimiento de maquinaria especializada son de un costo elevado, por lo que se deben buscar opciones que contribuyan a

su manejo. Una de estas opciones podría ser el de la utili-  
zación de las lombrices de tierra en estas zonas.

Según los efectos antes mencionados de las lombrices de tierra sobre el suelo, podrían considerarse como una herramienta que ayudaría a resolver diversos tipos de problemas en suelos agrícolas para su mejor formación y propiedades de los mismos.

## II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

### Objetivos

- 1) Observar el efecto de inoculación de lombrices de tierra Lumbricus spp. sobre el comportamiento de cebada (Hordeum vulgare var. centinela), crecida en material obtenido de tepetate bajo condiciones de invernadero.
- 2) Observar el efecto de la lombriz de tierra Lumbricus spp. en cebada (Hordeum vulgare), crecida en material obtenido de tepetate sin y con aplicación de mantillo bajo condiciones de invernadero

### Hipótesis

- 1) Las lombrices de tierra Lumbricus spp. favorecerán el crecimiento y desarrollo de cebada (Hordeum vulgare) en material obtenido de tepetate bajo condiciones de invernadero.
- 2) El crecimiento de plantas de cebada (Hordeum vulgare) es favorecida por el mejoramiento de las características del suelo, debido a la acción de las lombrices de tierra Lumbricus spp. sobre el mantillo del material obtenido de tepetate en invernadero.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Colecta de tepetate

La colecta de tepetate se hizo en la estación experimental Mario Avila (La Siberia), ubicada en Huexotla, Edo. de México que es una zona de suelos delgados y moderadamente profundos, con una profundidad aproximadamente menor de 25 cm, de textura gruesa, sobre tepetate.

Los campos experimentales antes mencionado se encuentran entre los  $19^{\circ}22'00''$  y los  $19^{\circ}48'27''$  de Latitud Norte y entre los  $98^{\circ}57'30''$  de Longitud Oeste.

El tepetate colectado era de color amarillento y se hizo esta colecta en sitios al azar durante los meses de Marzo y Abril de 1987, se colectaron 200 kg de tepetate aproximadamente para el experimento.



### 3.2. Preparación de suelos

Los suelos tepetatosos tomados del campo experimental Mario Avila (La Siberia) se transportaron al invernadero del departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, en costales de 40 kg aproximadamente. Los costales se vaciaron en el piso y se molieron con la ayuda de un rodillo de 300 kg, este tepetate molido fué pasado con la pala a dos tamices que se encontraban uno arriba del otro, el de arriba era de 7 mm y el de abajo de 5 mm de diámetro. Estas medidas de diámetro de las partículas del tepetate eran las que nos interesaban ya que son las que se recomiendan como mínimo agronómicamente.

El tepetate que quedaba entre los tamices de 5-7 mm era el que se seleccionaba para la preparación de las macetas.

### 3.3. Colecta de lombrices

Las lombrices fueron colectadas en los campos experimentales del "Ranchito" pertenecientes a la UACH, este lugar - presenta un suelo oscuro, profundo y de textura media. Estos campos están ubicados entre los 19°22'00" y los 19°35'27" de Latitud Norte y los 98°39'50" y los 98°56'44" de Latitud Oeste.

Se cree que el posible origen o formación de estos suelos viene de los sedimentos lacustres aluviales, o sea que, en las partes altas de la zona, se fueron presentando con el transcurso del tiempo arrastre de suelo por medio de las corrientes de agua y que fueron depositándose en el fondo de lo que antes era un lago, formándose así uno de los tantos suelos existentes en la zona del área de Chapingo y que entre ellos está el del "Ranchito".

Esta colecta se llevó a cabo en los suelos del "Ranchito" porque se piensa que estos suelos y estas condiciones actuales, alguna vez se presentaron también en las partes altas de la zona, por lo que se trata de adaptar a las lombrices de tierra a su posible lugar de origen. Pero con la diferencia de que en vez de suelo como hábitat natural y con las propiedades como las de los suelos del "Ranchito", se adapten a zonas tepetatosas que como suelo tiene más limitantes para que exista un desarrollo y progreso de cualquier planta o cultivo.

La precipitación en estos suelos es de 600 mm, con régimen de lluvias en verano y temperatura media anual de 15°C. El terreno donde se hizo la colecta de lombrices es de riego y se encontraba sembrado de alfalfa. Estos terrenos son trabajados principalmente con tractor. La colecta de lombrices se hizo durante el mes de Abril de 1987.

La captura de lombrices se hizo por el método de excavado con pala y colecta a mano, para después transportarlas al invernadero y someterlas a un proceso de aclimatación en las macetas que se utilizaran durante el experimento.

Las lombrices en estos terrenos se encontraban a unos 20 cm aproximadamente de profundidad y con una humedad del 60 al 70%.

#### 3.4. Inoculación de lombrices

En el invernadero se colocaron 3 kg de material tepetatoso preparado en cada una de las macetas distribuyéndolo de manera que quedara lo más homogéneo posible.

Del total de las 48 macetas se hicieron dos grupos, al primer grupo de 24 macetas en la superficie del material tepetatoso se colocó una cantidad de mantillo (70 g) similar en cantidad a la que se encontraba en la zona de su recolección, al segundo grupo de 24 macetas no se les aplicó mantillo.

Para determinar la cantidad adecuada de mantillo, se tomaron 4 muestras del mismo (hojarasca de Eucalipto en su mayoría) existentes en el campo experimental Mario Avila (La Siberia). Para el muestreo se utilizó una maceta de las cuales se iban a usar en el trabajo de invernadero que tenía un

diámetro aproximado de 25 cm<sup>2</sup> de área superior.

Las muestras de mantillo se hicieron al azar, colocando la parte superior de la maceta boca abajo en el suelo y lo que se lograba abarcar con el área de la maceta era lo que se colectaba, asimismo se hizo para las demás muestras. Después se procedió a pesar el contenido de las 4 muestras y se dividió entre el número de éstas. El resultado fue de 70 g aproximadamente de mantillo que se colocó como cubierta vegetal arriba del material tepetatoso.

