



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**

**PROGRAMA MANEJO INTEGRADO DE
RECURSOS NATURALES**

AREA DE MANEJO DE CUENCAS



PUBLICACIONES DEL PROYECTO RENARM/MANEJO DE CUENCAS

**CRIANZA Y MANEJO DE LOMBRICES DE TIERRA
CON FINES AGRICOLAS**

✓
Alex L. Tineo Bermúdez

**CATIE, TURRIALBA
1994**

PRESENTACION

El presente documento resume información básica sobre la "Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas", el autor detalla con mucha sencillez la biología de la lombriz de tierra, su reproducción, crianza y manejo con fines agrícolas.

Es una contribución al conocimiento de temas relacionados con la agricultura orgánica, recomendable para estudiantes y profesionales técnicos involucrados con el manejo y conservación de suelos.

El trabajo ha sido desarrollado por el M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, profesional con dedicación e interés por contribuir con la agricultura sostenible en el marco y visión integral del Manejo de Cuencas.

CATIE, TURRIALBA

SETIEMBRE 1994

El presente documento se elaboró tomando como base el material utilizado en el I Curso Teórico Práctico de Capacitación Técnico Profesional "CRIANZA Y MANEJO DE LOMBRICES DE TIERRA CON FINES AGRICOLAS", realizado en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), en la ciudad de Ayacucho, Perú, del 4 al 8 de diciembre de 1990, en homenaje a la memoria del "Maestro" Ing. Roberto Ibáñez Agüero.

La realización de dicho Curso fue posible gracias a la participación activa del Taller Club de Conservación de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH (TCCS-UNSCH).

CONTENIDO

I. BREVE HISTORIA DE LA LOMBRICULTURA	1
II. BIOLOGIA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA	3
2.1 Generalidades	3
2.2 Habitat y alimentación	3
2.3 Características externas	5
2.4 Características internas	6
2.5 Anatomía y fisiología	9
2.6 Eisenia foetida	12
III. REPRODUCCION DE LA LOMBRIZ DE TIERRA	13
3.1 Generalidades	13
3.2 Producción de cápsulas y número de lombrices/cápsula .	14
3.3 Incubación y eclosión	16
IV. CRIANZA Y MANEJO DE LOMBRICES CON FINES AGRICOLAS	19
4.1 Generalidades	19
4.2 Lombricultura	20
4.2.1 Preparación de lechos	20
4.2.2 Preparación del alimento	21
4.2.3 Alimentación de lechos	22
4.2.4 Manejo de lechos	23
4.2.5 Recolección del humus	24
V. IMPORTANCIA DEL HUMUS EN LA AGRICULTURA	25
5.1 La materia orgánica del suelo	25
5.2 Composición	25
5.3 Dinámica de la materia orgánica	27
5.4 Población microbiana	28
5.5 Cálculo de biomasa	29
5.6 Qué es el humus	30
5.7 Efecto del humus en las propiedades del suelo	32
VI. BIBLIOGRAFIA	

Una fascinadora entretención para quienes quieren tener en sus jardines y huertos mejores verduras, flores y frutas.

CUANTO LE DEBEMOS A LA HUMILDE LOMBRIZ

por Frank J. Taylor

Un día aciago de 1936, el Dr. Thomas J. Barrett, médico de Los Angeles, se dió cuenta de que su situación pecuniaria era extremadamente grave. Su salud estaba quebrantada y el negocio en que tenía invertido sus ahorros había quebrado, dejándolo con un capital de nueve dolares en efectivo. A la edad en que había esperado retirarse del trabajo y entregarse a una vida descansada, se veía obligado a principiar de nuevo la labor de ganarse el pan cotidiano. Pero hoy, dice que aquel fue su día más afortunado.

Para recobrar la salud tenía que abandonar la ciudad e irse a vivir en el campo. Un amigo le ofreció media hectárea de terreno en una cuesta seca y ardiente que descendía del valle de San Fernando, en el estado de California, diciéndole: "págueme cinco dólares por mes cuando pueda". La única vegetación que había en la pendiente eran cactus y un arbolito de durazno de mala muerte que forcejeaba por salir entre un montón de latas mohosas. El flacucho y nerviudo doctorcito y su esposa pasaron varios fines de semana despejando el terreno y nivelando un sitio para construir su vivienda.

Al sacar la primera palada de tierra, el médico vió una lombriz que se retorció en la pala. Esa lombriz transformó no solo la hacienda como el llamaba pomposamente su heredad embrionaria, sino la vida entera del doctor Barrett. Las lombrices le han proporcionado un medio de vivir holgadamente y por añadidura lo han hecho suficientemente célebre para que su nombre figure en la publicación *Who's Who* (¿Quién es quién?), donde periódicamente aparecen las biografías suscintas de personajes que más se han distinguido.

A su finca van ahora a estudiar sus métodos, muchos agrónomos y horticultores de los Estados Unidos y de otros países. Su casa no es ya una choza diminuta, sino una amplia y hospitalaria vivienda envuelta de enredaderas, rodeadas de árboles, viñedos, huertas y jardines.

Aquella lombriz que se retorció en la pala, recordó al médico lo que había visto 18 años antes. Durante la primera guerra mundial, Thomas Barrett, soldado de las fuerzas norteamericanas que combatían en Francia, se detuvo un día a observar a un labrador francés ya entrado en años que sin hacer caso del estruendo de cañones, recogía con una pala tierra del pie de una pared húmeda.

Preguntó al labrador si esa tierra tenía alguna virtud especial.

- Le bon Dieu - contestó el viejo - sabe hacer buen suelo y ha revelado el secreto de las lombrices.

Dijo luego que a cortos intervalos de tiempo iba allí a recoger tierra en que se habían acumulado las secreciones de las lombrices para abonar el suelo en que cultivaba sus flores escogidas.

Aquel día de 1936, Barrett dijo a su mujer:

- si unas pocas lombrices podían fertilizar el jardín de ese viejo francés ¿por qué no podemos hacer nosotros que conviertan nuestra ladera en jardines y huertos?.

Diose a leer cuanto se había escrito acerca de las lombrices, desde Aristóteles, Darwin, hasta los naturalistas contemporáneos. Vió que las lombrices, con su perpetuo horadar en todas direcciones, dan fragilidad al suelo, haciéndolo así fácil de remover y desmenuzar; que transforman en fértil mantillo las sustancias orgánicas; que convierten muchos componentes químicos del suelo en alimento soluble para las plantas; que los billones de agujeritos que abren, permiten al aire y al agua penetrar en el suelo hasta muy dentro.

El Dr. Barrett llegó a la conclusión de que lo mejor que podía hacer con el resto de su vida era dedicarla a "explotar la lombriz" la cual quizá ayudase a resolver el problema de producir en todo tiempo, alimento suficiente para la humanidad.

Principió su labor con unas pocas lombrices que durante la estación lluviosa llevó de vallejuelos vecinos donde había una capa protectora gruesa de paja y basura y de algunas granjas en que abundaban. Observó que en un montón de paja y basura húmedas las lombrices se multiplicaban prodigiosamente si están bien alimentadas.

Se alimentan de hojas, hierbas, heno, estiércol y desperdicios de cocina (los cuales deben enterrarse).

Con las lombrices el terrenito antes estéril del Dr. Barrett, empezó a hacerse más y más fértil. Cuando Barrett no estaba satisfecho con el desarrollo o la producción de un árbol o un arbusto, hacía un hoyo en las raíces y echaba en él una palada de tierra sacada de la era en que criaba las lombrices. En su finca, la hierba adquiría dimensiones tres veces mayores que las de las fincas vecinas. Las petunias eran de tamaño dos veces mayor, las vides daban uvas de primera calidad, las zanahorias eran enormes, que una sola cortada en pedacitos y cocida, bastaba para llenar tres latas ordinarias. Algunos de los duraznos pesaban cerca de medio kilogramo. En experimentos hechos en varias universidades se han obtenido resultados análogos por el mismo procedimiento.

I. BREVE HISTORIA DE LA LOMBRICULTURA

Las lombrices de tierra pertenecen al reino animal tipo anélidos y clase oligoquetos. Fue Carl Von Linneo (1707 - 1773), quien en su "Sistema Natural" (1758), por vez primera incluyó una especie de lombriz, Lumbricus terrestris. Savigny en 1826 describió una serie de especies de la familia Lumbricidae provenientes de las vecindades de París. Posteriormente se publicaron mimeografías sobre las lombrices por taxonomistas de renombre, como Holfmeister (1845) para las lombricidae de Alemania, Righi (1979) para las lombricidae de Argentina y Brasil.

