



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION AGRICOLA ACTUAL.  
"IMPORTANCIA DE LA UTILIZACION DE LAS LOMBRICES  
Eisenia fetida, EN LA CONSERVACION DEL SUELO COMO UNA  
ALTERNATIVA EN EL MANEJO DE UNA AGRICULTURA  
SOSTENIBLE".

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERA AGRICOLA  
P R E S E N T A :  
VIRGINIA HERNANDEZ FUENTES

ASESOR: M. en C. EDVINO J. VEGA ROJAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEX.

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlan, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual "Importancia de la Utilización de las lombrices (Eisenia fetida) en la conservación del suelo como una alternativa en el manejo de una agricultura sostenible".

que presenta la pasante: Virginia Hernández Fuentes  
con número de cuenta: 8611922-7 para obtener el Título de:  
Ingeniera Agrícola.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlan Izcalli, Edo. de México, a 23 de Febrero de 19 96

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Primero</u>	<u>G. Laura B. Reyes Sánchez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Cuarto</u>	<u>Biol. Elva Martínez Holguín</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Asesor</u>	<u>M.C. Edvino J. Vega Rojas</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/NOBUSEM

## DEDICATORIA

**A CRISTO :**

**POR SER EL MEJOR MAESTRO Y  
EL MEJOR AMIGO, PERO SOBRE  
TODO POR HABERME DADO LA VIDA.**

**A MI MAMÁ :**

**POR QUE GRACIAS A TI LOGRE  
LLEGAR A LA CIMA, ESTE TRIUNFO  
TE PERTENECE.**

**A LA MEMORIA DE :**

**PATY Y DELIA POR QUE CON ELLAS  
APRENDI QUE LA VIDA ES UNA  
CONSTANTE LUCHA.**

**A MIS HERMANAS :**

**BETY Y MARTHA POR SU CONSTANTE  
APOYO.**

**A MIS HERMANOS :**

**SAMUEL, JOEL, ISAAC, DANIEL E  
ISMAEL QUE SON EJEMPLO A SEGUIR.  
Y A GABRIEL POR SU INCANSABLE  
ÁNIMO Y ALEGRÍA.**

**A :**

**BETO, POR QUE ME BRINDASTE TU  
BRAZO FUERTE, TU COMPRESIÓN  
Y TU AMOR.**

**A MIS SOBRINOS :**

**ANABELL, J. ISAAC, ABRAHAM,  
MARIANA, MARTÍN, NAYELIT,  
JOSUE, ISAAC, SAMUEL, RAQUEL  
Y RUTH, POR QUE SON UN GRAN  
ESTÍMULO.**

**A PATRICIA RAQUEL :**

**POR SU GRAN APOYO . GRACIAS.**

**A :**

**MI TÍA ESTHER, ALICIA, ENRIQUE  
JIMENA Y FABIOLA, POR QUE SU  
GRAN FORTALEZA ES UN NOTABLE  
EJEMPLO.**

**A :**

**ALEJANDRA, POR QUE ERES PARTE  
DE LA FAMILIA.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, Y EN ESPECIAL A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLÁN POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE CONCLUIR MIS ESTUDIOS.**

**A LOS PROFESORES DEL SEMINARIO DE TITULACIÓN POR COMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS.**

**AL M. EN C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS, POR SU ASESORAMIENTO E INTERÉS EN EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.**

**A LOS PROFESORES, QUÍMICA LAURA BERTHA REYES SÁNCHEZ Y BIÓLOGA ELVA MARTÍNEZ HOLGUÍN, POR SUS ATINADOS COMENTARIOS Y SUGERENCIAS.**

**A LOS PASANTES DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA, LORENA VARGAS SAMANIEGO Y BERNABE YAÑEZ GONZÁLEZ POR SU VALIOSA COLABORACIÓN.**

**A TODOS LOS PROFESORES DE LA CARRERA DE INGENIERIA AGRÍCOLA.**

**A MIS COMPAÑEROS DE "QUINCEAVA GENERACIÓN" POR COMPARTIR PARTE DE SU VIDA CONMIGO, Y EN ESPECIAL A ONÉSIMO, VICENTE, ANA MARIA, NORMA, ASUNCIÓN Y LUCY. GRACIAS.**

## SEBRANDO.

UNA TARDE DE OTOÑO SUBÍ A LA SIERRA  
Y AL SEMBRADOR, SEMBRANDO, MIRÉ RISUEÑO  
QUISE SABER, CURIOSO, LO QUE EL DEMENTE  
SEBRABA EN LA MONTAÑA SOLA Y BRAVÍA,  
EL INFELIZ OYÓME BENIGNAMENTE  
Y ME DIJO CON HONDA MELANCOLÍA:

- SIEMBRO ROBLES Y PINOS Y SICOMOROS;

QUIERO LLENAR DE FRONDAS ESTA LADERA,  
QUIERO QUE OTROS DISFRUTEN DE LOS TESOROS  
QUE DARÁN ESTAS PLANTAS CUANDO YO MUERA.

- ¿ POR QUÉ TANTOS AFANES EN LA JORNADA  
SIN BUSCAR RECOMPENSA ?, DUE. Y EL LOCO MURMURO:

- ¡ HAY QUE LUCHAR POR TODOS LOS QUE NO LUCHAN !

- ¡ HAY QUE PEDIR POR TODOS LOS QUE NO IMPLORAN !

- ¡ HAY QUE HACER QUE NOS OIGAN LOS QUE NO ESCUCHAN !

- HAY QUE SER COMO EL AGUA QUE VA SERENA

BRINDANDO AL MUNDO ENTERO FRESCOS RAUDALES,  
LO MISMO EN LA MONTAÑA QUE EN LA LLANURA..

Y AL PERDERSE EN LAS SOMBRAS, AÚN REPETÍA:

- ¡ HAY QUE VIVIR SEMBRANDO ! ¡ SIEMPRE SEMBRANDO !

M. R. BLANCO BELMONTE.

## INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
OBJETIVOS.....	5
REVISION DE LITERATURA	
I. AGRICULTURA SOSTENIBLE.....	6
1.1. Panorama sobre la producción de basura.....	9
1.2. Los desechos orgánicos de México.....	10
1.3. Utilización de los materiales orgánicos en los suelos.....	10
II. IMPORTANCIA DEL SUELO EN LA AGRICULTURA.....	14
2.1 Organismos del suelo.....	15
2.2. La vida vegetal en el suelo.....	16
2.3. La vida animal en el suelo.....	17
III. LA MATERIA ORGANICA EN LOS SUELOS.....	20
3.1. Composición de la materia orgánica.....	21
3.2. Relación C/N.....	21
3.3. Razón de la constancia C/N.....	22
3.4. Función de la materia orgánica en el suelo.....	23
3.5. Diferentes estados de la materia orgánica.....	24
IV. CONSTITUYENTES DEL HUMUS.....	26
4.1. Importancia del humus en el suelo.....	26
V. TIPOS DE ABONOS INCORPORADOS AL SUELO.....	28
5.1 Abonos de origen vegetal.....	28
5.2. Abonos de origen animal.....	29
5.3. Abonos de origen mixto.....	30

<b>VI. POTENCIAL DE USO DE LAS LOMBRICES.....</b>	<b>33</b>
6.1. Transformación de residuos industriales y urbanos.....	34
6.2. Enriquecimiento de terrenos.....	36
6.3. Vermicomposteo.....	38
<b>VII. EXPLOTACION DE LAS LOMBRICES PARA USO AGRICOLA.....</b>	<b>45</b>
7.1. Manejo del cultivo de las lombrices.....	46
7.2. Explotaciones de tipo familiar.....	51
7.3. Explotación comercial.....	52
<b>VIII. LA PULPA DE CAFE COMO SUSTRATO PARA LAS LOMBRICES....</b>	<b>54</b>
8.1 Especies descomponedoras de la pulpa de café.....	56
8.2. <i>Eisenia fetida</i> .....	57
<b>IX. VERMICOMPOSTA.....</b>	<b>60</b>
9.1. Características de la vermicomposta.....	61
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>66</b>

## RESUMEN

La situación ambiental de México se ha deteriorado muy rápidamente durante los últimos 40 años, debido entre otras causas, al avance de la tecnología y al descontrolado crecimiento poblacional que reclama una mayor cantidad de alimentos.

Como en muchas partes de América Latina, la industrialización en México ha provocado entre otros problemas una migración acelerada de los campesinos hacia las grandes ciudades, las que les ofrecen mejores expectativas de vida, lo que ha ocasionado un abandono masivo de las tierras agrícolas y también debido al agotamiento de los suelos por la falta de prácticas de conservación.

Todos somos más o menos conscientes del grave problema de deterioro del suelo, del agua y del aire; sin embargo, pocos son conscientes de que este problema ha traído como consecuencia un alto grado de dependencia de alimentos que se debe en gran medida a la mala utilización del suelo. El abastecimiento de bienes provenientes del extranjero, ha provocado una grave situación económica y social, de lo que se desprende un uso más adecuado de las recursos naturales, sobre todo del suelo como sustento de la agricultura para lograr alimentar a una población cada vez más demandante y creciente bajo una filosofía de sostenibilidad por largo tiempo.

La agricultura, muchos años se basó en el uso intensivo del suelo causándole entre otros aspectos su compactación por la mecanización y su empobrecimiento por el constante sometimiento al cultivo.

El conocimiento de los problemas planteados conduce a buscar soluciones, que sean factibles de realizar, acordes con la apertura de mercados en un tratado de libre comercio en el norte de América.

Es necesario entonces, reflexionar y buscar estrategias en donde no se repitan los errores cometidos en el ámbito social y ambiental, y generar modelos que promuevan la prevención y/o restauración del ambiente ecológico y social; considerando que el "desarrollo sostenible" puede incrementar la capacidad productiva, prevenir el deterioro ambiental y restaurar los ambientes deteriorados y que los avances tecnológicos y las formas tradicionales del uso de los recursos pueden contribuir a proyectos modernizadores de bajo costo.

La agricultura azteca, basada en el cultivo de las chinampas ejemplifica la manera en que se puede hacer uso de los productos de desecho como mejoradores del suelo.

La basura que se produce en la Ciudad de México, se puede reciclar con resultados significativos y aprovechar los desechos orgánicos. En la Ciudad se producen aproximadamente unas 12 000 toneladas de residuos domésticos por día, de éstos se considera que del 50 al 60% son desechos orgánicos, y el resto está constituido en términos generales por papel (17%), vidrio (10%), textiles (6%), plásticos (6%), metales (3%) y otros desechos (9%). ( Deffis, 1991).

En contraste con los países desarrollados, que generan desechos con una baja proporción de desechos orgánicos, la Ciudad de México es rica en la generación de desechos orgánicos como restos de frutas y verduras; que en un alto porcentaje son eliminados en tiraderos o basureros al aire libre, los cuales representan un alto riesgo para la salud.

El problema de la eliminación de basura puede ser superado si se considera que por el alto contenido del material orgánico de ésta, pueden ser útiles para la elaboración de compostas o abonos orgánicos.

La elaboración de compostas es un método fácil, rápido y económico, que resuelve dos problemas : a ) disminuye la generación de basura, haciendo que se puedan reciclar materiales como el vidrio, papel y plástico, y b ) los desechos orgánicos limpios y separados pueden ser útiles como abono orgánico que pueden ser aplicados al suelo, lográndose con ello la adición de nutrientes al mismo, y su conservación, conduciendo esto hacia una agricultura sostenible.

Entre los métodos para elaboración de las compostas existe uno denominado "vermicomposteo" que involucra el uso de lombrices como transformadoras de los desechos orgánicos y que ha dado muy buenos resultados, sobre todo porque resulta un excelente aportador de nutrientes al suelo, beneficiando a los organismos que se encuentran en él, indispensables para su conservación. El vermicomposteo representa una gran perspectiva para la recuperación de los suelos agrícolas, y sustituye a bajo costo buena parte de los fertilizantes químicos.

El presente trabajo, informa acerca de la importancia de la utilización de lombrices como transformadoras de los desechos orgánicos y su relación con la posibilidad de llevar a cabo una agricultura sostenible.

## I. INTRODUCCION

Una de las actividades primordiales de cualquier país es la agricultura, de la cual se obtienen satisfactores alimenticios y materias primas; y debe regirse por ciertos objetivos que permitan un correcto desarrollo social.

1) Alimentar adecuadamente a una población creciente y, 2) lograr la exportación de una parte de la producción para contribuir al ingreso per cápita, y tercero, ofrecer un medio ambiente agradable, con suficientes espacios verdes.

Las riquezas naturales del territorio mexicano, tanto terrestres como acuáticas, le ofrecen al país una base privilegiada para un desarrollo sostenible, basado en un uso racional de los recursos naturales.

Joseph Antonio, 1791, ( citado por Rojas, 1983 ) donde dice que "los indígenas mexicanos, habitantes de las lagunas de México, tenían establecida una agricultura para lograr abundancias comestibles en sitios fangosos; los sitios donde sembraban los indígenas eran pantanosos o terrenos inundados con aguas permanentes, éstos, eran sitios para las chinampas, en Xochimilco donde los excrementos de los marciálagos, lo mezclaban con tierra, y así lograban abundantes cosechas".

Sin embargo, a finales del siglo XX, esta riqueza natural ha sido severamente transformada y deteriorada a consecuencia de las técnicas modernas utilizadas en los procesos productivos intensivos, agrícolas, pecuarios y forestales.

La agricultura ocupa aproximadamente 20 millones de hectáreas del territorio nacional; de éstos, 5 millones tienen un modelo tecnológico intensivo, ( Carabias y Probenáio, 1992 ) con uso excesivo de agroquímicos a fin de elevar los rendimientos; los resultados : contaminación del suelo y del agua, además de la generación de residuos químicos, la salinización del 10% de las tierras de riego, lo que ha llevado al empobrecimiento de terrenos de alta productividad agrícola.

Las tierras de temporal no están exentas de este deterioro, parte de ellas, las de mejor aptitud agrícola también están sujetas al abuso de agroquímicos; otras más han sido desprovistas de vegetación, quedando sujetas a fuertes procesos erosivos.

Todos estos procesos han carecido por completo de criterios ambientales en su desarrollo, considerando a la naturaleza como fuente inagotable de recursos, además, hay que considerar el acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y los patrones de consumo que se tienen actualmente que ha originado un incremento en la generación de basura y una marcada contaminación del suelo, del agua y de la atmósfera; situación ambiental que debe motivar a la reflexión y adecuar sistemas de producción que satisfagan las necesidades de la creciente población mediante un uso planificado de los recursos naturales.

La adecuación a los sistemas de producción deben contemplarse dentro del marco de una agricultura sostenible que puede abarcar el uso de abonos orgánicos, la rotación de cultivos, y la siembra de dos o más especies en un solo terreno, logrando con ello una producción estable, sin agotar el recurso suelo.

La agricultura sostenible además de representar una solución para los productores, puede incrementar la producción para una población cada vez más creciente y representa también una solución a la dependencia hacia el extranjero de alimentos y materias primas.

El uso de las lombrices como transformadoras de los desechos orgánicos puede lograr el incremento en la fertilidad de los suelos agrícolas, incremento en la producción tanto cualitativa como cuantitativamente y la disminución de los costos de producción debido a la disminución en aplicación de agroquímicos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL.**

*Analizar la utilización de las lombrices en la transformación de desechos orgánicos a Vermicomposta como un elemento para lograr una agricultura sostenible.*

### **OBJETIVOS PARTICULARES.**

- 1) Conocer la importancia de la actividad de las lombrices en el suelo, como parte integral para la conservación del suelo.
- 2) Dar a conocer la importancia de la actividad de las lombrices en la utilización de desechos orgánicos útiles para abonos orgánicos.
- 3) Conocer el concepto de agricultura sostenible, y determinar dentro de este marco la importancia de la utilización de la Vermicomposta.

## REVISION DE LITERATURA

### I. AGRICULTURA SOSTENIBLE.

La agricultura moderna ha implicado un uso intensivo del suelo, una gran aplicación de agroquímicos y una alta mecanización; sin haber conocido ni analizado la capacidad agrológica, la capacidad agraria ( potencial productivo ) y la erodabilidad del suelo.

Las consecuencias de este tipo de agricultura intensiva han sido; erosión, contaminación de aguas subterráneas por fertilizantes y plaguicidas, pérdida de fertilidad del suelo; parámetros del impacto ambiental de la actividad agrícola del suelo ( Jimenez, 1995 ).

Hasta antes de este siglo, casi todos los incrementos de la producción fueron obtenidos incorporando nuevas tierras de cultivo; ahora, prácticamente toda la tierra apta para la agricultura ya ha sido explotada y en una gran superficie se ha ocasionado agotamiento y pérdida del suelo agrícola.

En el mundo, las pérdidas de suelo por erosión se estiman entre 5 y 7 millones de hectáreas anuales, mientras que la proyección de pérdidas de suelo productivo por degradación se estima para finales del siglo en 100 000 Km<sup>2</sup> por año ( Marelli, citado por Crovetto, 1989, citado por Jimenez, 1995 ), por ello en el futuro los incrementos en la producción tendrán que venir de aumentos en el rendimiento por hectárea, lo que obligará a buscar soluciones que logren una mayor productividad, pero que además conserven los recursos naturales.