Se determinó la capacidad de campo para los dos grupos de macetas. Las condiciones de agua se mantuvieron de 50-90% de humedad aprovechable.

Posteriormente a los dos grupos de macetas, se les inculcó con las lombrices, a una concentración de 0, 2, 4, 6, 8, 16 gramos dependiendo del tratamiento que les correspondiera.

Los tratamientos se repartieron al azar y con diferente número de repeticiones en éstos, en diseño completamente al azar.

El peso promedio por lombriz adulta fué aproximadamente de 0.4 g. La concentración en gramos para cada tratamiento y que se pensó fuera la adecuada se estableció con base en lo



recomendado por Springett, (1983).

En el invernadero los dos grupos de macetas fueron distribuidos y colocados en dos bancales de dos metros y medio de largo por un metro de ancho y treinta centímetros de profundidad, a los cuales posteriormente se les agregó tezontle a su alrededor para mantener así una temperatura adecuada para las lombrices.

El tezontle junto con el agua ayudan a disminuir la temperatura existente en el invernadero donde algunas veces se llegan a alcanzar temperaturas muy elevadas de hasta 40°C ó más, las cuales son nocivas para el buen desarrollo de las lombrices.

Se observó durante 15 días el comportamiento de las lombrices en el invernadero para saber si se adaptaron o no al medio en que se encontraban y a las condiciones de temperatura y humedad existentes. Al comprobar su aclimatación se procedió a la siembra de cebada (Hordeum vulgare var. "Centinela"), en el mes de junio de 1987. La semilla de la cebada para el experimento fue proporcionada por el INIA.

Se sembraron 10 semillas de cebada en cada maceta para dejar finalmente después de su emergencia 7 u 8 plantas. Durante el desarrollo del experimento, las plantas se regaron a capacidad de campo, se tomó también la temperatura existen

te dentro de los bancales así como la temperatura en el invernadero.

Durante el mes de agosto de 1987, se aplicó (3 veces) Urea al 43% en solución foliar a las plantas, las cuales se encontraban en el período vegetativo. Esta aplicación se hizo ya que algunas plantas presentaban deficiencia de nitrógeno, observándose como síntomas el amarillamiento de las mismas.

Se registró también la época de floración y fructificación. A la cosecha se le determinó el peso seco de la parte aérea y raíz, así como altura de planta y actividad biológica y algunos elementos inorgánicos del suelo, como son el Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio.

#### Diseño Experimental

Se utilizó el diseño completamente aleatorio con diferente número de repeticiones por tratamiento. El modelo lineal de este diseño experimental es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + t_j + e_{ij} \quad \text{Donde:}$$

$\mu$  = Efecto general del experimento

$t_j$  = Efecto de tratamiento

$e_{ij}$  = Error causado las veces que se repite el tratamiento

$i$  = Número de repeticiones

$j$  = Número de tratamiento.

## DISTRIBUCION DE LAS MACETAS Y TRATAMIENTOS EN LOS VANCALES DEL INVERNADERO

B 31*	A 32*	
F 28*	D 29*	C 30
A 25	B 26	E 27
D 22	E 23*	F 24*
A 19*	B 20*	C 21
D 16	F 17*	A 18
C 13*	E 14	B 15*
B 10*	E 11	D 12*
C 7	F 8	A 9*
F 4*	E 5*	D 6
B 1*	A 2	C 3

Simbología de letras y números

\* Macetas tratadas con mantillo

Tratamiento    gramos de lombrices

A	=	0
B	=	2
C	=	4
D	=	6
E	=	8
F	=	16

E 48*		
F 45*	D 46	C 47*
B 42	D 43*	C 44
E 39*	F 40*	A 41
E 36	A 37	B 38*
C 33	D 34	F 35

La infraestructura utilizada fue la siguiente:

Una camioneta para el transporte del Tepetate y lombriz de tierra.

Un rodillo de 300 kg para moler el tepetate.

Dos tamices uno de 7 mm y otro de 5 mm de diámetro.

Una pala recta.

48 macetas con capacidad de 3 kg aproximadamente.

Báscula de 10 kg de capacidad.

Dos bancales en el invernadero.

Tezontle.

Un termómetro.

Mantillo (integrado principalmente por componentes derivados de Eucalipto).

Semilla de cebada variedad Centinela.

Dentro de la Dirección Técnica. La semilla de la cebada variedad Centinela nos fue proporcionada por el INIA. Contamos también con el apoyo del laboratorio del Departamento de Suelos, el Centro de Computación y Estadística del Colegio de Postgraduados. Se tuvo también el asesoramiento del M. en C. Rafael García Pérez.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Peso seco raíz

Los tratamientos sin mantillo estadísticamente fueron significativos. Se muestra tendencia a un incremento en el peso seco de raíz a las concentraciones B(2 g), C(4 g), D(6 g), F(16 g) de lombrices, a excepción de la concentración E(8 g).

Dentro de los tratamientos sin mantillo la concentración óptima fue la F(16 g) de lombrices.

Los tratamientos con mantillo que fueron significativos también estadísticamente presentaron un incremento a concentraciones C(4 g), D(6 g), E(8 g); esta última puede considerarse como la concentración óptima, como se muestra en la gráfica y tabla I. A excepción de las concentraciones B(2 g) y F(16 g) de lombrices.

Los tratamientos sin mantillo tuvieron un incremento en el peso seco de raíz a una concentración B(2 g), C(4 g), D(6 g) y F(16 g) de lombrices en relación a los tratamientos con mantillo. A excepción de la concentración E(8 g) que es tuvo por debajo del resultado obtenido a esta misma concentra ción con mantillo.

En los tratamientos tanto con y sin mantillo las concentraciones óptimas de lombrices fueron E(8 g) con mantillo y F(16 g) sin mantillo como se muestran en la gráfica y tabla I.