En el antiguo Egipto se consideraba a la lombriz como un animal enormemente valioso, ello llegaba a tal extremo, que tenían previstos castigos muy rigurosos, incluso la pena de muerte, para quien intentare exportar fuera del reino una sola lombriz; se dice que la fertilidad del valle del Nilo, se debe en su mayor parte, al inagotable trabajo de estos valiosos animalitos. Los Incas en el antiguo Perú, ya apreciaban la importancia de esta especie en las tierras de cultivo; En reconocimiento a la gran labor de las lombrices, uno de los valles más fértiles del Perú, el Valle Sagrado de de los Incas, se llama *Urubamba*, palabra compuesta de origen Quechua, *uru*: lombriz, *bamba*: valle (Valle de lombrices).

La lombricultura como técnica tiene sus orígenes probablemente en 1936 (Taylor 1948), cuando un médico de Los Angeles, EEUU, el Doctor Thomas Barrett, decidió vivir en el campo en donde se dedica a la agricultura convirtiendo terrenos estériles en más fértiles, gracias a la ayuda de las lombrices de tierra, a las que observó que en un montón de paja y basura húmedas se multiplicaban prodigiosamente. Así, el Dr. Barrett se dedica a "explotar la lombriz", iniciando su labor con unas pocas lombrices recolectadas de valles y granjas vecinas; después de 10 años de estudio, dos de las cuales pasó en el laboratorio del Instituto de Tecnología de California, publica su obra "*Harnessing the earth worm*" (Utilización de la lombriz), en el que destaca lo siguiente:

"Toda ciudad -dice- puede tener en el campo un criadero de lombrices alimentadas con desperdicios de cocina, las cuales producirían gran cantidad de excelente abono. Tales desperdicios, aprovechados de esta manera pueden proporcionar a una gran ciudad todos sus alimentos".

"La naturaleza necesita de 500 a 1000 años para formar una capa de buen mantillo de unos 25 mm de espesor. En circunstancias favorables, un número suficiente de lombrices pueden formarla en cinco años. Cualquiera persona que disponga de un montón de estiércol puede producir suficiente abono para su jardín y su huerto".

"Hay en el mundo más de dos mil millones de habitantes, que para la producción de sus alimentos no cuenta sino con una cantidad decreciente de suelo labrantío que hoy existe. Ya es tiempo que emprendamos la tarea de restaurarlo y reforzarlo; la lombriz es el agente indicado para ello".

Según Compagnoni (1983), el cultivo de las lombrices nació y se desarrolló en Norteamérica, al comenzar a criarlas en un ataúd en 1947, Hugh Carter, primo del ex-presidente de los Estados Unidos, Jimmy Carter. 25 años después, Carter se encontraba en posición de suministrar a las tiendas de caza y pesca 15 millones de lombrices al año.

Con el transcurso del tiempo se ha ido reconociendo el trabajo de las lombrices; en la actualidad se aprecia el trabajo de esta especie, cuyos excrementos constituyen un gran fertilizante, rico en nitratos, fosfatos y carbonato potásico.

De esta forma, la lombricultura se fue difundiendo por Europa, Asia y América. En muchos de estos países se le está utilizando para el reciclaje de basuras orgánicas. En Colombia se la utiliza para la exportación de "pies de cría", como alimento para uso pecuario o como concentrado en forma de harina; la Federación de Cafeteros lo está dirigiendo a campesinos de la zona cafetera para transformar los residuos del café en humus, y también para suministrar a los cerdos, gallinas y la cría de peces (Pérez 1992). En el Perú, a partir de 1987 diversas instituciones y empresas pusieron en práctica esta biotecnología para el reciclaje de los desechos orgánicos, utilizando lombrices de la especie *Eisenia foetida* adaptadas a vivir en cautiverio; la inquietud y dedicación de otros investigadores a partir de 1988 permitieron encontrar otra especie de lombriz del género *Eisenia*, la misma que puede utilizarse para la obtención de humus, con una capacidad superior a la tradicional *Eisenia foetida*.

II. BIOLOGIA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA

2.1 Generalidades.

La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, el agua es el principal constituyente en 80 a 90% de su peso total, tiene diferentes colores variando de pálidos, rosados, negros, marrones y rojos intensos, con franjas amarillentas entre los segmentos; esta variación es por la presencia de pigmentos protoporfirina y éster metílico. La pigmentación protege la superficie de las lombrices activas contra la radiación de la luz ultravioleta; su forma es cilíndrica con secciones cuadrangulares; el tamaño varía de acuerdo a las especies de 5 a 30 cm de largo, y su diámetro oscila entre 5 a 25 mm; el número de segmentos es de acuerdo a la especie, variando de 80 a 175 anillos.

La importancia de la lombriz de tierra ha sido demostrado por Darwin (1809 - 1882), quien desde 1837 le dedicó muchas horas de profundo estudio; ellos juegan un papel muy importante en el trabajo del suelo, preparan la tierra de manera excelente para el crecimiento de las plantas; sin embargo, recién en estos últimos años se le está prestando atención, desarrollándose inclusive técnicas de crianza de éstas en condiciones de cautividad con el objetivo básico de acelerar la descomposición de residuos orgánicos. Entre los diversos usos que se le da en la actualidad, se puede mencionar: carnada en la pesca, alimento para diversas especies domésticas (vivas o como harina para concentrados), producción de humus, reciclaje de estiércol animal, transformación ecológica de materiales biodegradables producidos por las industrias y poblaciones urbanas, industria farmacéutica.

Su taxonomía es la siguiente:

Reino	: animal
Tipo	: Anelida (cuerpo anillado)
Clase	: Oligoqueta (anillos con pocas cerdas)
Familia	: Lumbricidae
Géneros	: Lumbricus, Eisenia
Especies	: <u>Lumbricus terrestris</u> , <u>Eisenia foetida</u> .

2.2 Habitat y alimentación.

Las lombrices de tierra (oligoquetos), corresponden a la macrofauna del suelo con amplia distribución en los suelos del mundo (Núñez 1985) y con más de 7,000 especies identificadas (Donahue et al 1977), de los cuales son muy pocas las estudiadas. Todas las especies terrestres se alimentan de materia orgánica descompuesta en la superficie, pero también utilizan sustancias orgánicas que obtienen en el lodo y cieno que ingieren al excavar.

El genero Eisenia, es común dentro de ciertos biotopos creados por el hombre, tales como los que se amontonan en detritus orgánicos en descomposición; Lumbricus terrestris se ubica preferentemente en lugares húmedos de los huertos, bosques y, depósitos de residuos orgánicos.

Las lombrices pueden agruparse en base a diferentes características funcionales que difieren esencialmente en morfología, tamaño, pigmentación y distribución en el perfil del suelo (Lavelle 1988). De acuerdo a los recursos alimenticios que ellas explotan y las condiciones ambientales en las que habitan, puede clasificarse en: detritívoras, aquellas que comen principalmente sobre mantillo vegetal o sobre estiércol animal en los horizontes superficiales del suelo ricos en materia orgánica; y en geófagas, las que comen debajo de la superficie grandes cantidades de suelo junto con materia orgánica (Lee, citado por Fraile 1989). Sin embargo, esta clasificación no es absoluta, porque algunas especies como la Lumbricus terrestris se alimentan de residuos vegetales transportados desde la superficie hasta sus agujeros y también ingieren suelo (Satchell 1971).

No obstante, existen características que difieren a los dos grupos de especies. En las detritívoras la pared del cuerpo está coloreada intensamente con pigmentos rojos, identificados principalmente como protoporfirina, mientras que las geófagas pierden esta pigmentación y generalmente son de colores pálidos (Satchell 1971).

Las lombrices prefieren sitios húmedos, no toleran la sequía ni las heladas, de aquí que los suelos arenosos secos y los de poco espesor sobre roca no son un medio favorable para ellos. Necesitan un suelo razonablemente aerado por lo que los arcillosos pesados con mal avenamiento son también desfavorables. Así, bajo una cierta condición de manejo del suelo, son más numerosas en suelos francos que en los arenosos de grava y los arcillosos (Russel 1964).

Según Donahue et al (1977), el rango de pH en las que mejor se adaptan las lombrices varía entre 5.0 y 8.4. La disponibilidad de la materia orgánica, afecta fuertemente la población de lombrices (Buckman y Brady 1966). Algunos investigadores citados por el mismo autor, indican 32.000 lombrices por hectárea en un terreno que no recibe estiércol, hasta 2.240.000 por hectárea en terrenos donde se aplica estiércol en cantidad. Edwards (citado por Russel 1964) encontró hasta 7.5 millones por hectárea en algunas pasturas del país de Gales.