Los efectos nocivos de la aplicación de prácticas agrícolas intensivas y, dió pie a que surgieran nuevas teás y filosofías en las ciencias agrícolas, comprometidas a la utilización de prácticas agrícolas no agresivas al medio ambiente basados en la conservación de los recursos naturales. Estas filosofías han hecho una serie de propuestas, entre las que se pueden citar; la agricultura orgánica, la agricultura biointensiva y la agricultura sustentable o sostenible.

La propuesta como solución para lograr una "agricultura sostenible" contempla entre otros, la técnica de los sistemas agrícolas tradicionales, que están basados en la conservación del suelo, y en el mantenimiento de su fertilidad a través de la utilización de residuos de cosecha, estiércol de animales, leguminosas, abonos verdes, desechos orgánicos, y compostas; así como la rotación y asociación de cultivos.

En la agricultura sostenible se deben considerar puntos esenciales como:

- 1) Plancación de las actividades agrícolas
- 2) Disminución en el uso de agroquímicos
- 3) Optimización de los recursos naturales, humanos y económicos.

Lo anterior significa que se deben considerar los recursos naturales y a la agricultura como parte de un desarrollo sostenido, es decir, contemplar la conservación de los recursos naturales renovables y no renovables ( Faulkner 1943, citado por Crovetto, 1992 citados por Jimenez, 1995).

La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo ( C.M.M.D.A.) en 1987, definió el "desarrollo sostenible" como : la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.

La FAO (citado por Cruz, 1994) define al "desarrollo sostenido" como: " La gestión y conservación de la Base de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico para asegurar el logro y la continúa satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras.

Tal "desarrollo sostenible"; incluye la agricultura, la explotación forestal y pesquera, y la conservación de los recursos genéticos, de los suelos y del agua, no degrada al medio ambiente, y es económica y socialmente adecuado.

Como parte del "desarrollo sostenido" existen las siguientes definiciones para "agricultura sostenible" :

Mantener la producción Agrícola a niveles tales que puedan satisfacer sus necesidades y aspiraciones crecientes de una población en expansión, sin degradar el medio ambiente agrícola. Paolo Bifori, citado por Cruz, 1994.

Manejo exitoso de los recursos para la agricultura a fin de que satisfagan las necesidades humanas, mientras que se mantienen o se mejora la calidad del ambiente y se conservan los recursos naturales ( FAO, 1992 ).

Una agricultura sostenible debe dar por supuesta la administración satisfactoria de los recursos destinados a la agricultura para satisfacer las necesidades humanas cambiantes, manteniendo o forzando al propio tiempo la calidad del medio ambiente y conservación de los recursos naturales FAO, 1992.

Por otro lado, Lal, et al. (citados por Figueroa, 1992; Jimenez, 1995) plantean que los objetivos de la agricultura sostenible son :

- 1) Mejorar la capacidad ambiental.
- 2) Preservar la integridad ecológica y la capacidad productiva de los recursos naturales.
- 3) Mantener un incremento constante en la productividad per cápita, con el apoyo de enfoques que unan prácticas tradicionales de manejo con innovaciones tecnológicas modernas, mejorando las condiciones de vida rurales, reduciendo con ello la dependencia de tecnologías extranjeras.

Jimenez, (1995) indica que una agricultura sostenible debe :

- 1) Emplear métodos de cultivo ecológico
- 2) Proporcionar el mantenimiento alimenticio a toda la población.
- 3) Creación de empleos.
- 4) Producir excedentes comercializables, y
- 5) Mantener dentro del ámbito rural un intercambio de bienes y servicios sin depender del mundo exterior para su aprovisionamiento y mercado.

Lo anterior, es de vital importancia sobre todo para los países en vías de desarrollo, en los que los productores rurales requieren desenvolverse más ampliamente, y ser capaces de satisfacer sus necesidades y cubrir las demandas nacionales de alimentos y materias primas.

México, cuenta con un gran potencial de recursos naturales y es necesario desarrollar una agricultura sostenible, que a largo plazo logre una producción constante sin poner en riesgo la condición de renovabilidad de los recursos ( Carabias y Probencio, 1992 ).

## PANORAMA SOBRE LA PRODUCCION DE BASURA.

El acelerado crecimiento poblacional en casi todos los países de por sí sobrepoblados a aumentado aún más la carga ambiental en el planeta, y de acuerdo a esta carga poblacional los recursos naturales han ido disminuyendo notablemente.

Los avances tecnológicos han hecho que el hombre pueda satisfacer su ambición de posición social mediante el consumo; ha sido educado más allá de lo que requiere, esta condición se ha logrado con un alto costo en el ambiente. El ecosistema de vastas extensiones del globo ha sido modificado quizá irreversiblemente y su equilibrio y diversidad han disminuido; por ejemplo, la capacidad del medio para absorber los desechos o controlar los excesos climáticos.

La contaminación del suelo, el aire y el agua ha aumentado en forma alarmante; parte de la contaminación es causada por emisiones de los motores de combustión interna y fábricas, y otra parte, muy significativa por la contaminación debido a la generación de basura que es causa sobre todo del consumismo desmedido de la sociedad.

La basura es uno de los problemas a la que diariamente nos enfrentamos; es impresionante la cantidad de basura que se genera, que bien pudiera ser útil. Cualquiera que sea el campo en el que el hombre se desenvuelva: industrial, agrícola, social o doméstico, la huella de su paso será la basura.

En el mundo se producen actualmente unos 4 mil millones de toneladas de basura doméstica, urbana e industrial que ocuparían un recipiente de base cuadrada de 1 kilómetro por lado y 200 metros de altura. Un 30% de la basura se entierra y lo demás pasa a formar parte de un serio problema sanitario, ecológico, social y económico. ( Deffis Caso, 1991).

En la Ciudad de México la producción diaria de basura alcanza 15,000 toneladas diarias. En un mes, esta cantidad equivale a llenar 3 veces el Estadio Azteca; como consecuencia, los desechos sólidos deberán ser considerados como recursos estratégicos de diversa potencialidad, pues de ello, se obtienen materias primas para el reciclaje industrial evitando de esta manera el agotamiento de los recursos naturales además de ahorrar agua y energía en los procesos de fabricación.

Lo anterior quiere decir que recursos tales como el suelo pueden conservarse, si se realiza el reciclaje, y se utilizan los desechos orgánicos a través de su transformación en abonos capaces de conservar el suelo.

## **1.2 LOS DESECHOS ORGÁNICOS EN MEXICO.**

Actualmente en el D.F., y en las áreas conurbadas, cuentan con una población de poco más de 20 millones de habitantes, que generan aproximadamente 1 kilogramo de desechos cada uno, esto, con su respectivo menoscabo ambiental. Un estudio elaborado por el centro de ecodesarrollo en 1982, mostró que de cada hogar en el D.F., genera un promedio de 2.3 kilogramos diarios de desechos orgánicos. ( Revista del consumidor, 1983 ).

Es decir, que de las 15,000 toneladas diarias de basura que se generan en la Ciudad de México, un 65% aproximadamente son desechos domésticos.

Sólo algunos desechos orgánicos en México son aprovechados, tal es el caso del bagazo de la caña de azúcar, que se utiliza alrededor de un 50% como combustible y en la fabricación de papel por que su uso industrial es más redituable, el restante 50% que no es utilizado, representa aproximadamente unos 5 millones de toneladas ( Espinosa, 1987 ).

En la industria vitivinícola, la utilización de los desechos orgánicos es nula, estimándose que se arrojan 7 000 toneladas de orujo y 50 000 toneladas de residuos de las empacadoras y enlatadoras ( Humbert, 1972 citado por Espinosa, 1987 ).

Durante los meses de cosecha en Irapuato, las empacadoras de fresa tiran al año por trituración alrededor de 12 toneladas diarias.

## **UTILIZACIÓN DE LOS MATERIALES ORGÁNICOS EN LOS SUELOS.**

La explotación agrícola de los suelos se remonta a tiempos anteriores al registro de la historia y posiblemente hasta antes del año 10 000 a. de C. en Mesopotamia ( hoy Irak ), ubicada en los Valles inferiores de los ríos Nilo, Tigris, Eufrates e Indo, en donde el hombre empezó a considerar al suelo como un medio indispensable para el desarrollo de las plantas. Aristóteles (384-322) a. de C. afirmaba que el suelo tenía una estrecha relación con la nutrición de las plantas ( Boul, 1981).

El historiador griego Herodoto ( 485-425 a. de C. ) al relatar sus viajes, menciona que los habitantes de Mesopotamia obtenían abundantes cosechas y una alta producción, debido a que contaban con un adecuado sistema de irrigación y de un suelo de alta fertilidad atribuible en parte a las periódicas inundaciones del río Tigris. El hombre aprendió que ciertos suelos disminuían sus producciones cuando se cultivaban intensivamente, y muy seguro fue a partir de estas observaciones que se desarrolló la práctica de añadir despojos animales y vegetales al suelo para reestablecer su fertilidad ( Millar, 1981 ).

Los chinos practicaban la conservación de suelos, añadiéndole estiércol, ceniza de madera y residuos vegetales ( Donahue, 1977 ). Entre los años 800 a 200 a. de C. la civilización griega logró su florecimiento gracias a la agricultura en la cual se incluían los primeros estudios sobre dosificación y uso agrícola de los estiércoles.

El gran historiador Jenofonte ( 434 - 335 a. de C. ) opinaba que la ruina de Grecia se debía a que no se utilizaban abonos, e indicaba " No hay nada en el suelo como el estercolado. No obstante, cualquier yerbajo que haya sobre la tierra, enriquece el suelo tanto como el estiércol". En algunas de sus obras; instruye precisamente en como deberían mezclarse el estiércol de cuadra con los residuos vegetales para producir abono enriquecido y útil ( Donahue, 1977 ). Recomendaba los arados en primavera, por que " la tierra es más desmenuzable entonces y la hierba enterrada es suficiente en esta situación para servir de abonado".

Otro señalamiento que hacía era el hecho de que todas las clases de vegetación se transformaban en abono. Posteriormente y durante el imperio Romano, marcan los escritos que la aplicación de los estiércoles animales y excrementos humanos estaba regulada por la ley de Homero en la Odisea, que se refiere al empleo de estiércol de cuadra con fines agrícolas.

Catón el viejo ( 234-149 a. de C. ) escribió el manual práctico en el cual recomendaba labranza intensiva, rotación de cultivos y para mejorar el suelo la siembra de leguminosas como habas, y el uso de estiércol de establo ( Donahue, 1977 ).

Columella en el año 45 d. de C. aproximadamente, enfatizó la utilidad de los abonos para el mejoramiento del suelo; además, recomendó que cantidades abundantes de estiércol fuesen añadidas a los nabos y que éstos fuesen arados y luego plantar maíz en esas tierras ( Donahue, 1977 ).

A fin de hacer más productivo el suelo, se inclinó por el uso de cenizas, greda (limo hallado en los pantanos), trébol y alfalfa.

Cuando los bárbaros conquistaron Roma, dieron fin a los esfuerzos científicos, y nuevamente se empezaron las investigaciones.

Los agricultores chinos utilizaron cuidadosamente los desperdicios de plantas y de animales, incluyendo los humanos; cultivaron leguminosas para fijar nitrógeno, y regresaron al lodo del canal de tierra ( Millar, 1981 ).

Justus von Liebig (1803-1873), químico Alemán, publicó "Química en su aplicación a la agricultura y a la Fisiología" en 1840. Su tesis era que el carbono para la nutrición vegetal proviene del dióxido de carbono en la atmósfera, el hidrógeno y el oxígeno del aire y del agua y el nitrógeno del amoníaco. Declara que los fosfatos son necesarios para la producción de semillas y el potasio para el desarrollo de los pastos y cereales. También creyó que analizando las cenizas de una planta, podría formular un fertilizante que suministraría los elementos esenciales, para la siguiente cosecha, aunque en esto falló ( Donahue, 1977 ).

En México, se conoce poco sobre los métodos de mantenimiento de la fertilidad en el Valle, sin embargo, se sabe que los aztecas fertilizaban con un pescado cada mata de maíz. Foth (1980) cita la historia de cómo el indio llamado Squanto ayudó a los primeros colonizadores a cultivar maíz enterrando un pescado muerto cerca de cada mata.

Se deduce que también hacían uso de los recursos que se encontraban disponibles, utilizaban la maleza de los campos, los esquilmos y los restos de los cultivos ( hojas, raíces, guías, hojarasca ) y otros, también hacían uso de las plantas acuáticas y de los limos de los canales.

Lameiras y Pereyra, 1974 citado por Rojas, 1983 dicen que en el código Florentino y el vocabulario de Molina se hace referencia al uso de los abono, de las cuales eran cuatro las fuentes : tlazollo, cuitlatl, zoquit y atocli, correspondiente a "basura" ( desechos orgánicos ), estiércol, lodo y aluvión. Existiendo la posibilidad de combinación entre estiércol y desechos orgánicos y de que la forma de aplicación haya sido mata por mata según la manera de sembrar.

El uso de estiércol es una de las formas de abonar más antiguas, y no ha sido ajena a casi ninguna de las civilizaciones pasadas; en México, el estercolar con heces humanas era más o menos usual en la agricultura chinampera de Xochimilco.

Otros de los abonos utilizados era el guano de murciélago que se mezclaba con tierra, para abonar el chile y tomate, siendo posible su uso en la época prehispánica.

Posteriormente, para el año 1536 Bernardo de Palissy quien publicó "De las varias sales de la Agricultura" y consideraba al suelo como fuente de nutrimentos minerales para las plantas, agregó que "cuando se entierra estiércol en el terreno no se hace más que devolver algo de lo que se ha sustraído" ( Boul, 1981).

A principios del siglo XIX, A. Thaer sugirió que las plantas asimilaban directamente la materia orgánica en descomposición; y para 1840 Justus von Liebig publicó "Química aplicada a la agricultura y a la fisiología", en donde reafirmó que las plantas asimilaban nutrientes minerales del suelo y propuso el uso de fertilizantes minerales en la agricultura ( Boul, 1981).

Se observa entonces que el florecimiento de las culturas radicaba en una agricultura, basada en la conservación del suelo mediante el uso de materia orgánica.

Una de las expresiones más poéticas de los efectos de la materia orgánica en el crecimiento de las plantas fue expresada por Omar Khayyam (citado por Foth, 1980) " Algunas veces pienso que nunca brilla tan roja la rosa como donde se desangró un César muerto".

## II. IMPORTANCIA DEL SUELO EN LA AGRICULTURA.

*El hombre depende del suelo, y de cierta manera la condición del suelo depende del hombre, de acuerdo al uso que éste le da.*

*El hombre goza de lo que le da el suelo, la belleza de las flores o bien una sana producción de granos y semillas, y esto está determinado por la calidad de los suelos ( Gros, 1986 ).*

*La ciencia del suelo, según De Sigmond, reúne en un sistema científico todos los conocimientos relacionados con un producto peculiar de la naturaleza, el suelo ( Ortiz, 1980 ).*

*La ciencia del suelo propiamente dicha fue realmente originada en Rusia por V. Dokuchaev (1846-1903) quien publicó en 1883 un reporte sobre los suelos chernozems con el fin de establecer para el fisco las bases científicas para el cobro de los impuestos sobre las tierras.*

*En el reporte aplicó principios de morfología de suelos, describió los mayores grupos de suelo y produjo la primera clasificación científica ( Ortiz, 1990 ).*

*Dokuchaev en 1886, propone la palabra suelo para que se use como término científico referido a "aquellos horizontes de rocas que han cambiado sus relaciones bajo la influencia conjunta del aire, agua y varios organismos vivos o muertos". Posteriormente define al suelo como un cuerpo natural independiente que evoluciona y que ha sido formado por la influencia de 5 factores, e insistió sobre todo en la influencia de los climas ( Boul, 1981 ).*

*En 1957 Vilenky ( citado por Boul, 1981 ) define al suelo como un cuerpo independiente, natural y en evolución, bajo el influjo de cinco factores, entre los cuales el más importante es la vegetación.*

*El suelo, se derivó de la palabra latina solum, la cual significa piso o superficie de tierra. En general, el suelo se refiere a la superficie suelta de tierra que se distingue de la roca sólida ( Foth, 1975).*

*El suelo es el elemento fundamental para la agricultura ya que además de ser el sostén de los vegetales proporciona los elementos nutricionales indispensables para su buen desarrollo. Es uno de los recursos naturales de mayor significación en la vida del hombre. Se le considera como el medio natural para el desarrollo de las plantas.*

Las características de los suelos son el resultado de la acción conjunta de 5 factores : el clima, los organismos ( incluyendo al hombre ), el relieve, la roca parental y el tiempo.

El suelo, según Donahue, (1977), 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.

Según Ortiz, ( 1980 ). El suelo es un cuerpo natural que se encuentra sobre la superficie de la corteza terrestre conteniendo materia viva y soportando o siendo capaz de soportar las plantas

Dentro de esta definición se remarcan 3 aspectos importante a considerar, primero "es un cuerpo natural", lo que significa que es un ente natural con características propias; en segundo lugar "contiene materia viva", es decir posee propiedades de los organismos vivos, y por último es "capaz de soportar plantas", significa que su estudio está relacionado con los requerimientos de las plantas.