#### 4.2. Actividad biológica

En los tratamientos sin mantillo se observó un decremento en la actividad biológica en las concentraciones C(4 g), D(6 g), E(8 g) de lombrices a excepción de las concentraciones B(2 g) y F(16 g) como lo muestran la gráfica y tabla IV.

Los tratamientos con mantillo fueron muy variables ya que las concentraciones B(2 g), D(6 g), F(16 g) estuvieron por arriba del testigo y las concentraciones C(4 g), E(8 g) por debajo.

Los tratamientos sin mantillo en general, fueron los que presentaron mejores resultados en comparación con los de mantillo, a excepción de la concentración D(6 g) de lombrices sin mantillo.

#### 4.3. Altura de la planta (cm)

En los tratamientos sin mantillo, los resultados obtenidos estadísticamente son significativos ya que se muestra cierta tendencia a un incremento en la altura de la planta a

las concentraciones B(2 g), C(4 g), D(6 g) de lombrices presentándose esta última como la óptima, además, se presenta una disminución a concentraciones mayores (gráfica y tabla III).

En lo que respecta a los tratamientos con mantillo, se observa una mayor diferencia en relación al testigo (A) y a excepción del tratamiento B(2 g) se puede observar un incremento apreciable y con un máximo a la concentración de E(8 g) (gráfica y tabla III). A excepción de los tratamientos E, y F la presencia de mantillo provocó una disminución en la altura de planta en todas las demás concentraciones, incluso el testigo.

#### 4.4. Peso seco de la parte aérea (gramos)

Los tratamientos sin mantillo, estadísticamente no son significativos ya que no se muestra una diferencia muy marcada entre ellos a excepción del tratamiento D(6 g) que fue el que presentó la concentración óptima de lombrices. Por lo que toca a los tratamientos con mantillo se presentó una disminución en el peso seco planta de la parte aérea a concentraciones B(2 g), C(4 g), D(6 g) de lombrices a excepción - del tratamiento E(8 g), y F(16 g) presentándose en éstos como resultado óptimo el tratamiento E.

De los tratamientos que son con mantillo y sin mantillo el mejor resultado se presentó a la concentración D(6 g) de lombrices sin mantillo como óptima y se pueden observar estos resultados en la gráfica y tabla II.

#### 4.5. Materia Orgánica

La materia orgánica se presentó en mayores concentraciones en porcentajes (%) en todos los tratamientos tratados con mantillo, esto es lógico ya que se contaba con mantillo que no es más que hojarasca de Eucalipto y que representa a la materia orgánica que sirve como la fuente de alimento de las lombrices.

Las concentraciones obtenidas en % se observan en la gráfica V y tabla VI.

#### 4.6. Resultados de análisis de laboratorio

Na. El sodio se presentó en mayores concentraciones en partes por millón (ppm) en todos los tratamientos tratados sin mantillo, en comparación con los tratamientos tratados con mantillo. La mayor concentración en ppm de este elemento lo presentó el tratamiento B sin mantillo que tiene una concentración de 2 gramos de lombrices, esto se observa en la gráfica VI y tabla VI.



K. El potasio se observó en mayores cantidades en ppm en los tratamientos A, B, C, D sin mantillo con las respectivas concentraciones en gramos de lombrices que son 0, 2, 4, 6 g y no así en los tratamientos E(8 g), F(16 g) sin mantillo, donde el tratamiento E(8 g), F(16 g) con mantillo reveló mejores resultados que los tratados sin mantillo.

El tratamiento que presentó mayores cantidades en ppm de este elemento fue el tratamiento B(2 g) sin mantillo como lo muestran la gráfica y tabla VI.

Mg. El magnesio se observó en mayores cantidades en ppm en los tratamientos A(0 g), B(2 g), C(4 g), E(8 g) de lombrices tratadas con mantillo. Por otra parte, los tratamientos D(6 g), F(16 g) sin mantillo presentaron mejores concentraciones en ppm que los mismos tratamientos pero tratados con mantillo.

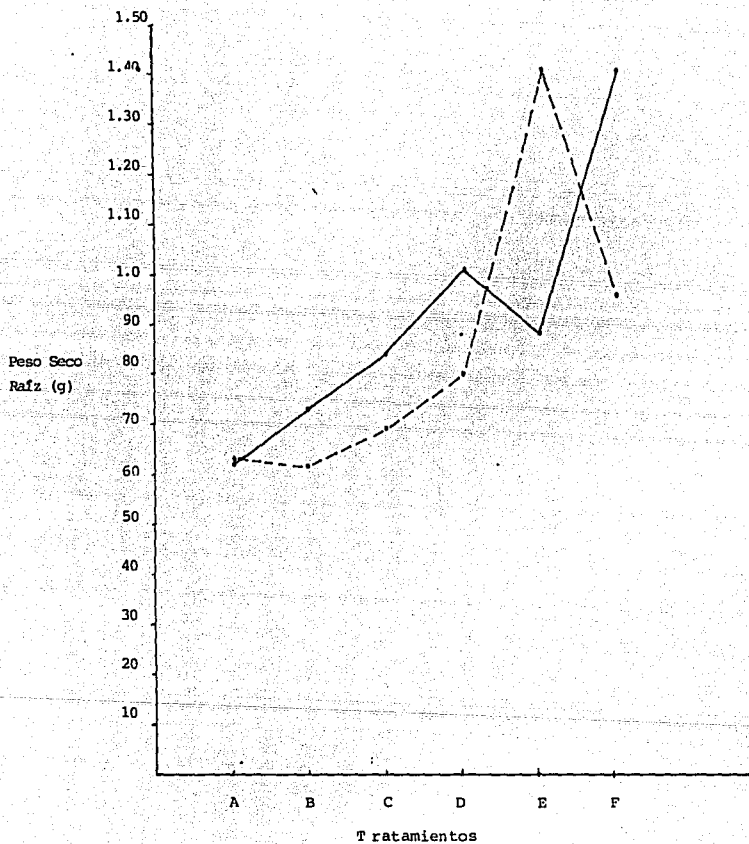
El tratamiento que presentó mejores resultados de la concentración en ppm de Magnesio fue el tratamiento D(6 g) sin mantillo.