La vida media de las lombrices comunes es de aproximadamente cuatro años, durante los meses de frío sufre un aletargamiento y sólo inicia sus actividades en los meses templados. La lombriz Eisenia foetida vive un promedio de 16 años, se acopla cada siete días, alcanza su madurez sexual a los 90 días y su talla adulta al cabo de 9 meses es de 8 a 10 cm, tiene cinco corazones, 6 riñones

y 182 elementos excretores. El clitelo juega un rol importante durante la crianza de las lombrices de tierra y su función es de producir el capullo y cuando cesa esa función el clitelo se extingue. El color del clitelo es diferente al resto del cuerpo. El genero Eisenia tiene un rango de adaptación a substratos con un pH de 6 a 8, temperaturas de 12 a 28°C y, una humedad de 70 a 80%

2.3 Características externas:

Color. El color no siempre lo determina el pigmento en la piel de la lombriz, sino a veces la sangre o el contenido del intestino, lo cual trasluce a través de las paredes del cuerpo.

Forma. El cuerpo de las lombrices tiene una forma cilíndrica, pero pueden existir secciones cuadrangulares, la sección posterior puede ser achatada, la superficie dorsal surcada a lo largo.

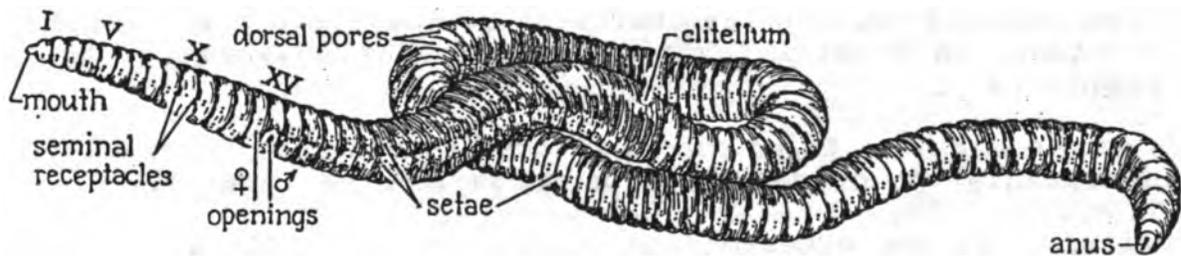


Figura 1. Características externas de la lombriz de tierra

Segmentos. Llamados también metámeros, son los anillos que conforman el cuerpo de la lombriz. Se indica el número total de segmentos, se menciona si los segmentos tienen la superficie lisa o dividida por los surcos transversales, llamados anillos secundarios.

Surcos intersegmentarios. Son surcos con forma de anillos, los cuales se encuentran entre segmentos sucesivos y se puede reconocer en la pared del cuerpo de la lombriz por el menor espesor del epitelio e interrupción de la musculatura circular.

Prostomio. Es una pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento del cual está separado por un surco. Existen 5 tipos principales de prostomio: prolóbico, proepilóbico, epilóbico abierto, epilóbico cerrado y tanilóbico.

Peristomio. Es el primer segmento. Envuelve la boca y no tiene quetas o cerdas. Su superficie es lisa y está recorrida por numerosos surcos longitudinales.

Quetas o cerdas. Son estructuras primariamente locomotoras formados en invaginaciones de la piel. Es uno de los principales caracteres taxonómicos externos. Están presentes a partir del segundo segmento y ausentes en la última porción del cuerpo, la cual no se enumera como segmento, el pigidio.

Poros dorsales. Son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos intersegmentarios a lo largo de la línea media dorsal. Son difíciles de observar. Es de importancia mencionar su presencia o ausencia.

Nefridioporos. Son aberturas excretoras presentes a lo largo del cuerpo de la lombriz, un par en cada segmento.

Poros espermatecales. Raramente ausentes, en general ubicados en algunos surcos intersegmentarios pre-clitelaes.

Poros femeninos. En general ubicados en el segmento XIV.

Poros masculinos. Son las aberturas de los canales que transportan el semen. En general hay un par, ubicados después de los poros femeninos.

Surcos seminales. Es un par de surcos transitorios formados durante la cópula y van desde los poros masculinos hasta el clitelo.

Clitelo. Es un espesamiento glandular, superficial en algunos segmentos. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos. Puede tener una forma anular, es decir que envuelve completamente los segmentos en los cuales se encuentra, o tener la forma de una silla de montar, cuando no envuelve la parte ventral de los segmentos.

2.4 Características internas.

Estos caracteres se pueden observar después de realizar la disección de la lombriz, y con la ayuda de instrumental óptico adecuado. Algunas características internas más importantes son:

Tabiques. También llamados septos, son las paredes que separan los segmentos sucesivos y están formados por el peritoneo, una de las capas de la pared de la lombriz. Se denotan con fracciones, es decir el tabique o septo 9/10 es el que separa los segmentos IX y X. En general no se encuentran en los primeros segmentos.

Faringe. Es el primer compartimento del tubo digestivo, que sigue a la boca. Después de éste, continúa el esófago.

Molleja. Es la parte gruesa y musculosa del tubo digestivo. Puede estar situada en el esófago, la molleja esofágica, o en el comienzo del intestino, molleja intestinal.

Glándulas de Morren. Son las que se encargan del metabolismo del calcio. Cuando existen, están ubicados en el esófago.

Intestino. Se puede reconocer gracias a la transición brusca con el esófago y muchas veces por la presencia de válvulas.

Ciegos intestinales. Son los apéndices huecos y terminados en fondo de saco, que aparecen en el trayecto del intestino.

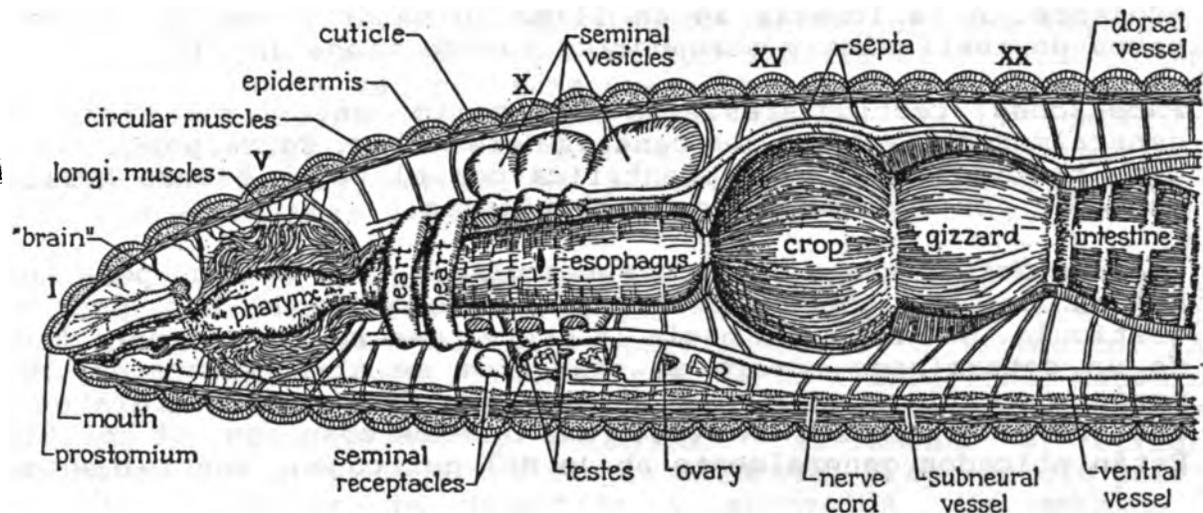


Figura 2. Características internas de la lombriz de tierra

Nefridios. Es el órgano central del sistema excretor. Funciona como un pequeño riñón filtrando tanto el líquido que circula en los compartimentos celómicos como la sangre. Se denominan holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmento y meronefridios cuando tiene más de un par de nefridios por segmento.

Vasos dorsal y Ventral. Dentro del aparato circulatorio son los principales. El vaso dorsal se ubica sobre el tubo digestivo y el vaso ventral debajo de éste. El vaso dorsal puede ser doble en algunos segmentos de la parte delantera del cuerpo.

Vaso supra-intestinal y supra-esofágico. Vaso impar, no siempre presente. Situado longitudinalmente entre el esófago-intestino y el vaso dorsal.

Vaso Extra-esofágico o latero-esofágico. Vaso par que corre a los lados del esófago, longitudinalmente, entre éste y los corazones. A veces se fusiona en un vaso único sobre el esófago.