Básicamente el crecimiento de las plantas terrestres depende de las características del suelo y de los elementos nutritivos ( Millar, 1980 ).

La ciencia del suelo, según De Sigmond ( citado por Ortiz, 1990 ) reúne en un sistema científico todos los conocimientos relacionados con el suelo, disciplina que fue considerada por mucho tiempo como una rama de la geología o de la agronomía. Sin embargo, desde la antigüedad y hasta nuestros días se sabe de la importancia del conocimiento tan completo como sea posible de los suelos sometidos al cultivo, y de ser conservado, procurando que mantenga sus características propias y poder lograr con ello, una agricultura que sea sostenible por un largo tiempo, alterando las características del suelo lo menor posible.

### **ORGANISMOS DEL SUELO.**

El suelo es un medio favorable para la vida y en él se desarrollan macroorganismos y microorganismos, tanto vegetales como animales.

Los organismos pertenecientes al reino vegetal son más abundantes y muy importantes, sin embargo, no hay que restarles importancia a los organismos animales sobre todo por que son indispensables en los primeros estadios de la descomposición de la materia orgánica.

Las actividades de los organismos varían desde la compleja desintegración, principalmente física de los residuos vegetales por los insectos y gusanos hasta la descomposición completa de estos mismos residuos por los microorganismos tales como bacterias, hongos y actinomicetos.

V.R. Williams ( citado por Kononova, 1982 ) señalaba la inmensa importancia de los organismos y de los productos de su actividad vital en la transformación de la roca en el suelo, considerando como base del proceso de su formación la síntesis y descomposición de la materia orgánica.

Según Donahue, ( 1977 ) los microorganismos ayudan a desarrollar el suelo, descomponiendo lentamente la materia orgánica y formando ácidos débiles que disuelven los minerales más rápido que el agua. También de gran importancia es la alteración de los restos vegetales y su transformación en sustancias húmicas, resultado de la acción conjunta de asociaciones de microorganismos que poseen funciones bioquímicas multifacéticas ( Kononova, 1982 ).

De la actividad de los microorganismos dependen también, en gran medida, el destino ulterior de las sustancias húmicas recién formadas, ya sea su incorporación a nuevos procesos biológicos y descomposición hasta los productos finales de mineralización, ó bien la conservación del suelo por períodos de tiempo más o menos prolongados ( Dokuchaev, 1982 ).

### **LA VIDA VEGETAL EN EL SUELO.**

Los organismos de naturaleza vegetal son los más numerosos e importantes sobre todo por que de ellos dependen los estadios finales de la descomposición de la materia orgánica, la síntesis de humus y la producción de compuestos sencillos para la nutrición directa de las plantas superiores.

Las raíces de las plantas; representan una importante fuente de materia orgánica, y excretan sustancias ácidas que actúan como disolventes eficaces, transformando algunos materiales insolubles en solubles y asimilables.

Alrededor de las raíces, ( rizósfera ), proliferan de un modo especial microorganismos, y en esa zona se activan procesos bioquímicos, y finalmente actúan como fuente de tejidos muertos para la nutrición de los organismos del suelo.

Los microorganismos del suelo, son mayor en número que los macroorganismos vegetales, entre los que se encuentran :

**Algas.** Tienen clorofila, por lo que dependen de la luz para su desarrollo, y necesitan vivir en la superficie del suelo; algunas pueden fijar nitrógeno atmosférico, además las algas muertas o vivas pueden actuar como abonos.

**Hongos.** Los hongos del suelo no contienen clorofila y obtienen su energía del carbono y de la materia orgánica; están dotados de un sistema enzimático muy activo que les permite degradar compuestos orgánicos muy resistentes como la celulosa y la lignina. Los hongos participan activamente en la formación de amonio y de compuestos nitrogenados simples; e incluso algunos exudan sustancias antibióticas.

**Actinomicetos.** Son importantes por que son particularmente aptos para degradar sustancias de difícil descomposición de la materia orgánica, liberando de nutrientes de ella. Aparentemente se reducen a formas más sencillas aún a compuestos tan resistentes como la lignina.

**Bacterias.** Constituyen el grupo más numeroso y más importante de los microorganismos, su número depende de las condiciones del medio y de la abundancia de los alimentos, encontrándose la mayor proporción en las capas superficiales, son importantes porque provocan la putrefacción y descomposición de la materia orgánica, y por que participan en todas las formaciones orgánicas. Las bacterias, por tanto son elaboradoras de alimento para las plantas en el suelo y son por consiguiente, esenciales para el crecimiento.

#### LA VIDA ANIMAL EN EL SUELO.

En el suelo abundan los microorganismos animales y, aunque no es bien conocido su papel, son importantes, tal es el caso de las amebas, que consumen gran cantidad de bacterias, levaduras y hongos.

Existen otros organismos que también contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y a la conservación del suelo, como los nemátodos y los protozoarios.

**Nemátodos.** Estos organismos se hallan en gran cantidad en casi todos los suelos, son organismos microscópicos no segmentados, comúnmente omnívoros, los cuales se alimentan principalmente de materia orgánica. ( Fuentes, 1989 ).

Los nemátodos ocupan un lugar importante, ya que ayudan a la descomposición de la materia orgánica. Sirven de alimento a otros organismos y a su vez se alimentan de los desechos de los organismos o de los organismos vivos. Sin embargo, los nemátodos pueden también ocasionar enfermedades graves al hombre y a las plantas ( Tauscher y Adler, 1980 ).

**Protozoarios.** Están formados por una sola célula capaz de realizar todas las funciones básicas que efectúan los organismos pluricelulares; se alimentan principalmente de bacterias. La digestión protozoaria de las bacterias influye en la población microbiológica y acelera el reciclaje de los nutrientes vegetales.

Los macroorganismos animales que viven en el suelo influyen en sus transformaciones químicas, ya sea directamente en sus procesos digestivos o indirectamente por su acción sobre los microorganismos. La vida animal que habita en el suelo comprende desde grandes animales cavadores como el tejón, hasta pequeños animales como los ácaros.

Entre los macroorganismos que se encuentran en el suelo están los siguientes :

**Roedores.** Son cavadores y están representados por ardillas, marmotas, topos, tejones, ratas y ratones cuya actividad radica en la pulverización, granulación y transferencia de muy considerables cantidades de tierra. Estos animales además de incorporar materia orgánica en los suelos, contribuyen a airear y drenar la tierra mediante sus madrigueras, aunque en ocasiones también pueden representar un problema para la agricultura.

**Insectos.** Existen una infinita variedad de insectos en el suelo; sin embargo, sólo algunos tienen influencia sobre la materia orgánica, como es el caso de las hormigas, escarabajos y colémbolos que afectan apreciablemente los constituyentes húmicos tanto por traslado como por digestión. Un ejemplo de ello son las hormigas, que aflojan el suelo, e incluso lo pueden enriquecer sustancialmente con calcio, la hormiga café *Formica cinerea* 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. ( Baxter 1966 citado por Donahue, 1981 ).

Asociados a los insectos, existen miriápodos, cochinillas, cardadores y babosas, organismos que aprovechan como alimento los tejidos vegetales más o menos descompuestos, y aunque también pueden constituir una plaga, si se hace un adecuado manejo del suelo resultan ser importantes.

### Lombrices.

Otros de los organismos que se encuentran en el suelo, y que merecen una mención especial por su importante actividad, que depende, sobre todo de su número, son las lombrices que, proliferan en suelos húmedos de textura fina ( mejor que en los secos y arenosos ) con un buen contenido de materia orgánica, que les sirve de alimento.

Una hectárea de suelo puede contener hasta una tonelada de lombrices, las cuales a través de su aparato digestivo pasan la materia orgánica más o menos descompuesta, juntamente con gran cantidad de tierra fina, que posteriormente expulsan; estos residuos sometidos a la acción de los enzimas digestivos, son mucho más ricos que la materia original.

Por otra parte, las lombrices excavan infinidad de galerías que sirven para airear y drenar el suelo, lo cual estimula el desarrollo de las raíces de las plantas, así mismo transportan gran cantidad de tierra desde las capas inferiores del suelo hacia las capas superiores, mezclan y granulan el suelo por arrastre en sus minas de cantidades de materia orgánica no descompuesta, como hojas y hierbas que usan como alimento.

Las lombrices son importantes en muchos aspectos. La cantidad de suelo que estos organismos hacen pasar por sus cuerpos anualmente puede sobrepasar las 37 toneladas de tierra seca por hectárea cultivada ( Darwin, 1885 citado por Buckman, 1977 ).

Durante el paso a través de las lombrices, no sólo la materia orgánica le sirve de alimento, también los minerales que los constituyen, quedan sujetos a los enzimas digestivos y a la acción pulverizadora dentro de los animales.

Se ha confirmado que las lombrices tienen un efecto favorable sobre la productividad del suelo, además de que la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y el fósforo y potasio asimilables, son aumentados a través de su actividad ( Puh, 1941, citado por Buckman, 1977 ).

Entre las variedades más comunes de lombrices se encuentran las siguientes : *Lombricus terrestris* , *Allotobophora trapezoides* , *Diptocardia* sp , *Allotobophora chlorotica* , *Eisenia fetida* , y *Dendrobaena rubida*. Lo anterior, hace notar que el suelo aloja a un conjunto de seres vivos que hacen posible que éste mantenga una fertilidad óptima para llevar que permitiría desarrollar una agricultura exitosa.

### III. LA MATERIA ORGANICA EN LOS SUELOS.

La materia orgánica del suelo esta formada por residuos vegetales y animales descompuestos, tan frescos como las hojas recién caídas y tan viejas como de 4 a 5 000 años. Residuos de cosechas, malezas, hierbas, hojas de árboles, lombrices de tierra, bacterias, hongos y actinomicetos, conforman las fuentes principales de la materia orgánica ( Donahue, 1977 ).

Las siguientes son algunas definiciones de "materia orgánica" :

Constituyente de sustancias orgánicas no descompuestas, descompuestas y en descomposición. Teuscher ( 1976 ).

Los restos vegetales de cualquier naturaleza, hojas, ramas muertas, etc. Duchaufour, ( 1984 ).

Restos de plantas y animales; esto incluye hierbas, árboles, bacterias, hongos, protozoos, lombrices y estiércol animal. Según Tamhane, ( 1978 ).

La materia orgánica del suelo representa una acumulación de plantas parcialmente destruidas y parcialmente resintetizadas, así como los residuos de animales. Este material está en un activo estado de desintegración y sujeto al ataque por parte de los microorganismos ( Buckman, 1977 ).

La fuente originaria de la materia orgánica del suelo es el tejido vegetal. Bajo condiciones naturales las partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos, hierbas y otras plantas naturales proveen anualmente de grandes cantidades de residuos orgánicos.

Según Fuentes, ( 1989 ). la materia orgánica del suelo esta constituida por aquellas sustancias de origen animal o vegetal que se acumula en el suelo o se incorporan a él ; siendo las sustancias de origen animal los restos y sus deyecciones, mientras que los de origen vegetal proceden de los residuos de plantas superiores; así como la microflora del suelo ( bacterias, hongos, actinomicetos y algas ).

## COMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.

La materia orgánica del suelo es muy compleja; contiene materiales, cuyos porcentajes varían de acuerdo con la clase de residuos de las plantas o animales y su estado de descomposición, siendo dichos materiales los siguientes :

- 1) Carbohidratos, que incluyen azúcares, almidones y celulosa.
- 2) Lignina
- 3) Taninos
- 4) Grasas, aceites y ceras
- 5) Resinas
- 6) Proteínas
- 7) Pigmentos
- 8) Minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio.  
( Kononova, 1982 ).

De manera general, la composición de los materiales orgánicos se puede dividir en dos grupos, de acuerdo a su velocidad de descomposición; los materiales que se descomponen fácilmente como los azúcares, almidones, proteínas sencillas, hemicelulosa y celulosa, y los materiales de descomposición lenta como las ligninas, grasas, ceras y taninos, ( Primo, 1973).

### RELACION CARBONO NITROGENO ( C/N ).

La proporción existente entre el carbono y el nitrógeno conocida como la relación carbono nitrógeno ( C/N ), es un factor que influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica ( Díaz-Rosales, 1986).

Según Fuentes, (1989) la rapidez con que proliferan los microorganismos desintegradores y la rapidez con que se descompone la materia orgánica depende de la relación C/N.

La materia orgánica con una relación C/N muy alta, suministra mucha energía y poco nitrógeno, mientras que una relación baja, suministra poca energía y mucho nitrógeno, siendo ambos casos poco recomendables en la actividad de los microorganismos, la que se ve disminuido, y por lo tanto la materia orgánica se descompone lentamente.

Buckman, ( 1977 ) menciona que la relación C/N en la materia orgánica del suelo representa un factor importante cuando :

1) La competencia para el nitrógeno asimilable aparece cuando los restos tienen una razón C/N alta y son añadidos al suelo. De manera que esta relación C/N de los materiales orgánicos es una indicación de que existe una deficiencia de nitrógeno y competencia entre microflora y plantas superiores ( Foth, 1975 ).

2) Debido a la constancia de esta razón en los suelos, el mantenimiento del carbono, y a su vez la materia orgánica depende significativamente del nivel de nitrógeno en el suelo.

#### **RAZON DE LA CONSTANCIA C/N.**

Mientras el proceso de descomposición continúa, tanto el carbono como el nitrógeno están sujetos a pérdidas; el carbono como  $CO_2$  y el nitrógeno como  $NO_3$  son lixiviados o absorbidos por las plantas. Sólo es cuestión de tiempo el que su razón de porcentaje por su desaparición del suelo resulte aproximadamente la misma, lo que significa que el porcentaje de nitrógeno total destruido alcance el mismo nivel que el del carbono total perdido, siendo el momento en que la relación C/N es más o menos constante ( Buckman, 1977 ).

Generalmente en una relación C/N mayor de 30 se presenta una inmovilización de nitrógeno en el suelo durante el proceso de descomposición inicial de la materia orgánica. Una relación C/N entre 20 y 30 no hay movilización ni inmovilización del nitrógeno; la óptima relación C/N es de 10:1 ( Díaz-Rosalet, 1986 ); por lo tanto, dicha relación ( C/N ) está subordinada a la asimilación de nitrógeno del suelo y al mantenimiento de materia orgánica en él.

La relación C/N de la materia orgánica añadida al suelo, es importante en el curso de la mineralización en general. El efecto de uno de los organismos de gran importancia como las lombrices de tierra en la reducción de la relación C/N de los residuos vegetales no se ha logrado determinar aún, debido a que en los cultivos, las lombrices de tierra no sólo metabolizan el carbono sino que además aumentan la descomposición de la materia orgánica al estimular la actividad microbiana.

Dentro de los efectos sobre la mineralización del nitrógeno puede decirse que los efectos de la actividad de las lombrices sobre la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Cerca de la mitad del nitrógeno excretado por las lombrices 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 alantoina; las proporciones de estas sustancias dependen de la especie y de la alimentación del individuo ( Needham, 1957 citado por López, 1989 ).

#### **FUNCIÓN DE LA MATERIA ORGANICA EN EL SUELO.**

La *materia orgánica* sirve para muchos fines en el suelo, entre ellos se pueden citar los siguientes:

- 1) Reduce el impacto de la gota de lluvia que cae y permite que el agua se filtre con suavidad en el suelo, reduce por tanto el escurrimiento superficial y la erosión, dando como resultado mayor disponibilidad de agua para el desarrollo de las plantas.
- 2) La agregación de residuos orgánicos descomponibles con facilidad produce la síntesis de sustancias orgánicas complejas que ligan las partículas del suelo en agregados.
- 3) Incrementa la capacidad de retención de agua.
- 4) Sirve como un depósito de elementos químicos que son esenciales para el desarrollo de las plantas. La mayor parte del nitrógeno del suelo se presenta en combinación orgánica.
- 5) Al descomponerse, proporciona los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, así como muchas hormonas y antibióticos; los cuales son liberados de acuerdo a las necesidades de las plantas.
- 6) Ayuda a compensar los suelos contra cambios químicos rápidos en el pH, a causa de la agregación de fertilizantes.
- 7) Sirve como fuente de energía para el desarrollo de microorganismos del suelo.
- 8) La materia orgánica fresca proporciona alimento a organismos como lombrices, hormigas y roedores. Dichos organismos son importantes en el suelo porque al ir comiendo, van formando canales que son útiles en la aireación y drenaje del suelo.
- 9) Se reducen las pérdidas por erosión eólica, ya que la materia orgánica forma una capa protectora.

10) Los ácidos orgánicos liberados de la materia orgánica en descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos.

### **DIFERENTES ESTADOS DE LA MATERIA ORGÁNICA.**

*En la evolución de la materia orgánica se distinguen dos fases :*

La primera se denomina humificación de la materia orgánica y es una fase bastante rápida. Desde el momento en que se entierran, los residuos vegetales entran en descomposición por la acción de multitud de microorganismos ( hongos, levaduras, bacterias y lombrices) los cuales transforman la materia orgánica en productos cada vez más sencillos.