Ca. El calcio se presentó en mayores concentraciones en los tratamientos B(2 g), D(6 g), E(8 g), F(16 g) de lombrices sin mantillo, en comparación con los mismos tratamientos pero tratados con mantillo. Los tratamientos A(0 g), C(4 g) con mantillo tuvieron mayor concentración de calcio en ppm en comparación con los mismos tratamien

tos, pero tratados sin mantillo.

Las mayores concentraciones de este elemento en partes por millón las presentaron los tratamientos B(2 g), D (6 g) sin mantillo.

#### **4.7. GRAFICAS Y TABLAS**



Gráfica I. Peso Seco de Raíz en gramos.

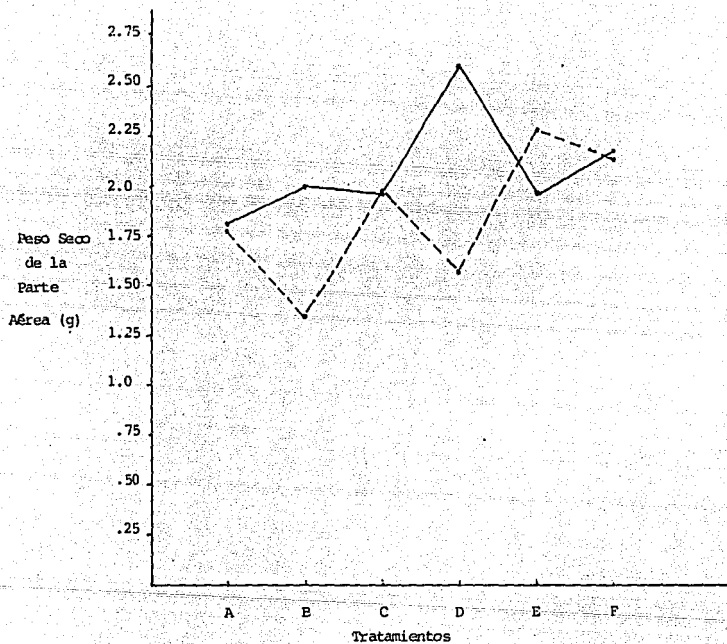
----- Tratamiento con mantillo

————— Tratamiento sin mantillo

TABLA I

PESO SECO RAIZ (g) EN PLANTAS DE CEBADA CRECIDAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LOMBRICES EN INVERNADERO CON Y SIN MANTILLO.

Con mantillo			Sin mantillo		
Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$	Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$
A	0.39	0.63	B	0.38	0.62
	0.96			0.82	
	0.56			0.62	
	0.78				
	0.53				
B	0.34	0.61	B	0.67	0.72
	0.31			0.77	
	0.59				
	0.94				
	0.55				
C	0.51	0.68	C	0.54	0.83
	0.85			0.56	
				1.14	
				0.85	
				0.87	
	1.06				
D	0.97	0.79	D	0.96	1.0
	0.41			0.95	
	1.01			1.19	
				0.99	
	0.97				
E	0.64	1.40	E	0.97	0.87
	2.16			0.86	
	1.85			0.76	
	0.96			0.91	
F	0.45	0.94	F	1.53	1.4
	1.21			1.28	
	0.78				
	0.82				
	1.41				
	1.02				



Gráfica II. Peso Seco de la parte Aérea (g)

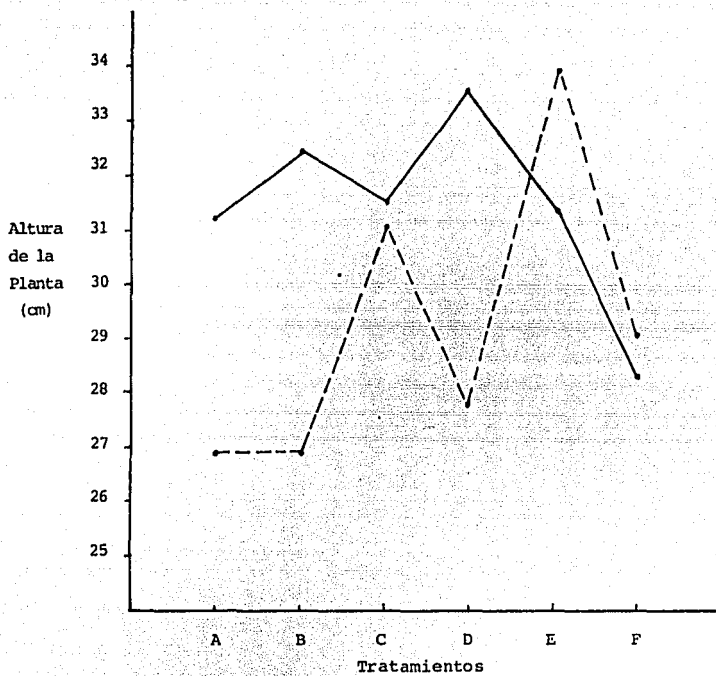
----- Tratamiento con mantillo

————— Tratamiento sin mantillo

TABLA II

PESO SECO DE LA PARTE AEREA (g) EN PLANTAS DE CEBADA CRECIDAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LOMBRICES CON Y SIN MANTILLO.

Con mantillo			Sin mantillo		
Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$	Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$
A	1.52	1.76	A	1.30	1.80
	1.60			1.91	
	2.18			2.28	
	1.88				
	1.64				
B	1.17	1.36	B	1.87	1.99
	0.91			2.12	
	1.31				
	1.70				
	1.86				
1.23					
C	1.90	1.91	C.	1.56	1.90
	1.92			1.62	
				2.00	
				2.14	
				2.26	
	1.83				
D	1.61	1.57	D	2.40	2.59
	1.30			2.69	
	1.81			3.89	
				1.94	
				2.03	
E	1.05	2.26	E	2.01	1.93
	3.26			1.99	
	2.90			1.95	
	1.86			1.77	
F	1.21	2.11	F	2.42	2.17
	2.06			1.92	
	2.44				
	2.21				
	2.84				
1.91					



Gráfica III. Altura de la planta en centímetros.