Corazones. Son asas pares, contraídas situadas en la región esofágica del cuerpo, ligando los vasos dorsal y supra-intestinal con el ventral. Pueden ser de tres tipos: corazones laterales son los que se ligan directamente al vaso dorsal con el ventral; corazones intestinales o esofágicos, cuando existen son los que conectan directamente el vaso supra-intestinal con el ventral; corazones latero-intestinales o latero-esofágicos, cuando existen son los que ligan el vaso dorsal y el suprainestinal con el ventral.

Testículos. Están presentes de a uno o dos pares de tamaño pequeño y ubicado ventralmente antes de los segmentos 10 y 11, rara vez más adelante. A la lombriz se le llama holoándrica cuando tiene dos pares de testículos y meroándrica cuando tiene un par.

Pabellones testiculares. Es la parte anterior, alargada y generalmente plegada a los canales deferentes. Corresponde uno para cada testículo y se les identifica por el color blanco brillante debido a los espermatozoides aglutinados.

Canales deferentes o conductos masculinos. Son los que permiten la salida de los espermatozoides, correspondiendo uno para cada testículo. Se prolongan hacia la parte trasera del cuerpo y después de un determinado número de segmentos se abren a través de los poros masculinos. Después de los pabellones testiculares los canales pueden formar un ovillo más o menos compacto, el epidídimo. Están ubicados generalmente abajo del peritoneo, ventralmente.

Sacos testiculares. Son las cámaras que envuelven a los testículos y los pabellones testiculares, formadas por el peritoneo, no están siempre presentes.

Vesículas seminales. Son envaginaciones pares del tabique posterior y/o anterior de los segmentos testiculares. Son voluminosos y blandos debido a los espermatozoides en sus interior.

Ovarios. Están presentes en general de a un par y entonces las lombrices se denominan metaginidas. Es poco frecuente cuando las lombrices tienen dos pares, en este caso las lombrices se denominan hologénicas. Se les encuentra comunmente en el segmento número 13.

Ovisacos. Son evaginaciones pares del tabique posterior del segmento que contiene el ovario. No siempre están presentes.

Espermatecas. Son los sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula. Es extraño cuando no están presentes.

2.5 Anatomía y fisiología.

Pared del cuerpo.

La pared del cuerpo de la lombriz de tierra es circular y alargada en forma de cilindro, está compuesta por una serie de capas: cutícula, epidermis, musculatura circular, musculatura longitudinal, y peritoneo. Esta pared es altamente permeable con respecto al agua, y se seca rápidamente en medios secos; juega un rol muy importante en el intercambio gaseoso.

Aparato digestivo.

El aparato digestivo de la lombriz es de forma tubular y recta, con una abertura anterior, la boca, y una posterior, el ano. Está formado por los compartimientos siguientes: cavidad bucal, faringe, esófago, buche, molleja, y el intestino. Entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo se forma una cavidad llamada celoma. Esta cavidad se encuentra dividida simétricamente, en cada segmento, en dos compartimentos, en cuyo interior circula el líquido celómico que junto con la sangre transportan el alimento, los desechos, y los gases respiratorios dentro del cuerpo de la lombriz. El alimento es masticado en la molleja, del cual pasa al intestino, en donde las grasas, proteínas y carbohidratos son atacadas por diferentes enzimas digestivas.

Las paredes de la faringe están provistos de una gran cantidad de células glandulares oscuras que segregan un mucus que contiene una proteosa. Este mucus sirve para humedecer el alimento. En el extremo distal del esófago encontramos unas dilataciones denominada buche y molleja. El buche funciona como un órgano de almacenamiento temporal, humedeciendo y ablandando previamente el alimento; mientras que la molleja tritura el alimento, preparándolo para los estadios finales de digestión y absorción. Un detalle muy importante que merece especial consideración es que las lombrices poseen en el esófago las llamadas glándulas calcíferas o de Morren. Estos son unos órganos especiales, que cumplen la función de controlar la concentración de ciertos iones en la sangre, especialmente de Ca y carbonatos.

El tracto digestivo de la lombriz segrega algunas enzimas como pepsina y tripsina que actúan sobre las grasas; amilasas que actúan sobre los carbohidratos. Luego, los alimentos digeridos son absorbidos por el torrente sanguíneo a nivel del intestino y los materiales no digeridos son excretados por el ano.

Aparato Circulatorio.

La sangre circula en el cuerpo de la lombriz a través de vasos a lo largo de ella. Entre los segmentos VII y XI se conectan los vasos dorsal y ventral a través de cinco pares de tubos musculares, los corazones, que se encargan de enviar la sangre hacia la parte posterior de la lombriz a través del vaso ventral. A través del vaso dorsal, sobre el tubo digestivo, circula la sangre hacia adelante. Esta circulación dorsal toma alimento de los senos y

capilares del intestino y lo lleva hacia la parte anterior del cuerpo. El vaso ventral distribuye la sangre lateralmente y hacia afuera en cada segmento, alimentando los nefridios y la pared del cuerpo de la lombriz; regresan al vaso dorsal a través de los vasos segmentarios eferentes y el vaso parietal. Los vasos neurales transportan parte de la sangre recién oxigenada a través de los vasos parietales hacia el vaso dorsal.

Aparato neurosensorial.

Las lombrices de tierra carecen de ojos, en su lugar existen en la piel células fotosensibles, las cuales les permite reaccionar frente a la luz, evitándola, ya que expuesta a ella muere en pocos minutos. Existen más células fotosensibles en el prostomio y en los segmentos anteriores que en las otras partes del cuerpo. En la epidermis se encuentra el sentido del tacto que se centra en las terminaciones nerviosas y en las células neurosensoriales, que le permite a la lombriz percibir vibraciones las cuales les provoca estrés.

En la epidermis, hay también nervios especializados en reaccionar solo al pH. También existen órganos gustativos que permiten distinguir entre diferentes tipos de alimentos. La temperatura es otro de los impulsos que la lombriz puede percibir a través de su aparato neurosensorial.

Sistema respiratorio.

El intercambio gaseoso se lleva a cabo en la superficie del cuerpo de la lombriz. El extremo posterior del cuerpo ondea rítmicamente para ventilar su superficie. Cuando le falta oxígeno, la lombriz saca al exterior una parte mayor de su extremo posterior y aumenta la frecuencia de sus movimientos de ventilación. La lombriz absorbe oxígeno y anhídrido carbónico a través de una red fina de capilares ubicados cerca de la cutícula. La cutícula se mantiene húmeda constantemente, lo cual posibilita el intercambio de gases.

Sistema excretor.

Como ya se ha explicado anteriormente, la sangre y el líquido celómico se encargan de transportar los desechos dentro del cuerpo de la lombriz. En principio existe un par de nefridios en cada segmento, excepto en los tres primeros y en el último. Los desechos pasan a ellos a través del líquido celómico. Los nefridios funcionan como pequeños riñones; el líquido celómico entra a través del nefrostoma, que es la abertura del nefridio en la cavidad del cuerpo; continúa dentro del nefridio recorriendo los distintos tubos (tubo estrecho, medio, ancho y muscular), en donde se realiza la filtración de los desechos. El nefridio termina en una abertura, el nefridioporo, en el lado ventral de cada segmento a través de la pared del cuerpo de la lombriz, donde se produce la secreción de los desechos.

Sistema nervioso.

En contacto con la epidermis existe un plexo nervioso subepidérmico que se engruesa para formar un par de cordones nerviosos ventrales, conectados en cada segmento por comisuras. En los puntos de unión de los cordones nerviosos y las comisuras existen ganglios. En el extremo anterior del cuerpo hay un anillo nervioso periesofágico, el cerebro, formado por un par de ganglios cerebrales dorsales conectados entre sí por una comisura cerebral ubicada en el tercer segmento. En cada segmento se puede ver un ganglio. Del cordón nervioso y de los ganglios salen ramificaciones de nervios sensibles a la luz; son más abundantes en los extremos de la cabeza y de la cola.

Sistema reproductor.

Las lombrices de tierra son hermafroditas, esto quiere decir que poseen los dos sexos, el masculino y el femenino. El sistema reproductor masculino, en general, se compone de dos pares de testículos ubicados en distintos segmentos en la parte delantera del cuerpo. A través de los conductos masculinos se transporta el semen el cual sale algunos segmentos más atrás vía los poros masculinos que son las aberturas de estos conductos. Las espermatecas son los sacos que reciben el semen de la otra lombriz durante la cópula.