La segunda fase, que es muy lenta, se denomina mineralización del humus, el cual posteriormente es presa de otros microorganismos que lo destruyen progresivamente ( 1 a 2% al año ), liberando así materias minerales que absorberán las plantas. Se distinguen, dos etapas dentro de la mineralización :

a) La amonización : Es la transformación de nitrógeno orgánico en amoniacal, en este proceso de degradación biológica del nitrógeno orgánico ( paso de proteínas a aminoácidos y después a amoníaco ) se lleva a cabo por microorganismos diversos ( bacterias aerobias, actinomicetos y hongos ).

b) La nitrificación : Se refiere a la transformación del nitrógeno amoniacal en nítrico, siendo esta la etapa final de la descomposición de la materia orgánica.

Respecto a su transformación, la materia orgánica se encuentra en uno de los siguientes estados:

I ) Materia orgánica fresca. Está formada por residuos sin transformar, por lo que presenta la misma composición que los tejidos de los que proviene; esta materia fresca es humus joven en vías de descomposición rápida, para llegar al humus estable ( Gros 1986 ).

II ) Productos transitorios. Forman la materia orgánica en vías de descomposición. Dentro de esta etapa de descomposición se pueden diferenciar dos periodos: a) en el primero se produce un fuerte ataque microbiano a las sustancias de fácil descomposición, sustancias que proveen principalmente de energía a los organismos desintegradores.

Como consecuencia de ello, las sustancias constituidas de grandes moléculas se descomponen en otras de menor tamaño (  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , nitratos, etc. ) liberándose una gran cantidad de energía en forma de calor, mientras que al mismo tiempo hay una gran proliferación de la flora microbiana.

b) Se produce una disminución del crecimiento microbiano y de liberación de productos descompuestos, procedentes tanto de la materia orgánica original como de la descomposición de los microorganismos muertos, siendo en esta etapa en la que quedan en el suelo los nutrientes liberados de la descomposición de la materia orgánica.

3) Humus. Una parte de los productos transitorios se mineralizan por completo, mientras que la parte restante detiene su evolución, e incluso retrocede su proceso evolutivo. Las moléculas más o menos simplificadas, en vez de seguir su descomposición se reagrupan y polimerizan de nuevo, formando las moléculas de gran tamaño que constituyen el humus. ( Fuentes, 1989 ).

El humus es la base de la fertilidad del suelo y se forma únicamente a partir de los vegetales, ya que sólo éstos pueden suministrar las materias básicas tales como lignina, taninos, etcétera. Las sustancias nitrogenadas del humus provienen de los residuos animales y, sobre todo, del contenido celular de los microorganismos.

El término humus designa las sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negrozco, que resultan de la descomposición de las materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal (estiércol, pajas, cultivos enterrados, restos de cosechas), bajo la acción de los microorganismos del suelo y las lombrices de tierra ( Gros, 1986 ).

Al mineralizarse el humus libera poco a poco los elementos nutritivos necesarios para las plantas. Sirve además de sostén a gran número de productos orgánicos que se liberan durante la descomposición de la materia orgánica en el suelo o que son sintetizados por los microorganismos, cuya importancia en la actividad biológica de las tierras es importante.

El humus es muy estable, puesto que es muy resistente al ataque microbiano, mineralizándose lentamente a razón del 1 al 2% cada año ( Fuentes, 1989 )

#### IV. CONSTITUYENTES DEL HUMUS.

Dependiendo de la naturaleza de los restos vegetales y las condiciones del medio los constituyentes más importantes del humus, son los siguientes :

- a) Ácidos húmicos grises, constituidos por moléculas muy grandes, ricas en nitrógeno, que se unen a las partículas de arcilla para formar un complejo arcilloso-húmico muy estable ( predominantes en suelos calizos ).
- b) Ácidos húmicos pardos, constituidos por moléculas de menor tamaño, con un contenido menor de nitrógeno y forman con la arcilla un complejo arcillo-húmico menos estable que en el caso anterior ( predominantes en suelos ácidos ).
- c) Ácidos fúlvicos, son productos húmicos solubles, pobres en nitrógeno e incapaces de unirse a la arcilla, que se forman en un medio muy ácido y mal aireado, poco propicio para la actividad microbiana.

El humus además, contiene otros elementos como son :

- a) Humina, considerada como un producto de envejecimiento de los ácidos húmicos.
- b) Sustancias mucilaginosas y gomosas, segregadas por los microorganismos.

#### IMPORTANCIA DEL HUMUS EN EL SUELO.

El mantenimiento del contenido de humus de un suelo a un nivel conveniente es esencial para la conservación de la fertilidad del suelo porque :

- 1) Mejora la estructura del suelo, lo cual permite una buena circulación del agua, aire y de las raíces de las plantas.
- 2) Se mejora notablemente la permeabilidad, con una mayor capacidad de retención de agua y menor cohesión del suelo.
- 3) Aumenta la capacidad de cambio de iones del suelo.

**4) Es fuente y reserva de alimento para las plantas por que se mineraliza , liberando lentamente los elementos fertilizantes o microelementos que se encontraban integrados en la materia orgánica.**

**5) Es una fuente de gas carbónico, lo que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales del suelo, facilitando así su absorción por la planta.**

## V. TIPOS DE ABONOS INCORPORADOS AL SUELO.

Existen diferentes formas de abonar orgánicamente el suelo para lograr la conservación del mismo, disminuyendo con esto la utilización de fertilizantes químicos que causan su deterioro.

Campos, 1981 citado por Rey 1991 menciona que los abonos orgánicos incluyen todas las sustancias de origen vegetal, animal y mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar su fertilidad.

Los abonos orgánicos son valiosos por que aportan nutrientes para el desarrollo de las plantas, dentro de las ventajas de los abonos se pueden citar las siguientes :

- 1) Representan una alternativa para los agricultores en el caso del alto costos de los fertilizantes químicos.
- 2) Proveen de alimentos a los microorganismos del suelo.

### ABONOS DE ORIGEN VEGETAL.

El uso de "abonos verdes" o abonadura verde, consiste en incorporar al suelo materia vegetal sin descomponer, para mejorar su condición; dicha práctica es ampliamente conocida y practicada en diversas partes del mundo antiguo, incluso antes de la era cristiana. ( Toucher y Adler, 1980 ).

Buckman, ( 1977 ) hace mención a las formas de conservación del suelo, y entre ellas destaca la abonadura verde que practicaban comúnmente los Romanos, y menciona que el material añadido proporciona efectos favorables y puede ayudar al mantenimiento de la producción agrícola.

Rey, ( 1991 ). Indica que se entiende por abono verde, a la práctica de sembrar una determinada planta en el terreno con la finalidad específica de incorporarla al suelo durante la época de su desarrollo vegetativo ( generalmente antes de la floración ). Cuya finalidad es, agregar materia orgánica y mantener e incrementar la fertilidad de los suelos.

Los beneficios que puede traer consigo la abonadura verde según Buckman, ( 1977 ) son los siguientes :

1) *Provisión de materia orgánica.*

2) *Adición de nitrógeno; la incorporación de un abono verde al suelo es importante por que no solo añade carbono orgánico, sino que incluso le devuelve nitrógeno, sobre todo si se trata de leguminosas.*

3) *Beneficios bioquímicos; actúa como alimento para los organismos del suelo y tiende a estimular los cambios biológicos.*

4) *Conservación y aprovechamiento de nutrientes; ejerce una influencia conservadora sobre nutrientes del suelo, y que proporciona constituyentes solubles que de otro modo pueden perderse.*

Por su parte Tauacher y Adler, ( 1980 ) mencionan que uno de los beneficios más notables de la abonadura verde es la formación de grandes cantidades de anhídrido carbónico, producto final de la utilización de energía por los microorganismos del suelo.

Tampoco resulta despreciable el estímulo que reciben los microorganismos del suelo, producido por la adición del carbono aprovechable contenido en el material vegetal verde, acelerando con esto la producción de nitrógeno amoniacal y de nitratos.

Los "residuos de cosecha" son las raíces, tallos, hojas y otros órganos de las plantas que quedan dentro del suelo o sobre él después de recogida la cosecha ( Fuentes, 1989 ).

Los "residuos orgánicos" comprenden todo el material orgánico de desecho proveniente del beneficio de productos agrícolas. Tales como pulpa de café, desecho de té, de plátano etc.

#### **ABONOS DE ORIGEN ANIMAL.**

El estiércol es una solución de abonadura muy usual; y está constituido por las heces y la orina de los animales, mezclados con paja, residuos de cosecha y otros materiales usados como cama ( Diaz-Rosales, 1986 ); el estiércol es una mezcla de excrementos sólidos y líquidos de animales estabulados, por lo cual también comprenden materiales usados como cama.

El estiércol de animales quizá no contiene un porcentaje tan alto de elementos nutricionales como los fertilizantes comerciales, pero es mejor que éstos para enriquecer el suelo, mantenerlo en buenas condiciones y aumentar su facultad para absorber y retener la humedad ( Tovar, 1985 ).

#### **ABONOS DE ORIGEN MIXTO.**

La "composta" es el producto de la degradación acelerada de restos vegetales y animales por actividad microbiana, esta degradación comprende la destrucción de compuestos orgánicos y complejos en sustancias más sencillas de fácil asimilación por parte de las plantas. ( Aguilera, 1972; Brady, 1974; citados por Díaz-Rosalés, 1986 ).

Según Deffis, (1991); la composta es un producto negro, homogéneo, de forma granulada; es un producto húmico y cálcico que por su aportación de oligoelementos al suelo tiene un valor muy apreciado.

Una composta es el proceso de una degradación de desechos sólidos llevados a cabo por microorganismos aeróbicos facultativos ( bacterias y hongos principalmente ), para producir un producto bastante estable, nutritivo y asimilable por las plantas. Levi et al ( 1955 ), Sun et editores ( 1974 ), Martínez ( 1974 ), García (1974), Monroy y Viniegra ( 1981) y Álvarez y Cruz (1986), citados por Espinosa, ( 1987 ).

Este sistema de aprovechamiento de los desechos orgánicos se ha practicado ya desde hace varios años; en China se ha utilizado en gran escala el reciclamiento de los materiales orgánicos, recogiendo todos los abonos, conservándolos y empleándolos cuidadosamente en la agricultura para poder mantener la productividad del suelo.

En 1930, en países como Holanda y Dinamarca inician la compostación moderna mediante una descomposición aeróbica y manejo mecanizado.

En 1952 se dió el primer avance de la compostación desarrollado por Howard en la India, obteniendo una composta de una buena calidad a través del método "Indore", que consiste en la apilación de capas de estiércol y material orgánico, volteando cada tres meses e incorporando los lixiviados para mantener la humedad deseada ( Fromm, 1974 citado por Díaz-Rosalés, 1986 ).

Las compostas, constituyen una de las soluciones para poder mantener la fertilidad del suelo, sin la utilización de fertilizantes químicos que contaminan y degradan el mismo; dentro de lo aporta al suelo y por lo que es apreciada, se puede citar lo siguiente :

a) **Actividad Física** : Evita la formación de costras; facilita el laboreo; mejora la aereación de las raíces, incrementa la capacidad de retención del agua con la consiguiente economía de la misma, y regula la permeabilidad y drenaje de los suelos.

b) **Actividad Química** : Con la arcilla se forma un complejo arcillo-húmico que funciona como regulador de la nutrición vegetal, aumenta la capacidad de intercambio de iones y mantiene el fósforo en estado asimilable.

c) **Actividad Biológica** : Revitaliza las actividades de los microorganismos al aportar nutrientes al suelo.

En el concepto de una agricultura sostenible puede ser utilizado este sistema, que mantiene la productividad del suelo, no contamina y además se puede lograr la disminución de los costos debido a que disminuye la utilización de fertilizantes químicos.

#### **Vermicomposteo.**

Entre los métodos de compostación se encuentra uno denominado vermicomposteo, vermicultura o lombricultura el cual utiliza a las lombrices como descomponedoras del material orgánico, que significa una excelente alternativa para el manejo sostenido del suelo y que se está utilizando con resultados positivos, en invernaderos, en plantas forestales y en el cultivo a cielo abierto de plantas con interés hortícola.

El vermicomposteo se define como sigue :

Proceso biológico que acelera la transformación y la estabilización de un sustrato orgánico mediante la cría de lombrices de tierra, que con su metabolismo natural transforman las sustancias orgánicas en sustancias húmicas de excepcional valor en términos de sus propiedades para el crecimiento de las plantas ( Instituto de Ecología A.C. año 1994 ).

Proceso que consiste en la humificación acelerada de la materia orgánica por la acción de las lombrices, bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. permite por lo tanto el aprovechamiento de todo tipo de desechos orgánicos con fines agrícolas.

*Explotación intensiva de las lombrices con la finalidad principal de la obtención de vermicomposta (humus), que es un fertilizante bio-orgánico resultado de la digestión de sustancias orgánicas en descomposición por la lombriz ( Lombricultura Mexicana S.A. ).*

La crianza masiva de lombrices que se alimentan de los residuos orgánicos en descomposición y que, con su natural metabolismo, los transforman en sustancias biofertilizantes y productoras de humus de excepcional valor en términos de sus propiedades para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas y el crecimiento de las plantas.

Las lombrices son las principales responsables del "laboreo biológico", las cuales realizan dentro de sus actividades vitales túneles, ingiriendo todo lo que esta a su paso, avanzando por el terreno, y depositando sus deyecciones en el mismo, convirtiéndolo así en un suelo mucho más fértil; removiendo las capas del suelo, mejorando consecuentemente sus condiciones físicas, permitiendo el intercambio gaseoso, así como una mejor aireación y drenaje, mejorando considerablemente su estructura.

*Las lombrices de tierra han sido utilizadas en Nueva Zelanda para la recuperación de zonas forestales con resultados satisfactorios ( Bouche, 1985; Springelt, 1983; López, 1989 ).*

Binet and Treher, 1992 ( citados por Vargas-Yáñez , 1994 ) observó en *Lombricus terrestris* alimentado con rye-grass por 85 días el grado de incorporación al suelo de nitrógeno y estimaron que fue de 0.14 mg/gusano vivo/día, lo cual indicaba una renovación de nitrógeno del 10%.

*Lo anterior por lo tanto, significa algunas de las razones por las cuales se propuso la utilización de las lombrices para el reciclaje del material orgánico.*

## VI. POTENCIAL DE USO DE LAS LOMBRICES.

Las lombrices han sido conocidas desde tiempos inmemoriales, y el antiguo Egipto se consideraba a la lombriz como un animal sumamente valioso, a tal extremo, que se tenían previstos castigos muy rigurosos, incluso la pena de muerte para quien intentará exportar fuera del reino una sola lombriz. La fertilidad del Valle del Nilo, por todos conocida, se debe en su mayor parte, al incansable trabajo de estos animales.

El uso de la lombriz en los sistemas agrícolas es antiguo, ya los romanos como Catón, Varón y Columella las mencionan en sus tratados de Agricultura, escritos entre el siglo II a. C. y el siglo I de nuestra era.

Los primeros estudios profundos que se hicieron sobre el tema, y las primeras nociones sobre el hábitat y el sistema de reproducción de las lombrices datan de 1837, estos estudios e investigaciones fueron dirigidas por el biólogo Carlos Darwin ( Ferruzi, 1987 ), quién hace aproximadamente un siglo demostró la habilidad de las lombrices para encontrar las hojas que le sirvieran de alimento, y que dicha habilidad podría ser debida a receptores por contacto y distancia ( Guzmán, 1984 ).

Es a través de estas investigaciones realizadas, se logra hacer notar la importancia de estos animales y el relevante papel que desempeñan dentro del ecosistema. Darwin en su libro "La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices" (1881) afirma "probablemente el hombre reconocerá algún día la gigantesca obra que realizan estos anélidos" ( Russell, 1968 ).

Darwin, establece además la importancia de estos animales en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, y demostró la gran cantidad de suelo que ellas movilizan e impulsó el interés de muchos científicos en el estudio de sus hábitos y su papel en los suelos. Por otra parte hace notar sobre la gran cantidad de suelo que puede mover en un año; Darwin estimó que algunos pastos cercanos a su casa podían formar una nueva capa de suelo de 18 centímetros de espesor en 30 años, o que podían llevar a la superficie cerca de 50 toneladas de suelo por hectárea, cantidad suficiente para formar una capa de 0.5 centímetros de profundidad al año ( Russell, 1968 ).

El uso tradicional y más conocido de la lombriz es como cebo de pesca; y fué con esta finalidad que se inició su cultivo.

El mercado de los pescadores ofrece excelentes perspectivas a los criadores de lombrices. El cultivo de las lombrices nació y se desarrolló en América; por Hugh Carter, primo del ex-presidente de los Estados Unidos en 1947 comenzó a criarlas en un ataúd. 25 años después, Carter se encontraba en posición de suministrar a las tiendas de caza y pesca 15 000 000 de lombrices al año. ( Compagnoni, 1983 ).

No fue hasta después de la segunda guerra mundial que se comenzó a promover la manipulación de la estructura y fertilidad del suelo con poblaciones de lombrices inoculadas en el campo ( Barrett, 1949 citado por Edwards, 1988).

Para 1973, la Universidad Agrícola de California empezó a trabajar con mayor seriedad sobre la utilización de las lombrices en la agricultura. ( Ferruzzi, 1987 ). Se considero entonces a la lombriz como un animal ecológico excelente que transforma todos los residuos de la sociedad humana.