----- Tratamiento con mantillo

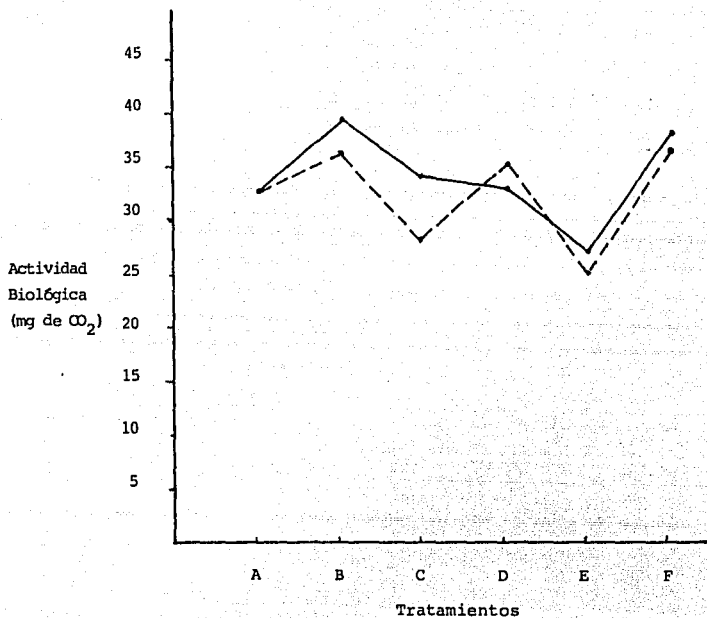
\_\_\_\_\_ Tratamiento sin mantillo



TABLA III

ALTURA DE PLANTA (cm) A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LOMBRICES CON Y SIN MANTILLO

Con mantillo			Sin mantillo		
Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$	Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$
A	29.91	26.82	A	31.2	31.24
	22.87			31.31	
	27.68			32.24	
				31.87	
				29.62	
B	24.18	26.86	B	31.28	32.42
	27.63			33.56	
	25.91				
	24.44				
	32.93				
26.07					
C	31.92	31.06	C	33.93	31.67
	30.21			30.3	
				35.18	
				30.3	
				32.5	
		27.81			
D	30.45	27.77	D	34.81	33.58
	21.81			35.25	
	31.07			35.25	
				34.43	
		28.18			
E	30.24	33.97	E	32.24	31.46
	40.85			31.58	
	35.68			31.18	
	29.12			30.85	
F	27.58	29.04	F	27.9	28.23
	29.74			28.57	
	29.0				
	32.37				
	28.77				
	26.78				



Grafica IV. Actividad Biológica en miligramos de Dióxido de Carbono.

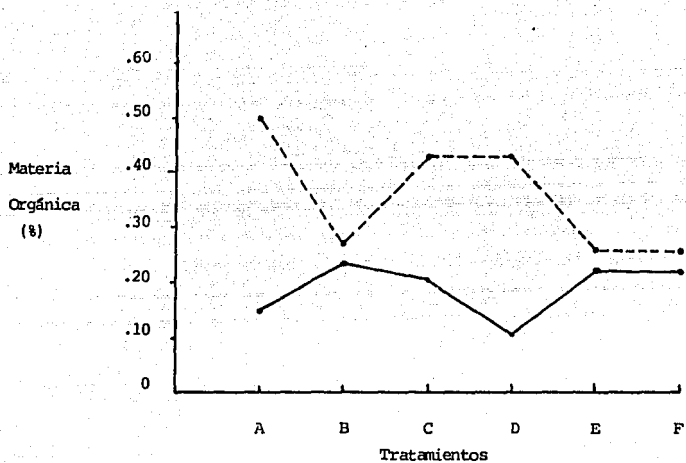
----- Tratamiento con mantillo.

\_\_\_\_\_ Tratamiento sin mantillo.

TABLA IV

ACTIVIDAD BIOLÓGICA (mg de CO<sub>2</sub>) REGISTRADA A LA COSECHA EN MACETAS DE MATERIAL TEPETATOSO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LOMBRICES CON Y SIN MANTILLO

Con mantillo			Sin mantillo		
Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$	Tratamiento	Respuesta	$\bar{x}$
A	35.2	33.0	A	30.8	33.0
	33.0			39.6	
	30.8			39.6	
	22.0				
B	37.4	35.64	B	39.6	39.6
	35.2				
	39.6				
	26.4				
	39.6				
C	35.2	28.6	C	30.8	34.46
	22.0			33.0	
		39.6			
D	35.2	35.2	D	37.4	33.0
	35.2			28.6	
E	22.0	25.3	E	30.8	27.5
	22.0			26.4	
	26.4			26.4	
	30.8			26.4	
F	33.0	36.85	F	37.4	37.4
	39.6				
	35.2				
	39.6				



Gráfica V. Materia Orgánica en Porcentaje.

----- Tratamiento con mantillo.

\_\_\_\_\_ Tratamiento sin mantillo.

TABLA V  
 RESULTADOS OBTENIDOS A LA COSECHA DE CEBADA VARIEDAD CENTINELA EN RELACION  
 AL NUMERO DE LOMBRICES ENCONTRADAS EN CADA MACETA EN RELACION A LAS COLO-  
 CADAS

Tratamiento	No. de Maceta	Cantidad de lombrices registrada en		% de sobrevivencia a la cosecha	
		La siembra	La cosecha		
A	C/M	9	0	0	
		19	0	0	
		32	0	0	
	S/M	2	0	0	
		18	0	0	
		25	0	0	
		37	0	0	
		41	0	0	
B	C/M	1	6	6	
		10	7	4	
		15	7	6	84%
		20	3	3	
		31	4	3	
	S/M	38	4	4	
		26	3	0	22%
		42	6	2	
C	C/M	13	8	5	67%
		47	10	7	
		3	9	5	
	S/M	7	10	6	
		21	6	0	44%
		30	10	6	
		33	7	2	
		44	10	4	