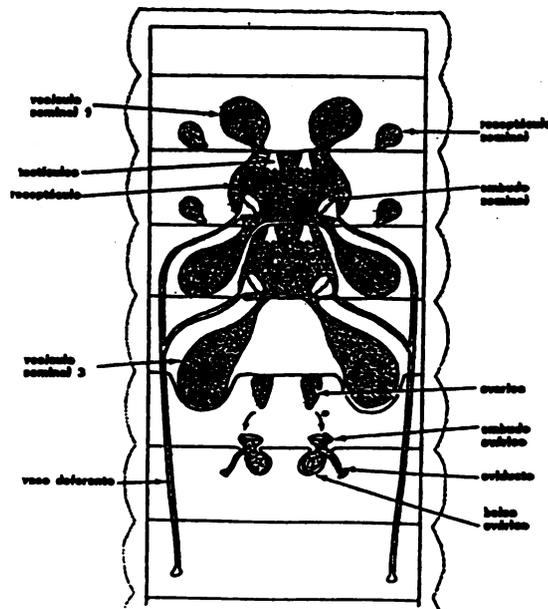


Figura 3. Sistema reproductor de la lombriz de tierra

El sistema reproductor femenino está formado por los ovarios, en general un par, los cuales están situados entre los testículos y los poros masculinos, los ovisacos que es donde los huevos son depositados, y los oviductos, por donde salen los huevos.

2.6 *Eisenia fetida*.

Dentro de los oligoquetos, la lombriz *Eisenia fetida* pertenece a la familia Lumbricidae, y dentro de ésta a la subfamilia Lumbricinae.

Savigny (1826), usó la grafía fetida en el nombre de esta especie, Duges (1837) la corrigió por foetida, ortografía latina más usada. Según los artículos correspondientes del Código de Nomenclaturas Zoológicas, esta corrección no es válida; aún así, en la actualidad, el nombre *Eisenia foetida* es comunmente usado y por lo tanto aceptado por muchos autores (Lund 1987).

Eisenia foetida es de color variable, comúnmente con franjas transversales, cubriendo cada segmento, de color púrpura, rojo oscuro o rojo castaño. Entre cada segmento y más angostas que las rojas se reconocen franjas de color amarillento. El largo de la lombriz varía entre 30 y 130 mm, pero en general mide alrededor de 70 mm. Su diámetro varía entre 3 y 5 mm. Puede tener entre 80 y 131 segmentos. El prostomio es de forma epilóbica. El primer poro dorsal se encuentra entre 4/5 o 5/6. Tiene dos pares de poros espermatecales en 9/10 y 10/11, próximos a la línea media dorsal. Los poros femeninos, al lado de la cerda b y en el segmento XIV. Poros masculinos en poroforos pequeños restringidos al segmento XV, entre las quetas b y c. El clitelo ocupa de 6 a 8 segmentos entre XXIV, XXV, XXVI, XXVII-XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV, comúnmente entre XXIV, XXV-XXXI, XXXII. Dos pares de testículos en los segmentos X y XI. Tubérculos puberales como dos fajas continuas ocupando entre 3 y 6 segmentos, generalmente 3, entre XXVII, XXVIII-XXX, XXXI, XXXII. No presenta tabiques especialmente musculosos. El intestino comienza en XV. Los corazones están ubicados entre VII y XI. Canales deferentes con epidídimo. Cuatro pares de vesículas seminales en IX-XII. Dos pares de espermatecas, las cuales se encuentran, en general, entre IX y X, con conducto intraparietal.

III. REPRODUCCION DE LA LOMBRIZ DE TIERRA

3.1 Generalidades.

La reproducción en las lombrices de tierra varía desde el entrecruzamiento normal a la partenogénesis facultativa (Satchell 1971). Las lombrices de tierra son hermafroditas, cada individuo produce espermatozoides y óvulos (Ville et al 1970); El sistema reproductor consta de órganos masculinos y femeninos dispuestos en la región ventral (Di Persia 1980), entre los segmentos 9-14.

El estudio de la reproducción de las lombrices de tierra es un aspecto básico y fundamental dentro del campo de la lombricultura el cual nos va a permitir tener una noción clara del potencial reproductivo del material con que se está trabajando.

El sistema reproductor masculino está conformado por 2 pares de testículos, localizados entre los segmentos 9 y 10 cuya función es la de producir los espermatozoides. Estos últimos se depositan en unos sacos voluminosos conocidos como vésiculas seminales (2 pares) en la que los espermatozoides terminan su desarrollo. Durante la cópula, el semen depositado en las vesículas es transportado por unos conductos o canales deferentes, el cual se prolonga más atrás hasta terminar en los poros masculinos que son aberturas, en general un par, por donde salen los espermatozoides. Cuentan también con receptáculos seminales o espermatecas que son unos sacos que reciben el semen de la otra lombriz durante la cópula; están ubicados entre los segmentos 9 y 10.

El sistema reproductor femenino está formado por 2 pares de ovarios, ubicados entre los segmentos 13 y 14, cuya finalidad es la de producir los óvulos, los cuales se depositan en los ovisacos. Durante el desarrollo de la fecundación los óvulos salen por unos conductos denominados oviductos hasta los poros femeninos (XIV) que son aberturas de la pared del cuerpo por donde son expulsados.

Aunque algunas especies presentan partenogénesis uniparental, con autofecundación, que puede ser facultativa u obligada, la mayoría tiene reproducción biparental. En esta última, dos lombrices se enlazan en forma invertida; la parte anterior del cuerpo de una se junta con la parte anterior de la otra en dirección contraria. Ambos funcionan como machos depositando semen en las espermatecas de la otra. Al juntarse las lombrices secretan una mucosa la cual ayuda a la pareja a mantenerse unida durante la cópula, y al separarse las lombrices envuelve la parte anterior de cada una. Esta mucosa se endurece formando una especie de tubo del cual la lombriz se desprende retrocediendo. Al llegar el tubo al segmento 14, recibe los óvulos maduros que son eliminados por los poros femeninos y al pasar por el segmento 9 recibe de los receptáculos seminales los espermatozoides intercambiados durante la cópula, luego se produce la fecundación. Por último, el tubo es

eliminado del cuerpo de la lombriz pasando por la cabeza, y las aberturas del mismo se cierran formando una cápsula dentro de la cual se desarrollan las nuevas lombrices. Después de unas semanas la cápsula eclosiona, se abre, y las lombrices pequeñas salen de ella (Lund 1987).

Adell y Mensua (1989), citan a varios investigadores para resumir las características reproductivas de la Eisenia foetida. Los individuos de esta especie son hermafroditas y muestran reproducción cruzada. Cada individuo después de una cópula produce cocones en número variable. A 20°C un número variable de individuos emerge de cada cocón después de un período de 2 - 4 semanas. La madurez sexual ocurre entre 40 y 50 días después de la eclosión, dependiendo de la temperatura y contenido de humedad en el medio de cultivo. El estado de adulto se caracteriza por la presencia del clitelo.

Estudios realizados por el TCCS-UNSCH, sobre los aspectos reproductivos de Eisenia foetida, y las locales "Roja Ayacuchana", y "Linda Andahuaylina", demuestran las bondades de las especies locales, principalmente la "Linda Andahuaylina" con cualidades incluso mejores que la misma E. foetida que tiene más de medio siglo de explotación en condiciones de cautividad.

3.2 Producción de cápsulas y número de lombrices/cápsula.

La reproducción de las lombrices tiene lugar durante todo el año cuando las condiciones son apropiadas (Satchell 1971). Las lombrices jóvenes alcanzan la madurez sexual a los 3 meses, tiempo que coincide con la formación del clitelo.

El apareamiento en la E. foetida, bajo condiciones favorables ocurre cada 7 días. En la "Roja Ayacuchana" y "Linda Andahuaylina", también se ha observado esta característica.

Entre los principales factores que influyen en la producción de cápsulas podemos mencionar los siguientes: especie, densidad poblacional, calidad del alimento, temperatura y humedad del medio.

Especie y densidad poblacional:

En un experimento efectuado por León (1990) en el TCCS-UNSCH, encontró que bajo las condiciones ambientales utilizando una densidad poblacional de 2,500 lombrices/m² la especie "Roja Ayacuchana" produjo aproximadamente 28,900 cápsulas, de los cuales eclosionaron como promedio la cantidad de 14,750 cápsulas con 3.03 nuevas lombrices/cápsulas; mientras que la E. foetida con la misma densidad poblacional, produjo aproximadamente 27,650 cápsulas de los cuales llegaron a aclosionar como promedio 18,300 cápsulas con 3,12 lombrices/cápsula. Todo esto se realizó durante un período de 2 meses, lapso en el cual el alimento ha sido humificado por las lombrices.