Dentro de las formas de utilización agrícola de las lombrices está sin duda alguna la transformación de grandes cantidades de desechos orgánicos como estiércol, lodos, barros o bien desechos orgánicos tales como pulpa de café.

Dentro de las posibilidades de uso y de explotación de las lombrices se pueden citar las siguientes:

#### **Transformación de residuos industriales y urbanos.**

Las lombrices, se pueden utilizar para la transformación ecológica de cualquier tipo de materiales de origen orgánico bio-degradable, como desechos sólidos urbanos, barros de las depuradoras de agua, residuos de fábricas de papel, de la industria cervecera, de comedores, y de las industrias alimentarias en general.

De acuerdo con un informe de la Universidad de Taiwan, 20 millones de lombrices podrían encargarse de 80 toneladas métricas de barro por cada día, o sea, unos 5 gramos de barro por lombriz al día, constituyendo todo esto una riquísima fuente de abono orgánico ( Jayaraman, 1983 citado por Narro, 1985 ).

En los Angeles, se eliminaron en menos de un mes casi 8 toneladas de desecho con el cultivo de lombrices. Para eliminar otras 10 toneladas de desechos, las lombrices emplearon menos de 80 días ( Compagnoni, 1983 ).

#### **Alimentación animal.**

La carne de la lombriz contiene, de acuerdo con ciertos estudios del 68% al 82% de proteínas; además de este valor proteico tan elevado, la lombriz esta totalmente exenta de enfermedades (Ferruzzi, 1987). Sin embargo, existen algunas diferencias entre autores respecto a este porcentaje, Sabine, 1983 ( citado por Aranda, 1988 ) menciona que la proteína contenida es del orden del 58 al 71%, y señala que es importante para la alimentación animal, por la presencia de una fracción importante de aminoácidos esenciales.

Estos factores hacen que su carne sea particularmente indicada para el consumo de los animales criados en cautiverio, ya sea como la base de la alimentación o como parte integral de su alimentación. Es recomendada para la explotación de pollos, gallinas y piscifactorias como por ejemplo las explotaciones de truchas:

*Sabine, 1983 citado por Aranda, 1988 señala que en varias pruebas realizadas, los resultados sobre aquellos animales que fueron alimentados con lombrices resulto ser mejor o igual a aquellos presentados por animales alimentados con fuentes de proteína convencional.*

#### **Alimentación humana.**

Aunque inicialmente esto parecería repugnante, se debe recordar que desde hace milenios, algunas de las poblaciones del continente africano, se alimentaban diariamente con un tipo de lombrices existentes en las selvas ecuatoriales, encontrando en este tipo de alimentación una fuente importantísima de energía.

Los Chinos desde hace más de 2 000 años comen lombrices no solo ocasionalmente, sino como fuente de alimentación alternativa ( Ferruzzi, 1987 ).

En Filipinas, la cría de lombrices constituye la última moda, estos animales se están convirtiendo en moneda corriente. Las lombrices disecadas y en polvo se utilizan con creciente frecuencia en la elaboración de alimentos de todos los días, tales como pan, galletas, fideos y sustitutos de carne ( Jayaram, 1983, citado por Nairo, 1985 ).

Así mismo los indígenas de este país destinan un tipo de lombriz tropical, comestible, como remedio para el reumatismo.

Actualmente en los Estados Unidos se convoca anualmente a concursos de gastronomía basados en la utilización de las lombrices, de tal manera que no sólo la premiación es lo que interesa, sino que se busca sensibilizar a la gente en la utilización de esa carne.

#### **Enriquecimiento de los terrenos.**

Las lombrices ayudan a mantener el "ciclo de la fertilidad", ya que existen interacciones bióticas donde hay contribución de varios organismos en la ecología de la descomposición.

Partiendo del problema de los terrenos que se han vuelto estériles por el abuso de los fertilizantes químicos, pesticidas y el uso intensivo durante periodos prolongados de tiempo de maquinaria, siempre es posible recuperarlos mediante la inoculación directa de lombrices al suelo. Se ha hecho evidente que la acumulación de excremento puede ser el responsable de una fracción significativa de la mineralización previa, atribuida a la microflora ( Ruz-Jerez et al; 1992 citado por Vargas- Yañez, 1994 ).

La adición de lombrices al suelo puede incrementar el rendimiento y el peso seco de las raíces hasta un 70%, en trabajos realizados en macetas con frijol en cantidades de 0, 5, 10 y 20 lombrices, se observaron las modificaciones hechas al suelo tales como una mejor aireación, mejor drenaje y fertilidad ( Edwards y Lofty, 1977 ; Vargas-Yañez 1994 ).

Edwards, C.A. y Bate, ( 1992 ) citados por Vargas Yañez, 1994 hacen mención de algunos de los resultados obtenidos en investigaciones, entre las que están el uso de las lombrices en el mejoramiento del suelo.

Se inocularon las siguientes especies de lombrices : *Lumbricus terrestris* L., *Aporrectodea longa* (Ude), *Aporrectodea caliginosa* (Sav.) y *Allophora chlorotica* (Sav.) en el suelos con un perfil intacto, en parcelas aradas, y sitios con poca o ninguna lombriz.

En estos estudios las lombrices inoculadas incrementaron significativamente en número y tasa de crecimiento y el rendimiento de las plantas. Stockdill and Cossens (1959) introdujeron con buen éxito lombrices en prados de Nueva Zelanda; tales inoculaciones incrementaron entre 1.28 y 2.11% el rendimiento del pasto.

Experimentalmente se ha demostrado 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 excretas incrementan el número de agregados estables o sus mismas galerías mejoran las condiciones de aireación, porosidad y drenaje, pudiendo llegar a constituir estos espacios hasta un 30% del volumen de un suelo ( Edwards, 1977 ).

Ferruzzi, ( 1987 ); menciona que la incorporación de las lombrices al suelo debe hacerse una vez que el suelo haya sido roturado a una profundidad promedio de 25 centímetros, para luego aplicar materia orgánica, que será la cama de las lombrices, por un espacio de 6 meses. Posteriormente se da un riego abundante, cuidando de no anegar el terreno, y en seguida se adicionan las lombrices en una cantidad aproximada de 50 lombrices por m<sup>2</sup> . Una vez realizada esta actividad, el terreno debe estar sin cultivar 12 meses, tiempo suficiente para que las lombrices hayan digerido el alimento, y puedan además reproducirse adecuadamente.

En estudios realizados para conocer más acerca de la ecología de las lombrices realizado por el College Park, de Maryland, se vio que estos organismos seguían un ciclo reproductor diferente. En césped, las jóvenes lombrices eran las menos en primavera y alcanzaban su mayor desarrollo en otoño. Las cifras de las lombrices maduras estaban precisamente cambiadas. En otoño, antes de ser tolerantes al frío, la nueva generación era fácilmente exterminada por congelación.

De aquí que, en los suelos cultivados, al quedar al descubierto, la población de las lombrices se reduce seriamente en otoño por una repentina helada, a menos que la superficie del suelo se cubra con residuos vegetales de cualquier clase, esto quiere decir que debe cuidarse siempre que el suelo tenga una cubierta vegetal de tal forma que no sólo se evita la erosión, sino que también ayuda a que las lombrices puedan mantenerse activas.

No obstante, en regiones en las cuales el suelo helado es lo normal, las lombrices no sólo adquieren tolerancia al frío, sino que también emigran a horizontes más bajos donde las temperaturas son más favorables. ( Buckman, 1977 ).

La actividad de las lombrices puede incrementar potencialmente el crecimiento de los cultivos por muchos motivos; por ejemplo, incrementa los nutrientes, mejora las propiedades físicas del suelo, mejora los agregados del suelo e incrementa la tasa de infiltración.

Otra de las razones más frecuentes que se pueden citar del beneficio de las lombrices, es el mejoramiento en el crecimiento de las raíces, ya que las raíces tienden a seguir las vías de menos resistencia (Mba, CC 1989).

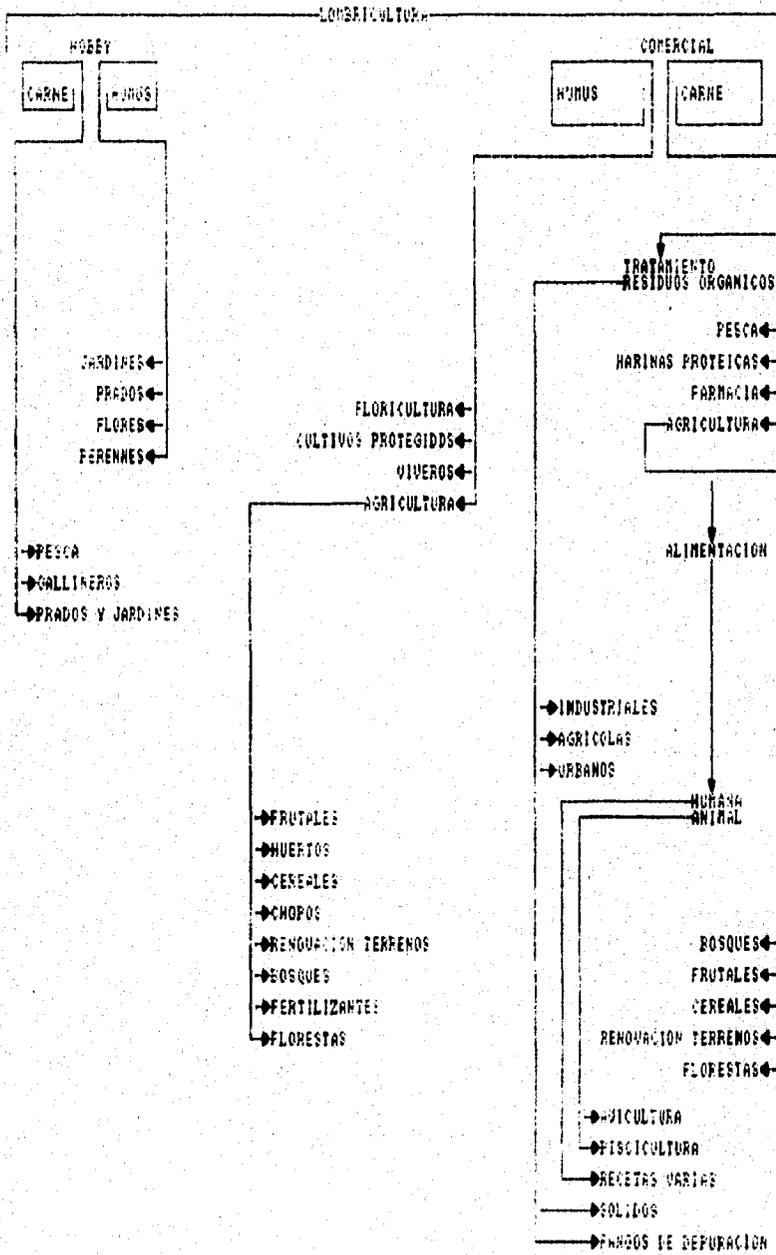
Al inocular lombrices y adicionar estiércol vacuno, hay un incremento en el pH, nitrógeno inorgánico y el número de bacterias también aumenta. La actividad de *Eisenia fetida* en el suelo enriquecido con estiércol, activa aún más el movimiento de las bacterias (Opperman et al; 1987 citado por Vargas-Yáñez, 1994).

#### Vermicomposteo.

Uno de los usos más importantes de la lombriz, es la transformación de los desechos orgánicos en humus. Con instalaciones de compostaje o transformación de humus, se ha resuelto en parte la problemática de los basureros, de ahí que se ha empezado a separar varios materiales, como por ejemplo el papel, el cartón, el vidrio y el plástico, lográndose obtener desechos orgánicos (aprox. 50 a 60%) bastante limpios y dispuestos para ser transformados en excelente abono.

Todo lo anterior se puede resumir en el siguiente esquema :

# USCS



Las fuentes generadoras de desechos orgánicos que originan un grave deterioro ambiental, son los lodos activados, los desechos domésticos y de animales así como los desechos orgánicos e industriales.

Un programa hecho en Rothamsted en el año de 1980 sobre el uso de las lombrices, probó la degradación de materiales tales como estiércoles de animales como el de puerco, gallinas, pavos y patos, caballos y conejos para posteriormente extenderse a desechos industriales y agrícolas como por ejemplo los desechos de las papas, de la cervecera y de la pulpa del papel. Dicha investigación tuvo dos fines principales :

1) convertir los desechos animales y orgánicos en materiales útiles que pudieran ser empleados en suelos agrícolas y poder mejorar la estructura y fertilidad de los suelos, y

2) que el producto aún no procesado completamente de las lombrices fuera útil para la alimentación y explotación de animales tales como peces, aves de corral y puercos. (Edwards, 1988).

Todo esto representaría una posibilidad de fertilidad de los suelos, y al mismo tiempo se lograría la disminución del uso de los fertilizantes, sustituyéndolo por vermicomposta, lo que contribuiría a aumentar y mejorar la producción del cultivo al que se aplique, de tal manera que no sólo se lograría disminuir los costos de producción sino también se lograría hacer uso de los desechos, disminuyendo con ello la generación de basura.

La fertilidad del suelo es una de las respuestas a la acción de las lombrices, y se ve incrementada notablemente. Se menciona que cerca de 100,000 lombrices pueden transformar en humus de 25 a 30 toneladas de abono verde o de estiércol por hectárea por año ( Flores y Alvira, 1987, citado por Vargas-Yáñez, 1994 ).

El interés para conocer el potencial de las lombrices es cada vez mayor de tal manera que se está valorando más objetivamente su productividad, aprovechando de la mejor manera las posibilidades que ofrece su cultivo.

Resumiendo algunas de las funciones de las lombrices se pueden citar las siguientes :

1) Acelera la mineralización

2) Aceleración de la descomposición de la materia orgánica

- 3) Favorece la aireación del suelo
- 4) Favorece el drenaje del suelo
- 5) Mejora notablemente 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) Existe la probabilidad de que disminuya el ataque de plagas y enfermedades

#### GENERALIDADES DE LAS LOMBRICES.

Mucha gente considera a la lombriz como el "basurero del mundo" por su capacidad de alimentarse de cualquier tipo de desecho vegetal y animal; la lombriz excava galerías ingiriendo todo lo que encuentra a su paso y mientras realiza esta operación, propicia que un terreno seco y estéril pueda convertirse en uno mucho más fértil de lo que hubiera conseguido transformar los mejores fertilizantes químicos.

Las lombrices de tierra, pertenecen al reino animal, Phylum Annelidae, existiendo dentro de este 4 clases :

*Polychaeta*  
*Archannelida*  
*Oligochaeta*  
*Hirudinea*

( Weisz, 1985; García-Pelayo, 1989; Ville, 1987, citados por Vargas-Yañez 1994 ).

Entre las lombrices más importantes del suelo, se encuentran las de la clase *Oligochaeta*, con 2,400 variedades aproximadamente, las cuales constituyen la organización más desarrollada de los anélidos ( Compagnoni, 1985 ).

La clase *Oligochaeta*, se caracteriza esencialmente por poseer una cabeza reducida y desprovista de apéndice; carecen de parapodos cuentan con quetas en número escaso, son hermafroditas; y entre los géneros más sobresalientes se encuentran : *Lumbricus*, *Eisenia* y *Megascolides*.

Los oligoquetos son gusanos finos y alargados, no tienen ojos, y por lo tanto no pueden ver, pero poseen un sentido al tacto muy desarrollado y un gran número de células sensoriales ( Ferruzzi, 1987 ), que pueden percibir el grado de acidez o de alcalinidad del terreno, así como los estímulos luminosos.

Las lombrices son animales de sangre fría y viven escondidas en la tierra donde excavan galerías, habitan en lugares oscuros por que los rayos del sol son capaces de deshidratar su fina cutícula transparente, secretada por las células de la epidermis ( Vargas-Yañez, 1994 ), esta fina capa tienen la función de llevar a cabo los intercambios gaseosos respiratorios al absorber oxígeno a través de la epidermis ( Compagnoni 1983 ).

Esta dotada de una especie de grietas cortas y robustas (metámeros) que sobresalen de su cuerpo ( 8 en cada segmento ) y contribuyen a la locomoción del animal que se realiza de manera singular y característica; mientras que un grupo de metámeros se alarga y se desplaza hacia adelante, el grupo contiguo se dilata y se contrae y viceversa ( Ferruzzi, 1987 ); avanza en la tierra arrastrándose sobre el terreno, esto puede hacerlo así, por que su cuerpo esta dotado por una serie de anillos que son capaces de adherirse en el mismo. Para avanzar, la lombriz fija los anillos anteriores en el terreno, encoje el resto del cuerpo hacia la parte anterior ( boca ) y se fija, los anillos posteriores a continuación liberan los anillos anteriores y, empujando con la parte posterior del cuerpo la parte anterior, inicia el movimiento de avance y es en esta fase cuando abre la boca para poder alimentarse.

En cada metámero se ubican 5 pares de corazones y un par de riñones, siendo esta la razón por la que una parte de la lombriz sobrevive si es partida a la mitad ( la parte anterior ).