Cantidad de lombrices  
registrada en:

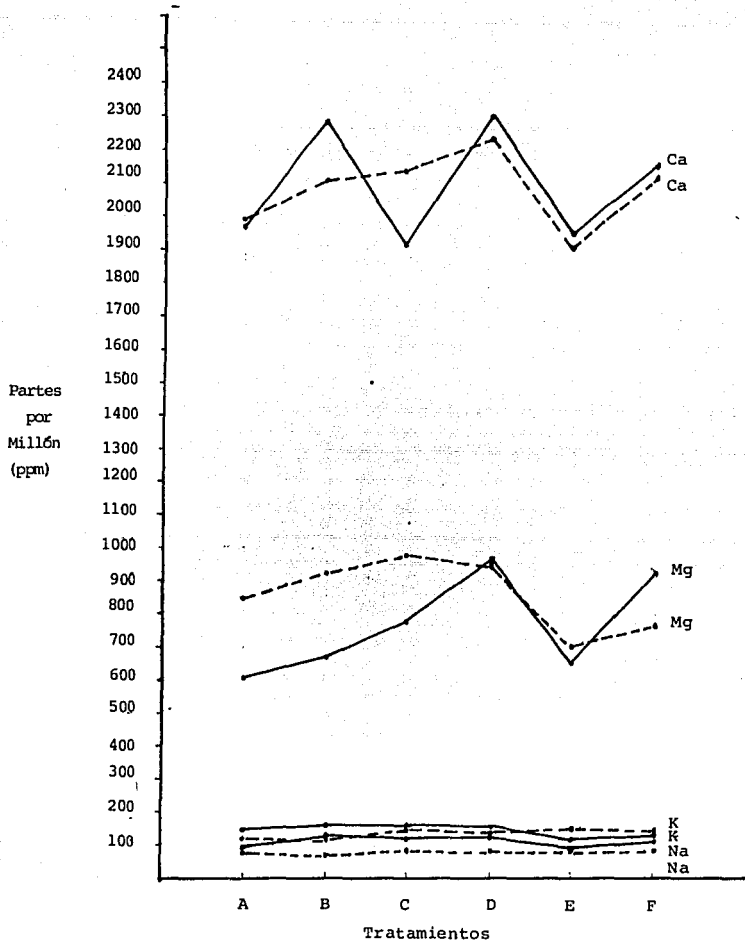
Tratamiento	No. de Maceta	La siembra	La cosecha	% de sobrevivencia a la cosecha				
D	C/M	12	13	12	85%			
		29	11	7				
		43	17	16				
	S/M	6	17	8	30%			
		16	15	3				
		22	12	1				
		34	10	2				
		46	15	7				
		E	C/M	5		23	18	62%
				23		17	2	
39	19			13				
48	19			16				
S/M	11		22	18	47%			
	14		21	12				
	27		20	4				
	36		19	5				
F	C/M	4	39	29	66%			
		17	37	7				
		24	38	28				
		28	36	29				
		40	44	25				
	S/M	45	42	37	49%			
		8	44	30				
		35	36	9				

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA V'

PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE LOMBRICES A LA COSECHA CON  
RELACION A LAS INOCULADAS AL INICIO DEL EXPERIMENTO EN  
MACETAS CON Y SIN MANTILLO

Tratamiento	EN RESUMEN	
	Con mantillo	% de sobrevivencia Sin mantillo
B	84	22
C	67	44
D	85	30
E	62	47
F	66	49



Gráfica VI. Partes por millón de Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio encontrados después de la cosecha en el tepalcate.

— Tratamientos con mantillo.

--- Tratamientos sin mantillo.



TABLA VI  
 RESULTADOS DE ANALISIS  
 DE LABORATORIO

C O N M A N T I L L O						
Tratamiento	pH	M.O.	Na	K	Ca	Mg
$\bar{x}$ Generales	1:2	%	ppm	ppm	ppm	ppm
A	7.66	0.50	82.0	108.6	1996.6	841.6
B	7.57	0.27	79.8	110.5	2103.8	921.6
C	7.62	0.43	89.5	140.5	2134.0	981.5
D	7.66	0.43	85.0	128.6	2224.0	955.3
E	7.81	0.26	86.0	150.2	1903.2	701.7
F	7.78	0.26	89.1	147.6	2110.1	785.3

S I N M A N T I L L O						
Tratamiento	pH	M.O.	Na	K	Ca	Mg
$\bar{x}$ Generales.	1:2	%	ppm	ppm	ppm	ppm
A	7.62	0.14	91.0	125.4	1979.4	601.2
B	7.47	0.23	115.5	155.5	2294.0	681.5
C	7.56	0.20	105.3	146.3	1910.0	788.3
D	7.66	0.10	111.8	147.6	2300.0	966.0
E	7.87	0.22	96.7	118.2	1943.2	661.5
F	7.72	0.22	102.5	130.5	2147.0	931.5

## V. DISCUSION

El efecto de la actividad de las lombrices sobre la fertilidad del suelo se puede reflejar en la respuesta que se presenta en el desarrollo de la raíz de las plantas crecidas en nuestro sistema.

El comportamiento del sistema radicular se ve reflejado directamente en el crecimiento del vástago y producción de semilla (Daubenmire, 1982), desgraciadamente este parámetro no fue confiable en nuestros resultados pues se presentó un ataque de pájaros que comieron una cantidad no controlada de semilla, dañando en ocasiones hasta la parte del tallo.

En los resultados obtenidos en nuestro trabajo se pueden apreciar las siguientes tendencias:

En la gráfica I, podemos observar que en todos los casos se presentó un incremento en el desarrollo de la raíz registrado como peso seco, este incremento es más notable en el tratamiento al que no se agregó mantillo, presentando sin embargo, los mejores resultados a la concentración de F(16 g/lombriz/maceta).