El manejo de la densidad poblacional es muy importante en el cultivo de lombrices. Reinecke y Viljoen (1990), estudiaron la influencia de la densidad de lombrices (4, 8, 12, 16, 20 individuos/récipiente de 0.5 l) sobre el crecimiento y producción de cocones en lombrices de la especie Eisenia fetida en un período de 60 días; encontró los resultados siguientes: las densidades bajas crecieron rápidamente y produjeron más cocones. La producción acumulada de cocones fue significativamente superior en 4 lombrices/recipiente, siendo el doble que el de 8 lombrices/recipiente y tres veces que el de 12 lombrices/recipiente. León (1991), encontró que la densidad óptima para una buena reproducción (producción de cocones y número de lombrices/cocón) de las lombrices Eisenia foetida y Roja Ayacuchana, está alrededor de 2,500 lombrices/m². A mayor densidad poblacional hay una mayor producción acumulada de cápsulas; sin embargo, el número de lombrices/cápsula decrece. El promedio de lombrices/cápsula, para la densidad óptima, fue de 2.7 para la Eisenia foetida y de 2.3 para la Roja Ayacuchana.

Alimentación:

La calidad del alimento influye en la producción y fecundidad de las cápsulas; si la lombriz es periódicamente trasladada a alimentos frescos la producción de cápsulas y fecundidad aumentan. Acceso constante a alimento fresco implica incremento de peso, lo que a su vez implica una producción de cápsulas más grandes y pesadas que finalmente resulta en una mayor cantidad de nuevas lombrices por cápsula que eclosiona (Holmin, citado por Lund 1987). El alimento en estado de fermentación es muy dañina para la lombriz, ya que produce calor y desarrolla gases nocivos (metano). Si llenamos la superficie del recipiente con alimentos todavía en fermentación, se corre el peligro de ahogar a las lombrices, puesto que ellas respiran por la piel.

Un pH cercano a la neutralidad es una condición favorable para la lombriz de tierra. Un alimento preparado en base a desechos de mala calidad nutritiva disminuye la producción y fecundidad.

La calidad del alimento, también es determinante en la reproducción de las lombrices. Haimi (1990) estudió el crecimiento y reproducción de lombrices de tierra de las especies Eisenia andrei y Eisenia fetida en diferentes sustratos. A los 23 días de crianza, la Biomasa de E. andrei aumentó 4.9 veces en heces de perro y apenas 1.4 veces en residuos sólidos de aguas servidas. En cuanto a la reproducción, Eisenia andrei produjo 3.1 cocones por individuo por semana, mientras que E. fetida, sólo 1.8 cocones por individuo para el mismo período.

Asimismo, la producción de cocones y su fecundidad es inmediatamente afectada por la disponibilidad del alimento. Esta disminuye a medida que pasa el tiempo de crianza, pues las reservas alimenticias disminuyen (León 1991; Satchell 1971).

Humedad.

La humedad es otro de los factores que influye en la reproducción y fecundidad de las cápsulas; una humedad superior al 85% es muy dañina para las lombrices, haciendo que disminuya su reproducción; no obstante, la lombriz puede vivir temporalmente en mucha humedad, pero no trabaja ni se reproduce.

Viljoen y Reinecke (1989), cultivando lombrices de la especie Eudrilus eugeniae en estiércol de vaca, estudiaron el efecto de la humedad del sustrato sobre el crecimiento, maduración y producción de cocones. Encontró que las condiciones más favorables se presentan con una humedad de 80%; niveles de humedad entre 70 y 75% también mantienen los especímenes de manera aceptable, pero niveles sobre 80% y debajo de 70%, fueron desfavorables. Por otro lado niveles de humedad menores de 55% son letales para las lombrices. La producción de cocones (cápsulas) se inicia en promedio a los 45, 47 y 58 días de edad para 80, 75 y 70% de humedad respectivamente con promedios de 1.4, 1.1 y 0.6 cocones por lombriz por día.

Temperatura.

La temperatura es uno de los factores que influye en la producción y fecundidad de cápsulas. Una temperatura alrededor de los 20°C es considerada como la óptima que conlleva al máximo rendimiento de los gusanos. Temperaturas bajas afectan negativamente la producción de las cápsulas; por debajo de los 15°C la lombriz sufre dificultades de varios tipos por lo que se reproducen menos y muchas de las crías llegan a morir. Una temperatura superior a los 35°C, crearía grandes problemas a las lombrices que se verían obligados a huir del lecho y si no pudiesen salir morirían.

Eisenia foetida vive sin problemas en ambiente con temperaturas que fluctúan entre 10 y 25°C. Loher (citado por Lund, 1987) estudió la producción de cápsulas por cuatro lombrices de la especie Eisenia foetida en un período de 10 semanas alimentadas con fango, y encontró que a 25°C se produjeron 410 cápsulas y las lombrices sobrevivieron en un 100%; a 10°C y a temperaturas mayores que 30°C no hubo producción de cápsulas. Tineo y Gil (1990), estudiando el efecto de la temperatura en la reproducción de dos especies de lombrices de tierra durante un período de ocho semanas, también encontraron que por debajo de 10°C no hay producción de cápsulas. En cuanto a la fecundidad, Loher (citado por Lund, 1987) encontró que en temperaturas controladas de 15, 20 y 25°C eclosionaron 2.6, 3.1 y 2.7 lombrices por cápsula, respectivamente.

3.3 Incubación y eclosión.

El período de incubación, tiempo desde el momento de la deposición de las cápsulas en el sustrato húmedo hasta que lleguen a eclosionar, varía según la especie y las condiciones de la crianza (temperatura, humedad y calidad del alimento).

Las temperaturas extremas afectan negativamente la incubación de las cápsulas, temperaturas por debajo de lo óptimo retardan la incubación y las muy altas hacen perder la fecundidad de los huevos.

La figura 4, muestra un esquema del ciclo reproductivo de la lombriz de tierra, evaluadas en las especies E. foetida, Roja Ayacuchana, y Linda Andahuaylina.