Dotada de un extraordinario aparato digestivo, la lombriz es capaz de comer gran cantidad de desechos orgánicos y estiércol, algunas de las especies poseen la enzima celulasa en la mitad anterior del tubo digestivo, otras poseen quitinasas, por lo que pueden digerir celulosa o tejidos vegetales y quitina de hongos e incluso cutícula de insectos. Para comer, la lombriz chupa la comida a través de su boca alimentándose principalmente de materias en estado de putrefacción ( Compagnoni, 1983 ). En su sistema digestivo existe una simbiosis con bacterias que son las que ayudan a la mineralización de los nutrientes

Su aparato digestivo esta compuesto por una faringe musculosa, que no es evaginable, esta desprovisto de dientes y su largo tubo digestivo se divide en esófago, buche, molleja e intestino.

Un rasgo característico del esófago es la existencia de glándulas calcíferas, órganos más bien excretores que digestivos cuya función es liberar el exceso de calcio absorbido con el alimento y mantener un pH constante en la sangre ( Guzmán, 1984 ), dichas glándulas se encuentran a los costados del animal, secretan iones de calcio en el tubo digestivo, reduciendo de este modo su concentración en la sangre; el buche es un ensanchamiento del tubo digestivo destinado a almacenar los alimentos y la molleja es un compartimiento de gruesas paredes musculares en cuyo interior se tritura el material ingerido.

El resto del tubo digestivo, es el intestino en donde se lleva a cabo la digestión, absorción y excreción (Weisz, 1985; Ville, 1987; Vargas-Yañez, 1995 ).

El sistema vascular es bastante complejo, en él los metámeros, que posee entre la faringe y el estómago, están bastante dilatados y hacen las veces de corazones (Compagnoni 1983).

Poseen un vaso sanguíneo subneural situado a lo largo de la cara ventral del cuerpo entre la pared de éste y el cordón nervioso. La circulación sanguínea es mantenida por cinco pares de "corazones" contráctiles que son vasos de conexión entre los vasos dorsal y ventral en los segmentos 7 a 11 del gusano ( Weisz, 1985 citado por Vargas-Yañez, 1995 ).

La lombriz está dotada de nefridios ( 2 por cada segmento), sencillos tubitos cuya función es eliminar los productos de desecho, la lombriz además tiene la propiedad de desodorar los excrementos independientemente de su alimentación ( Compagnoni, 1985 ).

Las lombrices son hermafroditas, sin embargo son incapaces de autofecundarse, y se reproducen recíprocamente por fecundación cruzada. Cada lombriz está dotada de un aparato genital masculino y un aparato genital femenino.

El aparato genital masculino se encuentra situado en la parte anterior de la lombriz, muy cerca de la boca. Los testículos son pares y cada par está encerrado en una bolsa testicular, las cuales sirven como almacén espermático en las que maduran los gametos expulsados por los testículos.

En cada bolsa testicular hay un par de espermiductos que se conectan a los gonóporos masculinos. En algunos oligoquetos la parte final del espermiducto está contenida en un pene evaginable; en otro de los segmentos se encuentran las espermatecas, un par por segmento, cuya función es la de recoger y almacenar los espermatozoides recibidos de otros gusanos en el momento del apareamiento ( Weisz, 1985 citado por Vargas-Yañez, 1994 ).

El aparato genital femenino se encuentra en una posición relativa posterior al aparato genital masculino ( Ferruzzi, 1987 ). Este, consiste en un par de ovarios y un par de oviductos que contienen sacos ovigeros que van a diferentes segmentos en los que se hallan los gonóporos femeninos ( Wesz, 1985 citado por Vargas-Yañez, 1994 ). El aparato femenino recibe el espermia y lo retiene ahí hasta el momento de la fecundación.

Dos lombrices en fase de acoplamiento giran en sentido opuesto la una de la otra, de esta manera pueden contactar el aparato genital masculino de una con el aparato genital femenino de la otra, y en esta posición permanecen las dos inmóviles hasta un cuarto de hora; así, en cada acoplamiento, una lombriz recibe el espermia de la otra y lo retiene en su propio aparato genital femenino hasta su fecundación ( Ferruzzi, 1987 ).

Durante este lapso de tiempo se intercambian espermatozoos, los cuales no fertilizan inmediatamente, sino que por un tiempo quedan depositados dentro de unos revestimientos viscosos, a través de la de extremidad cefálica, situada a un tercio de la longitud del cuerpo llamado clitelio, estas glándulas producen el capullo o cápsula (cocon).

Las huevas producidas por la lombriz, tienen un diámetro de 1/8 de pulgada y tienen forma de limón (Abe *et al*, 1977 citado por Narro, 1985 ). Según el mismo autor, cada huevo produce de 2 a 10 lombrices que emergen después de un período de incubación de 3-5 semanas.

Las huevas fecundadas, varían en número entre 4 y 20, están contenidas en el interior de una cápsula que, en condiciones ambientales favorables se abre; en el momento del nacimiento, las crías rompen la envoltura que ha adquirido un color más oscuro, el número de lombrices varía entre 2 y 21 dependiendo de la especie ( Ferruzzi, 1987 ).

Estas pequeñas lombrices, que son iguales a las adultas, pero de color blanco y más pequeñas; a partir del tercer día van tomando un color rosado, alcanzan la madurez sexual al cabo de dos a tres meses, y a partir de entonces pueden aparearse; en condiciones favorables, la copulación y la producción de huevas varía entre 3 a 5 días entre un apareamiento y otro.

Desde el mismo momento de su nacimiento, las lombrices son autosuficientes; comen solas y solo necesitan para sobrevivir que el sustrato donde se encuentren sea lo suficientemente húmedo y tierno para poder perforarlo por su minúscula boca.

La lombriz de tierra puede llegar a vivir hasta 10 años ( Abe et al, 1997 citado por López 1989 ).

Se ha estimado que dos mil lombrices adultas pueden producir un millón de lombrices por año y cerca de mil millones en dos años; esto indica que, dependiendo de las condiciones del medio, la población se duplica cada 60 a 90 días.

## VII. EXPLOTACIÓN DE LAS LOMBRICES PARA USO AGRÍCOLA.

Al paso que vamos, llegará un momento en que estaremos completamente inundados por los desechos y la basura, este problema puede ser afrontado con la técnica del vermicomposteo en donde lombrices con su incesante trabajo de regeneración pueden transformar en un 100% los desechos, así como el fango y los lodos en abono orgánico, logrando con ello disminuir la generación de basura.

Entre los géneros más sobresalientes, y que son potencialmente útiles para la elaboración de vermicompostas, que representan una alternativa muy importante para considerarlas en el contexto de la agricultura sostenible, se encuentran: *Eisenia fetida fetida*, *Perionix excavatus*, *Dendrobaena veneta*, *Eudrilus eugeniae*, *Allolobophora molleri*, y *Lumbricus terrestris*.

La más usual, y que ha dado mejores resultados es la *Eisenia fetida*, sobre todo debido a su fácil manejo y adaptabilidad, además de su extraordinaria capacidad de humificación, ya que en dos horas, descompone el material orgánico digerido.

De las especies mencionadas, *Eisenia fetida* es la que ha convencido más, tanto a los investigadores como a los productores de vermicomposta. Esta es la especie de la que se han obtenido los mejores resultados debido a ciertas características particulares ( cuadro 1 ).

Cuadro 1. Características de *E. fetida Andrei*

SOBREVIVENCIA	10 A 30°C
LONGEVIDAD	1000 Días a 25°C
MADURACION	4.5 A 5.5 Semanas a 25°C
No. DE EMERGENCIAS PROMEDIO	2 individuos/capullo
PERIODO DE INCUBACIÓN	11 días a 25°C
TASA DE MORTALIDAD	0.1% A 25°C

Según Edwards. (1988) con *Eisenia fetida* se obtuvo el mejor resultado en el procesamiento de desechos orgánicos; *Eisenia fetida* es considerada como la mejor, ya que esta lombriz se encuentra en todas partes, y en muchos desechos orgánicos pueden colonizar naturalmente, el medio ambiente en el que se desenvuelve puede ser variable ya que tiene una tolerancia amplia de temperatura, aunque se desarrolla mejor a temperaturas constantes de 25°C, e igual es la situación en lo que respecta a la humedad; es una lombriz fuerte que puede ser fácilmente manipulada, y es sumamente prolífica; y bajo condiciones óptimas resulta ser ideal para la producción de proteínas

Existen dos subespecies, *E. fetida fetida* y la *E. fetida andrei*; esta última, es de color rojo vinoso uniforme, mientras que *Eisenia fetida fetida* tiene una banda roja que alterna con otra no pigmentada (cebrada), tiene una longitud de 60 a 90 mm y un grosor de 3-4 mm, con 80-110 segmentos; posee una cabeza epibólica, quetas suaves ornamentadas. Su clitelio se localiza en los segmentos 24 al 32. La subespecie *andrei* es la que se utiliza para el vermicompostaje debido a que no presenta el líquido amarillento y de olor desagradable de la otra subespecie (Flores y Alvira, 1987 citados por Vargas-Yañez 1994).

#### MANEJO DEL CULTIVO DE LAS LOMBRICES.

Como ocurre en cualquier actividad productiva, para formar un buen cultivo de lombrices, es preciso seguir ciertas reglas. Y tener siempre presentes las necesidades óptimas de las lombrices, para evitar con esto una alta morbilidad.

La lombriz vive en lechos o cúmulos de los desechos orgánicos o bien de estiércol, que constituyen su casa y su alimento al mismo tiempo; es evidente, por lo tanto, que habrá que poner mucha atención en como se disponen los lechos, siendo ésta la primera fase de un cultivo y la más importante.

Existen diversos métodos de crianza de las lombrices. Una es al aire libre, donde los lechos son colocados directamente sobre el suelo, sin instalaciones ni estructuras de ningún tipo, del modo más sencillo y menos costoso; sin embargo, es importante considerar los inconvenientes al establecer un cultivo al aire libre, debe tenerse siempre presente que los lechos deben permanecer húmedos, cuidando siempre que en caso de lluvias abundantes no se estanque el agua, además de considerar que se deben dar riegos en época seca.

Cualquier día del año es válido para iniciar una explotación de lombrices. Existen sin embargo, épocas más favorables; las mejores épocas son las comprendidas entre los meses de marzo y septiembre-octubre ya que en estas fechas las lombrices no se verán afectadas por las diferencias de temperatura.

Se puede comenzar por etapas y gradualmente ir tecnificando la producción; al inicio de la explotación se puede producir sólo con lo más indispensable; si se cuenta con una carretilla, una manguera para el riego y un tamiz para cribar la vermicomposta, se pueden cubrir una superficie de hasta 2 000 m<sup>2</sup>.

El cultivo de las lombrices se divide en cuatro fases :

- 1) Instalación general del cultivo, que se refiere a la preparación del lecho y la adición de las lombrices.
- 2) Alimentación regular, ajustándola de acuerdo a las características del cultivo y a la producción que se quiera obtener, con riegos periódicos.
- 3) División de los lechos cada vez que sea necesario y según el objetivo de la explotación.
- 4) Recolección del abono orgánico.

Todo lo anterior son bases generales que se deben considerar, sin que haya que ajustarse a ningún tipo de condiciones específicas, sino a las posibilidades del productor, teniendo en cuenta los objetivos que se pretendan alcanzar, ya que pueden tener fines simplemente familiares para el aprovechamiento de los desechos domésticos; o bien pudiera ser para la transformación de desechos de tipo industrial, de grandes cantidades de desechos orgánicos.

Los aspectos más importantes para el crecimiento y desarrollo de las lombrices, son la humedad, temperatura y el tipo de alimentación y de tener siempre en cuenta, independientemente de las instalaciones.

Los requerimientos ambientales son variables de acuerdo a la especie, al estado de desarrollo y al tipo de alimento suministrado; sin embargo, se han encontrado algunos rangos óptimos para tales factores. ( Reinecke and Venter, 1985; Vargas-Yañez 1994 ).

**1) Requerimientos ambientales indispensables para la instalación del lecho y adición de las lombrices.**

Para lograr un buen establecimiento de las lombrices se deben tener las condiciones del medio adecuadas para su desarrollo, con una temperatura óptima de 18 a 20°C, siendo que temperaturas de 0°C, y superiores a 26°C son letales ( Morgán, 1975 De Calista, 1978; García, 1978 citados por Narro, 1985 ).

González, 1978 ( citado por Narro, 1985 ) hace mención de la importancia de la humedad de la cama, siendo este un factor importante que no hay que dejar de considerar ya que la falta o exceso de humedad afectan directamente a la producción y reproducción de la lombriz; menciona que la humedad óptima puede determinarse siguiendo un método muy sencillo: tomando un poco de material de la cama con la mano, se aprieta y si la humedad es suficiente deberá ecurrir una o dos gotas de agua, y al dejarlo caer no debe quedarse pegado en la mano y debe partirse.

Compagnoni 1983, menciona que la humedad óptima va desde 70-85% , y que una humedad superior al 85% es muy dañina para las lombrices haciendo que disminuya su producción, y que con una humedad inferior de la citada puede la lombriz trabajar y reproducirse, pero en menor proporción, ya que disminuye su actividad debido a que les resulta más trabajoso asimilar la comida y moverse en el interior de la cama en busca del alimento.

El pH óptimo es el cercano a la neutralidad ( Arana, 1992 citado por Vargas-Yañez, 1994 ).

El pH debe ser controlado en las camas de las lombrices, procurando un rango de 6.8 a 7.0 ( Según Chee, 1977 citado por Narro, 1985 ).

Un pH menor a 5.5 y superiores a 8.0 provocan detrimento en el crecimiento y en la actividad reproductiva. ( De Calista, 1978; García, 1978; citados por Narro, 1985).

Cuando llega el momento de la adición de las lombrices; se deben considerar otro de los factores importantes dentro de la explotación intensiva, la densidad, ya que si existe una alta población de lombrices en el lecho, puede disminuir notablemente la producción del humus debido a que no son tan activas, además disminuyen su capacidad reproductiva.

También se puede señalar que algunas de las lombrices pueden nacer deformes y feas, con la probabilidad de morir más rápido, siendo ésta una de las respuestas que tienen los organismos al tratar de mantener y regular el equilibrio en la población.

## 2) Alimentación.

La alimentación es uno de los factores más importantes para que la explotación tenga éxito, ya que ésta representa el lugar donde se van a desarrollar; si el alimento es el correcto y de calidad, las lombrices podrán reproducirse mejor y podrá además cosecharse abono en cantidades satisfactorias y de buena calidad.

Se debe cuidar el espesor de la capa de alimento esto es dependiendo de la época o mes, y en función sobre todo de las temperaturas exteriores; en los meses más calurosos la capa alimenticia será más fina que en los meses fríos, esto es debido a que en los meses calurosos los peligros de fermentación y recalentamiento son mayores. La distribución del alimento también es importante considerar, se debe de cuidar siempre de dejar un cinturón perimetral de unos 10 a 15 centímetros de ancho, sin alimentación. Estos pasillos laterales constituirán un elemento de seguridad en caso de que el alimento en cuestión fuera rechazado por las lombrices o sufriera fermentaciones no deseables.

Debe procurarse también mantener húmedos los montículos del alimento que se les va a suministrar, esto tiene como propósito el que sea más desmenuzable y por lo tanto más fácil de engullir por las lombrices.

La comida en estado de fermentación es muy dañina para la lombriz, ya que ésta puede producir calor, desarrollándose con ello gases nocivos como el metano por ejemplo. Si se llena completamente el recipiente de materiales todavía en fermentación, se corre el riesgo de ahogar a todas las lombrices, puesto que ellas respiran por la piel y pueden morir ahogadas (Comptoni 1983).

González, 1978 (citado por Narro, 1985) señala que los estercoles de las especies domésticas son los ideales como alimento de las lombrices, cuidando que tengan la cantidad adecuada de proteína, ya que un alto porcentaje las daña causándoles ulceraciones a lo largo de su cuerpo, o un envenenamiento por el exceso de proteínas, lo que incluso provocaría que gran cantidad de lombrices puedan salirse de la cama. Les agradan particularmente las sales y los azúcares.

Según Compagnoni, 1983 la alimentación más indicada es la que tiene estiércol y menciona que se puede hacer uso del estiércol bovino, ovino o equino, siendo mejor el de conejo; y los menos indicados los de gallina.

*Sin embargo, se pueden alimentar de todos los materiales orgánicos que se desechen, como los desechos domésticos por ejemplo, se pueden alimentar también de hojarasca, pasto, restos de las cosechas, desechos de pulpa de café, etc., pero siempre hay que cuidar el manejo del alimento que se les proporcione, las hojas de nogal y castaño por ejemplo, son muy dañinas debido a que contienen ácidos tánicos.*

*Una variedad de materiales pueden utilizarse para la preparación de vermicomposta, entre éstos se encuentran los desechos de celulosa, una investigación realiza pudo comprobar el incremento en el peso de la lombriz de tierra; la reproducción fue más intensiva en un sustrato consistente de 100 gr., de estiércol de ganado vacuno, 50 gramos de suelo y 50 gramos de desechos de celulosa.*

De Calista, 1978; García, 1978; ( citados Narro, 1985 ) señalan que las lombrices pueden consumir del 10 al 30% de su peso vivo por día. Por otra parte González, 1978 ( citado por Narro, 1985 ) menciona que las lombrices consumen una cantidad de alimento equivalente a su peso vivo durante 24 horas.