Los resultados obtenidos en las gráficas II y III apoyan la idea expuesta anteriormente sobre la relación entre el crecimiento de la raíz y del vástago, ya que también en este caso se presentó un incremento en el peso seco de la parte

aérea y altura de planta, de igual manera, esto se presentó en su mayoría en los tratamientos sin mantillo, en comparación con los tratamientos que sí se les agregó.

Estadísticamente estas diferencias tienen significancia y pueden ser explicadas en base a la variable introducida de diferentes concentraciones de lombrices en cada maceta, así que tales efectos se pueden atribuir a la actividad que estos organismos realizan en el suelo, en este caso, en el que el sustrato es de origen tepetatoso podemos concluir que la presencia o introducción de estos animales puede favorecer el desarrollo de raíces de plantas crecidas en esos sistemas.

La variabilidad en los resultados obtenidos en las diferentes concentraciones se pueden explicar como una relación existente entre el volumen de suelo explorado y el número de individuos presentes en ese suelo. En la gráfica I se observa claramente esta relación, ya que el efecto favorable sobre el desarrollo de la raíz registrado como peso seco, va aumentando linealmente al incrementarse la cantidad de animales presentes y la concentración óptima, tanto al tratamiento con mantillo o sin él, parece encontrarse en el rango de E(8 g/lombriz/maceta) y F(16 g/lombriz/maceta). Estas concentraciones parecen no concordar con los resultados óptimos obtenidos en el peso de la parte aérea y la altura de planta (gráficas II y III), sin embargo, tenemos que considerar que

estos datos no son completamente confiables debido al daño sufrido por el ataque de pájaros.

Los resultados encontrados por la presencia de mantillo no son los esperados, pues en el planteamiento de esta variable se esperaba que al haber mantillo fuera incorporado por las lombrices al suelo tepetatoso y se viera reflejado en un favorecimiento del crecimiento de la raíz. Sin embargo, esto no se presentó y en todos los casos hubo una disminución como resultado de la presencia de este componente en el suelo. La interpretación que se dió a este suelo fue sobre el tipo de mantillo que se aplicó, ya que éste estaba principalmente integrado por componentes derivados de Eucalipto (hojas, corteza, etc.), que es el árbol dominante en la zona donde se colectó el tepetate. Es bien conocido el efecto que este árbol tiene sobre la flora y fauna, provocando incluso fenómenos de alelopatía (Daubenmire, 1982). Esto se vió confirmado en nuestro trabajo ya que se realizó un análisis de la actividad biológica en todas las macetas a diferentes concentraciones de lombriz, con y sin mantillo, los resultados se muestran en la gráfica y tabla IV. Aquí se puede apreciar claramente que en todos los casos hubo una disminución de la actividad biológica, medida en actividad respiratoria (mg de  $\text{CO}_2$  producidos) como resultado de la aplicación de mantillo de Eucalipto.

Con estos datos se puede concluir que, este tipo de componente, inhibe la actividad de la fauna del suelo y en consecuencia, también, la actividad de las lombrices. Consideramos que esto no es tan limitante en el campo, ya que ahí el mantillo se descompone gradualmente, quedando la parte más degradada en contacto con la superficie del material inorgánico (Donahue, 1981). En esta parte degradada ya han sido degradados también los compuestos tóxicos de tal manera que éstos pueden ser ingeridos por las lombrices e incorporados al suelo.

En este trabajo no se muestreó el Eucalipto, ya que se tomó todo el que se encontraba en la zona así como un gran número de hojas enteras que probablemente tenían gran cantidad de compuestos tóxicos que inhibieron la actividad biológica, incluyendo la de las lombrices. Consideramos que es necesario realizar más estudios al respecto ya que se puede apreciar el potencial de las lombrices para recuperación de suelos, pues aún, teniendo en consideración el efecto tóxico que pudiera tener el Eucalipto y el tepetate, como el medio de desarrollo, en todos los casos obtuvimos incremento en el desarrollo de raíz, por la presencia de lombrices (gráfica I).

El efecto encontrado de las lombrices sobre el crecimiento de las raíces, se puede explicar como resultado de su actividad exploratoria que favorece las condiciones para el desarrollo de la raíz (Satchell, 1971). Al buscar alimento, la

lombriz ingiere el material que forma el suelo, y en el paso por su tracto digestivo lo enriquece mezclando el componente orgánico y el inorgánico, "amasándolos" en sus intestinos, de tal manera que, al ser arrojados al exterior en forma de excrementos, va a formar parte ya de un compuesto con características físicas y químicas óptimas para ser aprovechados por las raíces de las plantas.

Asimismo, también favorece la propagación de bacterias benéficas como podrían ser las nitrificantes. También puede tener efecto sobre la incorporación de materia orgánica proveniente de las fracciones de humus. Estas propiedades y otras más, como la aceleración de la mineralización, mayor aireación del suelo, mejor textura, favorecimiento en el drenaje del suelo, probable disminución de fauna fitopatógena, que fueron reportadas por la bibliografía (Edwards, 1980), indican el potencial que tienen estos animales en la fertilidad de los suelos y que pueden ser empleados como parte de las técnicas para la recuperación o incorporación de suelos a la agricultura.

En suelos derivados de tepetate parece que es posible recomendar el empleo de lombrices para mejorar su fertilidad según los resultados obtenidos. Este tipo de suelo, entre los muchos problemas que presenta es que se encuentra en pendiente, provocando la pérdida de mantillo que se deposita en ellos, ya sea por lavado con las lluvias o por "barrido"

por el viento. Algunas lombrices tienen el hábito de subir a la superficie en busca de alimento, que es parte del mantillo y enterrarlo en sus galerías (Bouche, 1980); con lo cual se disminuiría la pérdida de este material, a la vez, al ir avanzando entre las partículas de material inorgánico inducen su desintegración, claro que, en este tipo de suelo el proceso es lento, pero factible de realizarse por las lombrices. Asimismo, van creando condiciones para favorecer la presencia de una mayor diversidad de fauna en el suelo que va a resultar en un mejoramiento en su fertilidad (Satchell, 1971).