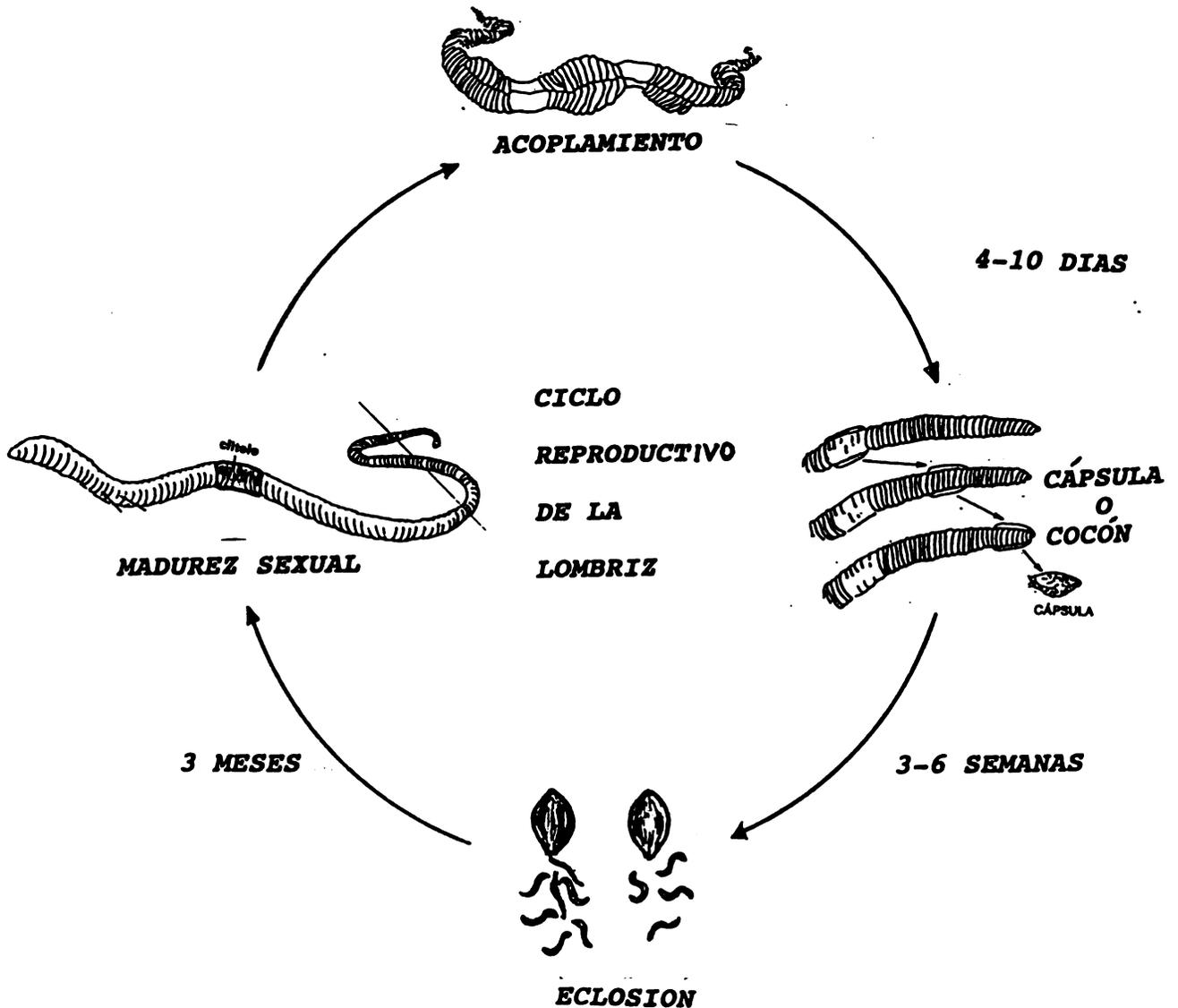


Figura 4. Ciclo reproductivo de la lombriz de tierra. (Eisenia foetida, Roja Ayacuchana, Linda Andahuaylina)

Experimentos efectuados y conducidos por el TCCS-UNSCH, dan a conocer que las cápsulas de E. foetida, bajo condiciones ambientales eclosionan después de 4 a 5 semanas; mientras que las cápsulas de la especie local "Roja Ayacuchana" eclosionan después de 5 á 6 semanas de incubación. También se realizó un estudio del efecto de la temperatura en la producción de cápsulas por Tineo y Gil (1990) en el TCCS-UNSCH, para ello las lombrices se sometieron a 3 condiciones de temperatura: refrigeradora (0-12°C), medio ambiente (10-20°C), e incubadora (22-25°C), durante 8 semanas, al cabo del cual se evaluaron la cantidad de cápsulas producidas y el estado del humus. El resultado indica que la producción de cápsulas en condiciones de incubadora y medio ambiente no difieren; sin embargo, el número de cápsulas eclosionadas en condiciones de incubadora son superiores a los del medio ambiente. Las cápsulas producidas en condiciones de refrigeradora no eclosionaron hasta el momento de la evaluación y en promedio corresponden a un tercio y un sexto de las cápsulas producidas al medio ambiente o incubadora por E. foetida y la "Roja Ayacuchana", respectivamente.

Por otro lado, la humificación del alimento por las lombrices, fue más rápida en condiciones de incubadora (22-25°C) que en condiciones del medio ambiente (10-20°C). La actividad de las lombrices disminuye en condiciones de refrigeradora (0-12°C), por lo que el alimento ha sido sólo parcialmente humificado.

De las cápsulas nacen lombrices idénticas a las adultas (con excepción del tamaño) de color blanco; al cabo de 3 a 4 días adquieren un color rosáceo.

IV. CRIANZA Y MANEJO DE LOMBRICES DE TIERRA CON FINES AGRICOLAS

4.1 Generalidades.

De los muchos animales valiosos que el hombre utiliza en la explotación agropecuaria, las lombrices de tierra realizan una de las labores más beneficiosos, consumen los residuos vegetales y estiércoles para luego excretarlos en forma de humus, abono orgánico de excelentes propiedades para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Al mismo tiempo se reproducen convirtiéndose en una fuente interesante de proteína animal, para su uso como harina o como alimento fresco.

Conocida como "lombricultura" la crianza y manejo de las lombrices de tierra, es una nueva bio-tecnología que se realiza con la finalidad básica de obtener dos productos de gran importancia para el hombre; el humus y la harina de lombriz, el primero como el mejor fertilizante orgánico y la segunda como una excelente fuente proteica para la alimentación animal.

La crianza intensiva de la lombriz de tierra es una actividad que en la actualidad se desarrolla en todo el mundo, con esta técnica se acelera el proceso de descomposición de los desechos orgánicos utilizados como alimento de las lombrices, que crecen y se reproducen con rapidez en espacios muy reducidos alcanzando altas densidades poblacionales.

La Eisenia foetida es una de las especies más utilizada en el cultivo intensivo; se le puede cultivar en pequeña y gran escala, bajo techo o a la interperie con distintos tipos de alimento y con diversos climas; otra especie actualmente utilizada en Ayacucho, Perú, es la que se conoce como "Roja Ayacuchana", la que también puede usarse con los mismos fines.

Los principios del cultivo de la lombriz de tierra, en general, son válidos para todas las especies; las diferencias se encuentran en algunos detalles como el clima, densidad máxima poblacional, ciertos elementos en el alimento, etc.

Para iniciar una crianza exitosa de la lombriz de tierra para la obtención de humus son necesarios algunas herramientas e instrumentos: Palas y trinchas para hacer la mezcla del alimento y para trabajar en los lechos; una manguera con rociador para realizar un riego adecuado y uniforme en el alimento y en los lechos; papel tornasol o un medidor para el control del pH del alimento; carretilla para el transporte del alimento a los lechos y para la extracción del humus desde los lechos; malla gruesa o red de pescador para la cosecha de las lombrices y malla fina para tamizar el humus.

4.2 Lombricultura.

La crianza y el manejo de las lombrices de tierra, más conocida como lombricultura, comprende las siguientes fases:

- 1) Preparación de lechos o camas de crianza.
- 2) Preparación del alimento.
- 3) Alimentación de los lechos (inoculación de las lombrices).
- 4) Manejo de lechos (riegos, duplicación, etc.)
- 5) Cosecha del humus.

4.2.1 Preparación de lechos.

Para las lombrices, el hábitat adecuado es la cama, lecho o lítera en la cual encontraran todos sus requerimientos y así no podrán escapar ni por debajo ni por los costados si estos cumplen las condiciones alimenticias básicas. Por esta razón, la fase de preparación de lecho requiere de reglas precisas, las que permitirán conducir con éxito esta técnica. Las camas o lechos son largos pasillos de 1 m de ancho y longitud variable (10 a 30 m) con una altura media de 25 cm; el material a emplearse puede ser madera, caña de bambú, troncos; ladrillos y/o cualquier otro material no oxidable de poco espesor. Los bordes permiten conservar la humedad del lecho e impiden que el alimento se desmorone por los costados. El largo de los lechos puede variar a gusto y necesidad del lombricultor existiendo lechos de 1 m². El ancho por el contrario, no permite grandes variaciones por razones prácticas, ya que el lecho no se debe pisotear. La altura tampoco permite variaciones debido a la presión ejercida por el alimento lo cual trae consecuencias negativas en el cultivo.

La orientación del lecho tiene que ser tal, que permita la salida de todo el agua de exceso; no tiene que haber zonas donde el agua quede estancada. El agua retenida debajo de los lechos mata a las lombrices. Los lechos deben construirse con la misma dirección en que soplan los vientos y en posición que permita percibir la mayor cantidad posible de los rayos solares. Algunos modelos de disposición de lechos de 1 m x 10 m, se muestran en la figura 5.

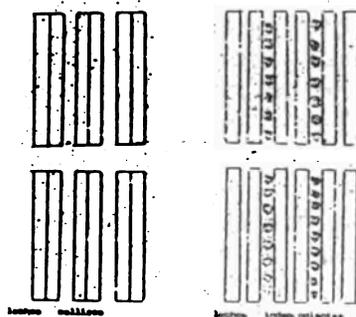


Figura 5. Disposición de lechos en una explotación comercial.

4.2.2 Preparación del alimento.

Las lombrices de tierra consumen desechos orgánicos de origen vegetal y animal que previamente deben prepararse mediante una fermentación aeróbica. Esta fermentación es el resultado de la actividad de una serie de microorganismos de diferentes grupos. El tiempo que dure la fermentación dependerá de factores como la temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno, pH y la disponibilidad de nutrientes, dada la composición química de los residuos orgánicos utilizados.