Viljoen and Reinecke, 1992 ( citado por Vargas-Yañez 1994 ) señala que entre los materiales orgánicos que se pueden utilizar para su alimentación se encuentran los desechos municipales ( todos cloacales ) y residuos agropecuarios tales como estiércol de res y de cerdo, por su parte Dominguez and Edwards, 1994 ( citados por Vargas-Yañez 1994 ) señalan como un muy buen alimento, la pulpa de café.

En Cuba se han hecho varias investigaciones , de las que se pueden citar las de Díaz, Irene et al, 1992 ( citado por Vargas-Yañez, 1994 ), quienes evaluaron la vermicomposta *in situ* a partir de los desechos de plátano, así como sus efectos en el suelo; los análisis químicos revelaron que existía una adecuada relación C/N, y que una vez incorporado al suelo el porcentaje de saturación de bases se incrementaba, elevando así el pH y provocando con ello el desplazamiento de Ca y Mg, activando las fosfatasas básicas que remueven el fósforo orgánico que queda disponible para el cultivo.

### 3. División de los lechos.

Esta actividad se debe llevar a cabo para lograr la separación de las lombrices, de tal manera que se pueda facilitar la recolección del abono. También debe hacerse cuando se quieren desechar algunas lombrices.

### 4. Recolección del Abono.

Existen diferentes formas de recolección del abono, uno de ellos es por medio del uso de tamices de diferentes tamaños.

## EXPLORACIONES DE TIPO FAMILIAR.

Este tipo de explotación tiene un gasto mínimo, y se necesitan pocas horas y poca dedicación; se basa en una explotación que puede hacerse en cajas, que pueden tener dimensiones mínimas de 40 X 70 X 15 centímetros, y que pueden llegar a tener 1 metro de longitud, 50 centímetros de anchura y 20-30 centímetros de altura, usualmente las cajas son de madera, con la tapa y la base perforada, de manera que se permita la aireación y un buen drenaje ( Ferruzzi 1987 ).

Debe considerarse la ubicación de las cajas, que aunque puede ser muy versátil, debe procurarse que estén suficientemente aireadas y lejos de las fuentes directas de calor o de frío, y cuidar la cantidad de luz, que no debe incidir directamente sobre su hábitat, dado que los rayos directos del sol las pueden matar.

Para la alimentación será suficiente colocar en la caja los desechos orgánicos del hogar y los desechos de los jardines; incluso a falta de alimento pueden ser alimentadas con papel y cartón bien empapado en agua, ya que les agrada mucho la celulosa, o bien se les puede alimentar con aserrín y viruta de maderas de árboles pobres en resina, teniendo cuidado de las maderas rojas ya que se pueden tener taninos y es letal para las lombrices, así como también cuidar de las plantas resinosas en gran cantidad; a las lombrices también les gusta los residuos del café y té.

Una vez que se tenga establecido el criadero y no se desee ampliar, se pueden separar las lombrices pequeñas de las adultas, destinando las últimas a la alimentación de las gallinas, o de peces, o bien aplicarlas directamente a los jardines.

Con este método sencillo y económico, se logrará la transformación del desecho doméstico, y se disminuirá la generación de basura, logrando obtener abono útil para los jardines. Para la recolección del fertilizante, lo más recomendable es el uso de una criba o tamiz de aproximadamente 2 milímetros, que será suficiente, ya que la producción de abono no es grande.

Dentro de los diferentes tipos de explotación, el productor debe tener los conocimientos básicos para poder dirigirla con éxito, y en caso de que se decida por una explotación de tipo intensiva a gran escala se debe analizar nuevamente cuales son los objetivos de dicha explotación, ya sea para la obtención de carne, o bien para la obtención de abono orgánico.

### **EXPLOTACION COMERCIAL.**

La producción de lombrices con fines comerciales debe pensarse como cualquier otro tipo de producción; la explotación intensiva de las lombrices no resulta difícil, sólo se debe cuidar cada uno de los factores ambientales que permitan el buen desarrollo de la cría de lombrices.

Lo primero que se debe determinar, es si el producto que se quiere obtener es abono de la lombriz, o la lombriz misma; posteriormente, el mercado que va a tener producción y una vez determinados estos dos puntos, se procedería a la instalación del criadero para su explotación.

Dos aspectos son de fundamental importancia en la explotación de las lombrices. Cuando se ubique el lugar, se debe considerar que sea una zona en donde fácilmente se encuentre el material orgánico básico de la alimentación de las lombrices y que haya un fácil acceso para el transporte de los mismos, debe haber también disponibilidad de agua, y canales para el drenaje de las aguas de lluvia y de riego; y por otro lado, no debe haber árboles ni plantas resinosas como pinos, abetos, castaños o encinos.

Una vez que se haya logrado tener las características que anteriormente se mencionaron; se deben adquirir todos los materiales necesarios para las camas, el material con el que se van a dar los riegos y los utensilios indispensables para la cosecha del abono.

Para el caso de una explotación pequeña, como ya se había citado antes, basta la utilización de depósitos como cajones, cubetas, rejas o cualquier otro recipiente, siempre y cuando el recipiente permita drenar las cantidades excedentes de agua en el sustrato.

En escalas intermedias pueden utilizarse depósitos mayores formados por paredes de diferentes materiales como tabicones, madera, bambú, mallas metálicas etc., y pueden instalárseles cobertizos individuales o bien un cobertizo general que cubra los depósitos.

En explotaciones intensivas y grandes existen equipos e instalaciones más elaboradas que permiten tanto la incorporación de sustrato como el retiro continuo del abono ya formado. Para la separación de las poblaciones de lombrices del abono orgánico ya procesado, existen algunos diseños de tamices radiales con diferentes aberturas de malla que permiten también una clasificación del abono por tamaños de partículas.

El resto del equipo necesario para realizar estas explotaciones, según ya se había mencionado, son similares a equipos de jardinería, tales como carretillas, palas, rastrillos, bieldos, regaderas, mangueras, etc., pero que bien pueden ser sustituidos por equipo mecanizado para transporte, manipulación y envasado de materiales.

Sin embargo, además de estos utensilios es indispensable contar con un pHmetro o papel tornasol, y un termómetro; sobre todo si se trata de explotaciones a gran escala. El pHmetro servirá para controlar la acidez de los distintos sustratos y lechos de producción, el termómetro es útil para estimar la finalización de los procesos fermentativos en los montones de desechos orgánicos o el estiércol y además para poder localizar a las lombrices durante el período invernal ( Ferruzzi 1987 )

También es indispensable que una explotación moderna y bien llevada, debe existir numeración de los lechos, esto con la finalidad de llevar un control en el manejo de la explotación, se pueden elaborar fichas que contengan entre otros los siguientes datos :

- 1) El día en que se debe suministrar el alimento
- 2) Tipo de alimentación adecuada
- 3) Inicio y terminación de la colocación del sustrato
- 4) Fecha de adición de lombrices
- 5) Cantidad de humus cosechado
- 6) Lombrices adultas, etc.

Se mencionó anteriormente que las lombrices se pueden alimentar de cualquier tipo de desechos orgánicos dentro de los que se encuentra la pulpa de café, con la que se genera gran cantidad de basura y contaminantes.

Los cafecultores se conforman con desaparecerla de su vista, tirandola a cielo abierto o bien a orillas de los ríos, lo que trae consigo un fuerte problema de contaminación, no sólo atmosférica sino de mantos freáticos.

Surge entonces en México utilizar la pulpa de café como sustrato para las lombrices, lo que representa un gran paso hacia un sistema de producción orgánico, que representa un gran paso hacia un sistema de producción sostenible.

Este proceso se puede realizar a gran escala y ser llevado a cabo por unos cuantos agricultores, tanto en condiciones naturales de campo, como en condiciones controladas en un sistema intensivo.

Existe ya la experiencia de este tipo de explotación, realizado por el Instituto Mexicano del Café en Xalapa, Veracruz. El trabajo tiene sus orígenes en el año de 1986 cuando, de manera fortuita y en busca de la presencia de insectos desarrollados de la pulpa de café, se encontraron lombrices de tierra en depósitos de pulpa de café, localizados en un tiradero cercano al beneficio " Gobernador Miguel Palacios " lo que sirvió como fuente de observación de la excelente transformación de la pulpa por parte de las lombrices.

#### **VIII. LA PULPA DE CAFE COMO SUSTRATO PARA LAS LOMBRICES.**

La producción Nacional de pulpa de café en México es del orden de las 600,000 toneladas de peso fresco, los valores que se estimaron para el ciclo 91-92 se presentan en el siguiente cuadro número 2 de donde se desprende la necesidad de buscar alternativas para su uso.

Cuadro No. 2

**PRODUCCION DE CAFE CEREZA Y PULPA EN MEXICO  
CICLO 1991-1992 ( EN TONELADAS ).**

ESTADO	PRODUCCION DE CAFE CEREZA		PRODUCCION ESTIMADA DE PULPA.
	TOTAL	VIA HUMEDA	
CHIAPAS	595, 766.5	544, 365.5	217, 746.2
VERACRUZ	448, 154.0	393, 837.5	157, 535.0
OAXACA	308, 455.0	275, 135.0	110, 054.0
PUEBLA	184, 166.5	169, 613.5	67, 845.4
GUERRERO	64, 508.5	21, 290.5	8, 516.2
HIDALGO	15, 949.5	14, 822.5	5, 929.0
S.L.P	3, 503.5	3, 111.5	1, 244.6
NAYARIT	21, 927.5	19, 771.5	7, 908.6
JALISCO	3, 013.5	2, 646.0	1, 058.4
TABASCO	2, 254.0	2, 131.5	852.6
COLIMA	2, 303.0	2, 131.5	852.6
<b>TOTAL</b>	<b>1, 650, 001.5</b>	<b>1, 448, 856.5</b>	<b>579, 542</b>

FUENTE : ASISTENCIA TECNICA, INMECAFE.

La pulpa es el principal subproducto del beneficiado húmedo del café; y esta formada por la cubierta externa del fruto y por una fracción del mucilago que permanece unida a ésta; en términos generales representa el 40% del peso fresco del grano y el 27% del peso seco del mismo, contiene un 80% de agua mas la que se usa para separarla del grano.

Esta formada de afuera hacia adentro, por tejido celular epidérmico y esponjoso que contiene nutrientes importantes, cafeína y taninos responsables de la coloración roja o amarilla del fruto maduro, además de polifenoles, flavonoides y ácido cafeico y clorogénico lo que impide su uso directo para la alimentación animal. La forma también una red de fibras que dan soporte al fruto y sirven para transportar los nutrimentos al grano en crecimiento, y finalmente una fracción de capa del mucilago que está formada esencialmente por largas cadenas de azúcares, las cuales se encargan de iniciar la fermentación.

Algunas alternativas de uso de la pulpa son: como sustrato para la producción de hongos comestibles, para la producción de biogás, y para la producción de probióticos. Por otra parte, la fibra de la pulpa de café actualmente está siendo utilizada con éxito comercial como ingrediente principal en la elaboración de un producto farmacéutico de supuesto efecto en la disminución del apetito, llamado Bromectina, la cual provoca una sensación de inapetencia y es de utilidad en la complementación de programas dietéticos para la reducción de peso excesivo, o bien existe la opción de utilizar la pulpa como sustrato para lombrices, que la transformen en abono orgánico (vermicomposta).

La opción de la elaboración de vermicompostas, es importante no sólo por que disminuye la cantidad de basura generada en el beneficiado del café, sino que resulta útil para la preparación de los semilleros y viveros de café, y para las plantaciones, logrando con ello el mejoramiento de las características del suelo, tales como la porosidad, y el intercambio catiónico, lo que conduce a una mejora en el crecimiento en altura de los tallos, y un mayor desarrollo de las raíces; además aumenta el número de hojas y la superficie foliar; se disminuye el ataque por nematodos y las necesidades de aplicación de fertilizantes químicos, beneficiando así al ambiente.

#### ESPECIES DESCOMPOREDORAS DE PULPA DE CAFÉ.

Dentro de las especies como descomponedoras de material orgánico, y en especial de la pulpa de café, se encuentran las siguientes según Aranda, 1991 citados por Vargas-Yañez, 1994 :

*Eisenia fetida fetida* ( Savigny 1826 )

*Eisema andrei* Bouché 1972

*Poryonix excavatus* Perrier 1872

*Lumbricus rubellus* Hoffmeister

*Amyntas gracilis* ( Kinberg 1867 )

*Dichogaster* sp.

*Bimastus* sp.

Dr. Carlos Fragoso F., Instituto de Ecología, Xalapa, Ver., México. 1994

La especie que más ha sido utilizada es la *Eisenia fetida*, la cual se describe a continuación :

### **Eisenia fetida**

*E. fetida* puede sobrevivir con temperaturas que oscilan entre 10-25°C. Los estadios juveniles son menos tolerantes a las temperaturas extremas que los adultos; la longevidad de *E. fetida* ha sido reportada como de 1000 días a 25°C.

La producción máxima de capullos de *E. fetida* ha sido de 446 provenientes de 10 lombrices adultas en 3 meses con una emergencia de 2150 lombrices. Esta producción de capullos o cocones se ve severamente influida por la temperatura, observándose que la producción se incrementa con el aumento de la temperatura, siendo mayor a temperaturas constantes de 25°C.

La más alta producción de cocones de *E. fetida* ocurre de la 9 a la 11ª semana, produciéndose más cocones cuando los adultos son regularmente removidos a sustratos frescos. Otros de los factores que pueden afectar la producción de cocones, son las características alimenticias y la densidad de población, ya que si ésta se ve incrementada la producción puede disminuir.

Los cocones de *E. fetida* por lo general producen en promedio 2 emergencias de cada cocon, con un máximo de 7. El número promedio más alto de emergencias de cada cocon se obtiene cuando los capullos son incubados entre los 10-15°C.

El tiempo para alcanzar la maduración sexual se ve influido por la densidad poblacional en donde el clitelio aparece más tarde en las poblaciones más densas; 3 individuos por cada 100 cm<sup>3</sup> maduran a las 7 semanas, mientras que 16 individuos en el mismo volumen de sustrato maduran a las 10 semanas.

El crecimiento, al igual que la reproducción, se ve afectado por la densidad; a densidades de más de 10 individuos por litro de sustrato ( 14 semanas a 25°C ) ocurre una reducción de peso del orden del 11-16%. Otro de los factores que afectan el crecimiento de las lombrices es la cantidad de alimento disponible, así como el tipo de alimento. *Eisenia fetida* alcanza en una cama de composteo un peso de 100 mg de biomasa individual a los 27 días a 25°C.

Esta representa la máxima densidad poblacional, la cual se puede obtener bajo ciertas condiciones de temperatura, humedad y sobre todo del valor nutricional del sustrato.

La tasa de disponibilidad, mediada en términos de la relación entre la biomasa de las lombrices y la biomasa del sustrato es importante para poder obtener un máximo en cuanto a productividad; una tasa de disponibilidad cercano a 1:10 proporciona una productividad máxima en la mayoría de los residuos orgánicos ( Edwards, 1988 ).

El tiempo de digestión es el tiempo que toma el sustrato en pasar a través del intestino de las lombrices; la tasa de ingestión está correlacionada con la temperatura, sin considerar el tamaño del individuo : a 5°C *E. fetida* tiene una tasa de ingestión calculada en 0.13 gramos de materia seca de lodo activado por gramo de materia seca de lombriz por día.

Los diferentes cálculos de estimaciones de biomasa, y tasas de procesamiento del sustrato, varía según las condiciones en que se encuentren los lechos; aún así, se ha calculado que *E. fetida* tiene una producción de biomasa de 45 veces la biomasa inicial en 5 meses, 20 mg por cada gramo de peso vivo de la lombriz por día, 62 toneladas de peso vivo de la lombriz por hectárea.

De la misma manera se han calculado las tasas de conversión del sustrato para *E. fetida* como 1.5 gramos por cada gramo de peso vivo por día, o dos veces el volumen de la lombriz por día.

Bajo condiciones óptimas, la mortalidad natural de *E. fetida* ha sido estimada de 0-1% por semana a 25°C, mientras que si se presentan temperaturas extremas causan gran número de muertes, sobre todo en condiciones de crianza, alcanzando de un 30-70% de mortandad en un lapso de 2 semanas a 5°C y 33°C respectivamente

El proceso de transformación de la pulpa de café mediante el uso de las lombrices, puede realizarse ya sea en pequeña escala o bien a escalas comerciales grandes, y puede realizarse en campo o en instalaciones con procesos intensivos.

La decisión de llevar a cabo una explotación intensiva o no de las lombrices, dependerá de los objetivos del lombricultor; sin embargo, cualquiera que sea la decisión, se deben de conocer algunos manejo de operación de los lechos en cuanto alimentación principalmente; además de considerar todos los factores climáticos óptimos para su desarrollo. Existen dos formas de suministrar el alimento a las lombrices, uno es la alimentación gradual de la pulpa, o bien el retiro gradual del abono orgánico superficial.