Los cambios inducidos por lombrices sobre algunos elementos nutritivos para ver su fertilidad no se pueden considerar confiables, pues se tuvo error de muestreo ya que las técnicas para toma de muestras se hacen con una parte obtenida de la maceta, sin embargo, la actividad de las lombrices es más intensa a través de los canales que va formando, requiriendo de tiempo para poder explorar todo el volumen de la maceta. Consideramos que el tiempo que estuvieron en la maceta no fue el suficiente para explorarla toda, y que se debió muestrear para análisis de fertilidad el sitio en el que estuvo localizada su actividad principal. Es necesario desarrollar estudios más detallados para poder lograrlo. Debido a lo anterior, se muestreó un volumen determinado de cada maceta y se procedió a análisis de Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio y Materia Orgánica, que fueron los únicos que se pudie

ron desarrollar para un suelo con las características del tepetate.

La sobrevivencia de las lombrices se presenta en la tabla V en la que se puede apreciar en todos los casos que hubo una disminución de la población inicial. No se pudo determinar en qué momento se presentó esta pérdida, pero sí se puede apreciar que es menor en los casos en que se tiene mantillo; probablemente por que su actividad tóxica no llega a ser letal a las lombrices y solo reduce su actividad y que además, el mantillo actúa como fuente de alimento.

Consideramos que los restos de las lombrices que pudieran haber muerto no son la causa del favorecimiento del crecimiento de las raíces de las plantas, pues de ser así, para el caso del tratamiento sin mantillo debió de haberse tenido el mejor peso seco de la raíz en la concentración B(2 g/lombriz/maceta), que es donde se tuvo la menor sobrevivencia de lombrices, sino que el resultado se tuvo en F(16 g/lombriz/maceta) donde la sobrevivencia es más del doble que B(2 g/lombriz/maceta).



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## VI. CONCLUSIONES

- 1.- La presencia de las lombrices favorece la fertilidad de material derivado de tepetate.
- 2.- La presencia de lombrices favorece el desarrollo de raíces de cebada crecida en material derivado de tepetate en condiciones de invernadero.
- 3.- Es recomendable el uso de lombrices de tierra como ayuda o complemento a las técnicas de recuperación o incorporación de suelos agrícolas.
- 4.- Es recomendable usar otro tipo de mantillo como fuente de alimento para que exista una mejor actividad y función de la lombriz en el suelo.

## VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Avila, H.M. 1963. Recuperación de suelos erosionados de Chapingo, México con plantaciones forestales. Tesis C.P. Chapingo, Méx.
- Burges, A. 1971. Biología del Suelo. Edic. Omega, S.A. Barcelona, España.
- Buckman y Brady. 1982. Naturaleza y Propiedades de los suelos. Editorial, Hispano Americana, S.A. de C.V.
- Barois, I. 1982. Interacciones entre las lombrices de tierra, la materia orgánica y la microflora del suelo de un pastizal tropical (Laguna Verde, Veracruz). Instituto de Ecología. México, D.F.
- Bouche, M. 1985. Los gusanos de tierra. Mundo Científico. 40(4): 954-963.
- Daubenmire, R.F. 1982. Ecología Vegetal. Editorail Limusa, Méx. 3a. Edición.
- Donahue, R.L. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Dossat, S.A. Madrid, España.
- Edwards, C.A. and Lofty, J.R. 1977. Biology of Earthworms. Second Edition. London. Chapman and Hall.
- Freeman, W.H. 1974. An Introduction to world crops. Plant Science. Second Edition. San Francisco, Calif. U.S.A.
- From Darwin to Vermiculture. 1983. Earthworm Ecology. Chapman and Hall. London.

- Gerard, C. 1984. A comparative study of the earthworm population of four different woodland types in Wytham woods Oxford. *Pedobiologia* 26: 421-439. Animal Ecology Research Group, Department of Zoology, Oxford University U.K.
- Janick, J. Schery, R.W. Woods, F.W. 1970. *Plant Agriculture*. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- Lavelle, P. y P. Rangel. 1983. Intestinal mucus production by two species of tropical earthworms: Millsonia lamtoiana (Megascolecidae) and Ponthoscolex Corethrus (Glossoscolecidae). Instituto de Ecología. México, D.F.
- Lee, K.E. 1985. *Earthworms. Their Ecology and Relationships with soils and land use*. Academic Press.
- Nimlos, T. 1986. El problema de nomenclatura de tepetate en América Latina. I Simposio Nacional sobre Uso y Manejo de Tepetates para el Desarrollo Rural, S.A.R.H., Colegio de Postgraduados. Tlaxcala, Tlax. México.
- Ortiz, S. y H.E. 1977. Levantamiento Fisiográfico del Area de Influencia de Chapingo. (Para la Cartografía de Tierras Erosionadas).
- Ortiz, V. Ortiz, S. 1984. *Edafología*, U.A.CH. México.
- Ortega, T.E. 1978. *Química de suelos*. Chapingo, Méx.
- Pacheco, L.M.C. 1979. *Cartografía y caracterización mineralógica de los tepetates del oriente del Valle de México*. Tesis. Chapingo, Méx.
- Satchell, J.E. 1971. *Lumbrícidis*. Merlewood Research Station Grange-over-Sands, Lancashire, Inglaterra.

- S.E.P. 1982. Suelos y fertilización. Editorial Trillas, Méx.
- Springelt, J.A. 1983. Effect of five species of earthworm of some soil properties. Journal of Applied Ecology 20: 865-872.
- Stockdill, S.M.J. Earthworms Improve Pasture Growth Fields Instructor. Department of Agriculture, Palmeston.
- \_\_\_\_\_ 1986. Simposio Nacional sobre uso y manejo de tepetates para el desarrollo rural, del 2 al 5 de Septiembre de 1986. S.A.R.H., C.P., y U.A.CH.
- Valdéz, M.L.A. 1970. Características morfológicas y mineralógicas de los suelos de tepetate de la cuenca de México. Tesis.
- Waitz, P. 1936. Los suelos de México y las posibilidades de futuros desarrollos agrícolas. Copia mecanográfica.