En este sistema, las lombrices se encuentran inicialmente una pequeña cama de sustrato ya transformada por las lombrices y regularmente se va aplicando capas delgadas de nuevo sustrato, que se colocan en la superficie de las camas y en donde las lombrices van invadiendo progresivamente hasta llegar a una altura de 30 o 35 cm de abono orgánico ( la misma que la del depósito que contiene las camas ); una vez alcanzada esta altura, se suspende por algunos días la alimentación de las camas para posteriormente colocarse franjas laterales de sustrato fresco en donde las lombrices se concentrarán y podrán ser retiradas del resto del abono ya formado; esta actividad se repite una segunda ocasión para recuperar un mayor número de individuos del abono que ya se encuentra listo para su uso posterior.

En este sistema la pulpa se encuentra desde el inicio en el interior de las camas o el depósito, y sobre el mismo se incorpora la capa inicial de abono orgánico conteniendo la población de lombrices; en este caso la capa superficial ya transformada y separada por las lombrices es retirada de las camas reduciéndose gradualmente la altura del sustrato hasta llegar a las capas inferiores para finalmente retirarse la última capa junto con las lombrices para colocar nuevamente otra dotación de sustrato, llenando nuevamente el depósito que en este caso puede contener volúmenes mayores de material ( aproximadamente 80 cm de altura inicial ).

## **TRANSFORMACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO**

*Es importante hacer notar que el volumen de desecho orgánico se ve considerablemente reducido hasta en un orden del 60% al convertirse en abono orgánico; se pueden transformar aproximadamente 245 kilogramos de pulpa de café procesado en húmedo.*

Galvis, citado por Vargas-Yañez, 1994 menciona que con una dotación de 12 toneladas de pulpa fresca por año, es posible alimentar a 30 kg constantes de lombrices, produciéndose aproximadamente 6 toneladas de abono orgánico en una superficie de terreno de 10 o 20 metros cuadrados.

## **EFFECTO DE LAS LOMBRICES SOBRE EL SUSTRATO.**

### **Descomposición.**

Debido a la formación de agregados, la cantidad de poros y espacios se incrementa, lo que a su vez resulta en una tasa de deshidratación mayor en las excretas que en el sustrato sin tratar ( de 1.5 a 2.1 veces mayor ).

Aunque la presencia de las lombrices deshidrata el material, la tasa de descomposición se acelera, lo que puede ser medido por el incremento en la concentración de cenizas.

#### Relación C/N.

La relación C/N se incrementa en la presencia de lombrices, el flujo de CO<sub>2</sub> y de O<sub>2</sub> es significativamente mayor en las excretas que en el sustrato sin tratar. La actividad de *E. fetida* se ha mostrado que causa una reducción en la descomposición anaeróbica del sustrato y un incremento en el consumo de CO<sub>2</sub>.

#### pH.

*E. fetida* causa un incremento en el pH del sustrato y también se incrementa la capacidad de intercambio catiónico.

#### Nutrientes.

El contenido de nutrientes en las compostas de lombrices oscila aproximadamente entre 1.5 a 4.0% de nitrógeno, 1.4 a 8.8% de fósforo soluble y 0.6 a 2.5 de potasio disponible.

#### Microorganismos y nemátodos.

Se ha observado, que patógenos como *Salmonella* se reducen por la actividad de *E. fetida* de un 97.8 a un 99% en un lapso de 4 a 28 días; de igual forma lo hacen las poblaciones de nemátodos.

### IX. VERMICOMPOSTA.

Algunos análisis microbiológicos hechos del abono orgánico o húmus de lombriz, evidencia una importante carga bacteriana que le confiere una elevada actividad biológica ( Lombricultura Mexicana ). La presencia de una serie de microorganismos pertenecientes a los principales grupos fisiológicos del suelo, aseguran incrementos en la fertilidad al reactivar el proceso de desintoxicación por contaminantes químicos, favorecen la acción antiparasitaria y protegen a las plantas de plagas.

En adición a estas características de carácter biológico, se puede decir que la vermicomposta mejora las características físicas y químicas del suelo ya que debido a su estructura coloidal, incrementa la capacidad de retención de agua del suelo.

#### **CARACTERISTICAS DE LA VERMICOMPOSTA.**

Es un fertilizante orgánico que libera lentamente sus elementos nutritivos; tiene gran capacidad para mezclarse con el suelo y ayuda en la transformación de los elementos minerales nutritivos en elementos inorgánicos disponibles (absorbibles) por la planta. No produce acidez en el suelo.

Su aportación en elementos nutritivos y minerales es rica, balanceada y completa. Tiene buen contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, así como de calcio y magnesio. Se ha demostrado que el 97% de su contenido de nitrógeno es sustancia inorgánica asimilable por la planta (Lombricultura Mexicana S.A.).

Es abundante en oligoelementos (microelementos) y ésta es una de las razones por lo que la vermicomposta es uno de los pocos fertilizantes completos, ya que aporta a las dietas de las plantas muchas sustancias necesarias para su metabolismo, y de las cuales muy frecuentemente, carecen los fertilizantes químicos. Contiene ácidos húmicos y fúlvicos e incrementa la capacidad inmunológica y de resistencia a la sequía de las plantas.

El pH es cercano al neutro, contrarestando la formación de acidez dañina a las plantas y sus raíces.

La acción de liberación de los nutrientes es gradual, por lo que se puede hacer un ahorro en el uso de fertilizantes.

En particular, la vermicomposta, tiene una estructura granular que retiene la humedad, puede con gran facilidad, mezclarse a nivel básico del suelo. Por lo tanto, la mezcla de este producto con fertilizantes provoca su mejor asimilación física y química incrementando el valor de la fertilización a vermicomposta, éste es un producto muy preciado para gran variedad de cultivos especializados e intensivos, sobre todo para los floricultores, viveristas y horticultores; en el cultivo de tomate de cáscara se comprobó un efecto positivo a la adición de la vermicomposta en el desarrollo vegetativo y productivo. En el rendimiento, las dosis probadas 5 y 10 ton/ha superaron en forma significativa el control del hongo *Azospirillum* sp. en más del 40% (Microbiología C.P., 1995), lo que disminuye también el uso de pesticidas.

La vermicomposta puede ser considerada como ayuda básica en cualquier programa de alimentación balanceada de las plantas, ya que no dañan aún a las plantas más delicadas.

La vermicomposta propicia y acelera la germinación de las semillas, elimina el shock del trasplante, y al estimular el crecimiento de la planta acorta significativamente los tiempos de producción.

Por otra parte con el uso apropiado de la vermicomposta, no será necesario repetir su aplicación a través del ciclo de producción, ya que presenta efectos prolongados al liberar lentamente y en proporciones adecuadas los elementos nutritivos; favoreciendo con ello:

Mayor resistencia a las enfermedades parasitarias e infecciosas, simplificando de manera significativa el trabajo de los cultivos.

Resulta indudable que la calidad de un abono orgánico en términos de sus propiedades para el crecimiento de las plantas, es directamente proporcional a la calidad de la materia orgánica que le dio origen; en este sentido y aunque el abono orgánico de la pulpa de café se puede ubicar entre los mejores desechos de origen vegetal e incluso superar en algunos componentes a varios desechos de origen animal, aún así, no puede considerarse como un fertilizante de fórmula completa, dado que la pulpa de café no es un sustrato que contenga altas concentraciones de todos los compuestos nutritivos necesarios para las plantas.

Vargas-Yáñez, y Calderón 1994 señalan algunas de las principales cualidades del humus de lombriz :

- 1) Baja relación C/N ( 13 a 9:10 ), lo que permite su uso sin que exista competencia por nitrógeno entre los microorganismos del suelo y los cultivos que se desarrollan en él.
- 2) La capacidad de intercambio catiónico se ubica entre los 70 y 100 meq/100 gr. lo que permite incrementar la capacidad de retención de nutrientes y del agua aprovechable por las plantas.
- 3) Una relación de ácidos húmicos y fúlvicos cercana a 2:1 lo que da un alto nivel de actividad química promedio, así como una mayor persistencia en el tiempo que en relaciones más estrechas, producto de la menor estabilidad de los ácidos fúlvicos

4) Se comporta como hormona estimuladora del crecimiento vegetal, ya que se conoce que 1 mg/l de humus, es equivalente en actividad a 0.01 mg/l de Acido Indol-Acético. Esta característica, aunada a las anteriores le permite ser utilizado con buenos resultados en la propagación clonal de plantas.

## CONCLUSIONES

1. La agricultura es una de las actividades generadoras de riquezas y como tal es un factor para el desarrollo económico que debe llevarse de manera racional. Sin embargo, el elevado crecimiento poblacional ha hecho que esta actividad se lleve a cabo intensiva e irracionalmente haciendo un uso desmedido de fertilizantes químicos, pesticidas y maquinaria agrícola logrando con ello altas producciones que no necesariamente satisfacen las necesidades alimentarias ni de materias primas del país, y al mismo tiempo han generado un gran deterioro de los suelos agrícolas.
2. Ante esta situación de riesgo, se deben buscar técnicas agrícolas que puedan satisfacer las necesidades de las sociedades y que al mismo tiempo permitan conservar los recursos naturales, es decir producir bajo la filosofía de una agricultura sostenible.
3. La agricultura sostenible si bien ahora constituye sólo una filosofía o una ideología, debe ser la base para prácticas agrícolas futuras que logren además de satisfacer las necesidades, evitar el deterioro del suelo.
4. Las sociedades agrarias antiguas en contraste con la agricultura actual practicaban una agricultura sostenible basada en el uso de abonos orgánicos, lo cual permitía sostener una buena producción sin el deterioro del medio.
5. La transformación de la materia orgánica permite solucionar en gran parte el problema de la pérdida o deterioro del suelo mejorando sus características físicas, químicas y biológicas que son deseables para un suelo agrícola, siendo la vermicultura o vermicomposteo ( uso de lombrices ), parte de un proceso integral que puede contemplarse dentro de las técnicas de una agricultura sostenible que permitan el desarrollo agrícola.
6. La vermicomposta permite que las plantas tengan un mayor desarrollo y crecimiento por que proporciona nutrimentos que les son indispensables.

**7. Las lombrices además de ser recomendables como transformadoras de materia orgánica, son recomendables en el suelo debido a su incansable actividad de laboreo que favorece las condiciones del mismo.**

**8. El vermikomposteo constituye asimismo una solución al problema de la generación de basura, ya que separando la materia orgánica pueden hacerse útiles los desechos inorgánicos.**

## BIBLIOGRAFIA

1. Aranda, D.E. 1988. La utilización de las lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. Zool, Nueva serie. Méx. 27: 21-23.
2. Bouche, M. 1985. Los gusanos de tierra. Mundo Científico 40 (4): 954-963.
3. Boul, S.W. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Ed. Trillas. México D.F. 417 p
4. Buckman, O.H. 1977. Naturaleza y Propiedades del Suelo. Ed. Montaner y Simon, S.A., España. 590 P.
5. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (C.M.M.A.D.) 1987. Nuestro Futuro Común, Oslo, Noruega.
6. Carabias, J. Y Provencio. 1992. Hacia un modelo de desarrollo agrícola sustentable. Facultad de Economía y Facultad de Ciencias Humanas. U.N.A.M.
7. Compagnoni Putzolu. 1983. La cría moderna de las lombrices. El abono más económico, rentable y eficaz. Ed. De Vecchi S.A. Barcelona, España. 128 p.
8. Compagnoni Putzolu. 1985. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del Humus. Ed. De Vecchi, S.A. Barcelona. 128 p.
9. Cruz Santos Oscar. 1994. La Agricultura orgánica como una alternativa para la agricultura sustentable. Tesis de Licenciatura. F.E.S. - C. U.N.A.M. Méx. 86 p.
10. Deffis, C.A. 1991. La Basura es la solución. Ed. Concepto S.A. México, D.F. 277 p
11. Díaz, S.E., Rosales, M.R. 1986. Estudio de los efectos químicos y físicos de la composta de desechos urbanos en el suelo de la F.E.S. - C. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M. 92 p.
12. Dokuchaev, V.V. 1982. De la Academia de Ciencias de la Unión Soviética y del Instituto del Suelo. Barcelona España, 304 p.13.
13. Donahue, R.L. et al. 1977. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. De. Prentice Hall International. Nueva Jersey. E.U.A: 624 p.

14. Donahue, R.L. et al. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Ed. Dossat S.A. Madrid España. 610 p.
15. Duchaufour, P. 1984. Edafología, Edafogénesis y Clasificación. Ed. Masson S.A., España. 493 p.
16. Edwards, C.A. and Lofly, J.R. 1977. Biology of Earthworms. Secon edition. London. Chapman and Hall.
17. Edwards, C. A. y Neuhauser, E. 1988. Earthworms in waste and enviroment management. Academic Publishing, Netherlands. 392 p.
18. Espinosa, O.M.L. 1987. Recolección selectiva y aprovechamiento del material orgánico de desecho en ciudad universitaria. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M. 73 p.
19. F.A.O. United Nations Development Programme. 1992. Benefits of Diversity, an incentive toward sustainable Agriculture. Nueva York, U.S. 209 p.
20. Ferruzzi, C. 1987. Manual de lombricultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 138 p.
21. Figueroa, S.B. 1992. Agricultura sostenible y deterioro ambiental : La erosión del suelo, Memorias II Simposio y I Reunión Nacional de Agricultura sostenible : Enfoque ecológico, socioeconómico y de Desarrollo Tecnológico. Colegio de Postgraduados. Méx. 111-140 pp.
22. Foth, H.D. y Turk, L.M. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. C.E.C.S.A. Méx. 527 p.
23. Foth, H.D. y Turk, L.M. 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. C.E.C.S.A. Méx. 520 p.
24. Fuentes, Y.J. 1989. El suelo y los fertilizantes. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España, 283 p.
25. Gros, A. 1986. Guía práctica de la fertilización. Ed. Mundi Prensa. 7a. Edición. Madrid, España. 559 p.

26. Guzman, C.A. 1984. Efecto de la lombriz de tierra ( Lumbricidae ) sobre las principales características edafológicas a nivel de invernadero. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey. 19-21 pp.
27. INMECAFE, 1991. Prontuario agroindustrial. Gerencia de Producción Industrial. INMECAFE, México.
28. Instituto de Ecología A.C. 1994.
29. Jimenez, G.C. 1995. Tópicos selectos de la Producción Agrícola Actual : "Importancia de la Labranza de Conservación en la Agricultura sustentable". Tesis de Licenciatura. F.E.S.C. U.N.A.M. Méx. 136 p.
30. Kononova, M.M. 1982 Materia orgánica del suelo : Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Ed. Oikos-Tau. Barcelona, España. 365 p.
31. López, B.D. 1989. Acción de las lombrices de tierra sobre algunas propiedades de la fertilidad de zonas tepetatasas en el área de influencia de chapingo. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M. 92 p.
32. Lombricultura Mexicana S.A.
33. Mba, C.C. 1989. Biomass and Vermicompost Production by the Earthworm. Revista de Biología Tropical. 37: 11-14.
34. Microbiología. C.P. 1995. Compendio de investigaciones sobre sostenibilidad.
35. Millar, C.E. et al. 1981. Fundamentos de la ciencia del Suelo. Ed. C.E.C.S.A. Méx. 227 p.
36. Narro, J.G. 1985. Utilización de la harina de lombriz de tierra ( Helodrilus foetidus ) como fuente proteínica en la alimentación de los animales domésticos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León.
37. Ortiz , V.B. 1980 Edafología. Ed. U.A.C.H. Chapingo, México. 331 p.
38. Ortiz, V.B. 1990. Edafología. Ed. U.A.C.H. Chapingo, México 342 p.
39. Primo, E. Y. , Carrasco, D.J.M. 1973. Química agrícola. Ed. Alhambra. Madrid, 472 p.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

40. Revista del Consumidor. 1983. La Basura puede rendir frutos. Ecología. Septiembre No. 79.
41. Rey Fenochio H. Y Gómez Valle. 1991. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol caprino en el rendimiento de Amaranto ( *Amaranthus hypochondriacus* L. ), Girasol ( *Helianthus annuus* L. ) y Maíz ( Maíz *zea* ) en la F.E.S.C. Tesis de Licenciatura F.E.S.C. U.N.A.M. Méx. 102 p.
42. Rojas, R.T. 1983. La agricultura chinampera. Ed. U.A.C.H. Chapingo. Méx. 229 p.
43. Russell, J. Y Russell, W. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed. Aguilar. Madrid, España. 801 p.
44. S.E.P. 1982. Suelos y fertilización Ed. Trillas Méx.
45. Springett, J.A. 1983. Effect of five some soil properties. Journal of Applied Ecology. 20: 865-872.
46. Stockdill, S.M.J. and Cossens. 1959. Earthworms Improve Pasture Growth Fields Instructor. Department of Agriculture, Palmemeston.
47. Tamhane, R.V. et al. 1978. Suelos : Su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. DIANA. Méx. 483 p.
48. Teuscher y Adler. 1980. El suelo y su fertilidad. Ed. C.E.C.S.A. Mé. 320 p.
49. Tovar, T.A. 1985. Determinación del efecto de aplicación de estiércol bovino semiseco y fresco sobre el rendimiento de cebada en suelos erosionados. Tesis de Licenciatura. F.E.S.C. U.N.A.M. 96 p.
50. Vargas-Yañez y Calderón. 1994. Proyecto de investigación en agroecología UAM-X-UNCADER. " El potencial de las Lombrices en la agricultura alternativa. Coatepec, Veracruz.