El alimento se prepara en pilas, las que se forman en varias capas sucesivas de paja y estiércol. Primero se distribuye una capa entre de 5 a 10 cm de alto de paja o rastrojo vegetal, sobre ésta se aplica una capa de estiércol de 5 a 20 cm (dependiendo del tipo de estiércol animal), luego una capa de paja o fibra vegetal y sobre esta una nueva capa de estiércol, y así sucesivamente hasta que la pila alcance una altura de 80 a 120 cm; sobre cada capa de estiércol se riega con agua en cantidad suficiente como para mojar la capa inferior de paja. Una vez hecha la pila, regar con abundante agua hasta que todo el sustrato quede empapado. La pila se deja reposando unos días (2 ó 3) al cabo del cual la temperatura sube hasta 40-50°C, pudiendo llegar de 60-70°C e incluso en alguna ocasión hasta los 80°C; éstas altas temperaturas queman rápidamente el alimento desde el interior destruyendo gran parte de la flora microbiana y hacen perder el valor nutritivo del alimento. Para contrarrestar este efecto se debe airear la pila, volteándola y rociándola con agua cada vez que la temperatura suba hasta los 35-40°C, la que puede determinarse al tacto. La aireación no sólo baja la temperatura, sino también acelera la descomposición aeróbica permitiendo que la flora microbiana colonice la pila.

El alimento se considera preparado cuando en la pila la temperatura se haya estabilizado, el pH esté en las cercanías a la neutralidad, estén ausentes las sustancias químicas tóxicas y con una humedad de 70-80%. Estos requisitos indispensables se cumplen una vez que el alimento se haya descompuesto o fermentado, lo que ocurre entre 3 a 6 semanas dependiendo del tipo de estiércol usado, siendo el tiempo mayor cuando el estiércol es de aves y menor cuando el estiércol es de vacuno, ovino y caballos. Además los componentes vegetales y el estiércol se tornan de color café oscuro. El pH se controla con un papel tornasol o un medidor de pH, pero a falta de estos instrumentos se pueden confiar en el olfato, ya que la neutralidad implica que el hedor típico del estiércol desaparece. La humedad se controla tomando un puñado del alimento y exprimiéndolo deben caer algunas gotas de líquido.

En vista de que el estiércol a emplearse puede ser de diferentes animales se recomienda la siguiente relación práctica para la preparación del alimento:

Estiércol de aves	:	paja	=	1:1 en volumen
Estiércol de vacuno	:	paja	=	3:1 en volumen

El alimento puede consistir entre otros elementos, de estiércol de animales, papel, cartón, pajas, cascara de semillas, alimentos deteriorados, residuos industriales, etc.

Para aumentar el crecimiento y la tasa de reproducción de las lombrices el alimento debe tener un alto valor proteico, lo que se logra de preferencia con estiércol de conejos, de vaca y paja de alfalfa. La textura del alimento es también muy importante en estos casos, siendo más fácil para la lombriz ingerir alimento bien molido, por lo que se recomienda utilizar pajas molidas fácilmente degradables.

Asimismo, la calidad del humus es reflejo de la calidad del alimento que se utilice, la que depende de la ausencia de toda materia inorgánica como piedras, plásticos, gomas, metales y sustancias tóxicas.

En la práctica, la persona que se dedique a criar lombrices puede preparar el alimento con los elementos que tiene a la mano. No se recomienda cambiar el tipo de alimento con frecuencia ya que el crecimiento, desarrollo y reproducción disminuye hasta que las lombrices se adapten al nuevo medio.

4.2.3 Alimentación de lechos (inoculación de lombrices).

Antes de poner a las lombrices en contacto directo con el alimento de los lechos, debemos asegurarnos que la fermentación del material se haya ultimado, para lo cual se procede a realizar una prueba; esta prueba garantizará la supervivencia de las lombrices y el éxito de la nueva explotación. La prueba de supervivencia, conocida comúnmente como P50L corresponde a la abreviatura "Prueba de 50 lombrices".

Para realizar la prueba P50L, se procede a colocar en una caja de madera (de dimensiones 30x30x15 cm), suficiente cantidad de alimento preparado para tener una capa de 8-10 cm; luego se colocan 50 lombrices adultas sobre el alimento y se riega adecuadamente de modo que todo el conjunto quede bastante húmedo, pero no encharcado. Las lombrices se introducen solas y tratarán de descubrir si el nuevo hábitat es adecuado o no para garantizar primero su supervivencia y después su acción productiva. Pasados 24 horas hay que verificar si las 50 lombrices se encuentran en condiciones óptimas de salud. Si falta una sola lombriz y/o se encuentran algunas muertas, el alimento no reúne aún las condiciones adecuadas y hay que proceder a verificar las oportunas correcciones. Por el contrario, si todas las lombrices están vivas y se han distribuido en el medio, el alimento ha sido correctamente preparado y se puede proceder a la inoculación de las lombrices en el alimento.

La alimentación de lechos o inoculación de lombrices se realiza de la siguiente forma: El piso del lecho sobre el que se van a criar las lombrices se cubre con una capa de paja de 5 cm; sobre

esta capa se carga el alimento de manera que el espesor oscile entre los 7 y 10 cm, sobre toda la superficie del lecho (aproximadamente una carretilla por m²). Las nuevas lombrices que generalmente vienen en cajas en densidades de 50,000/caja se separan en grupos de 2,500 a 5,000 lombrices; cada uno de estos grupos se depositan sobre el alimento en montículos a una distancia de 1 m entre cada grupo; las lombrices penetran inmediatamente en el lecho y se distribuyen en todo el alimento en pocas horas, y comienzan a alimentarse y reproducirse.

4.2.4 Manejo de lechos.

El manejo de los lechos consiste en principio en alimentar, proporcionar agua y proteger a las lombrices.

El alimento se debe suministrar periódicamente, ya sea quincenal o mensualmente dependiendo de la cantidad del alimento, la densidad poblacional y la disponibilidad de tiempo del criador de lombrices. El alimento preparado se coloca a lo largo de los lechos en forma de lomo de toro, este sistema permite controlar si el alimento es apropiado o está correctamente preparado, viendo después de 2 ó 3 días si el interior del lomo se encuentran las lombrices colonizando el alimento nuevo; la ausencia de lombrices descalifica el alimento por lo que habría que removerla y cambiarla por otro. El sistema lomo de toro tiene además la ventaja de que permite determinar cuándo hay que alimentar nuevamente el lecho; esto ocurre cuando el lomo ha sido consumido del todo por las lombrices, viéndose el lecho plana en la superficie.

La humedad de los lechos se debe mantener entre 70 y 75%, lo cual se controla con el método antes indicado, es decir se estruja un puñado del alimento y si la humedad es suficiente caerán unas gotas. En general, pero sobre todo en épocas calurosas, se recomienda un control diario de la humedad. Para regar los lechos se recomienda una manguera con rociador fino que distribuya el agua uniforme. Para evitar riesgos frecuentes se debe cubrir con capa de paja (mulch), lo que evitará la rápida evaporación del agua.

Cuando hay lluvias torrenciales se pueden formar pozas en los lechos donde las lombrices mueren ahogadas, además la lluvia causa un momento de estrés en la población y muchas lombrices instintivamente y con ayuda de la humedad de la lluvia se desplazan fuera del lecho al cual no retornan por si solas. El mejor remedio contra las lluvias torrenciales es un techo sobre los lechos aunque es una solución poco práctica y costosa. Además se puede complementar con agujeros de drenaje de 1" a distancias de 1 m en la parte lateral de los lechos.

Como parte del manejo de los lechos se recomienda llevar periódicamente un registro con datos de fecha de instalación, frecuencia de la alimentación y riego, fecha de expansión y duplicación, fecha de cosecha del humus, fecha de cosecha de lombrices o cálculo de la densidad poblacional periódica.

4.2.5 Recolección del humus.

El humus de lombriz es el excremento de la lombriz, es decir el alimento procesado en el intestino y excretado en forma de pequeños granos. La cosecha del humus se realiza después de 4 a 6 horas de instalado el lecho. El tiempo que demora una población de lombrices para humificar una cierta cantidad del alimento está determinado por la densidad poblacional y el tipo de alimento.

Para la cosecha del humus hay que separar el humus de las lombrices, la que se puede realizar de varias formas; en esta oportunidad mencionaremos sólo dos técnicas: En ambos casos el principio se basa en prolongar el período de no alimentación del lecho por 2 a 4 semanas, de ésta manera las lombrices estarán hambrientas y dispuestas a colonizar el nuevo alimento utilizado como trampa (sistema lomo de toro y sistema del TCCS).

Sistema lomo de toro. Consiste en colocar un pequeño lomo de toro con alimento fresco a lo largo del lecho. Las lombrices más hambrientas, esta vez se van a concentrar en grandes cantidades en el alimento fresco. Después de un par de días se puede remover el pequeño lomo de toro con todas las lombrices que contenga, las cuales a su vez se pueden utilizar para colonizar un nuevo lecho. De esta forma se cosecharán en primer lugar, lombrices grandes y medianas. Este procedimiento y del mismo modo, se puede repetir por lo menos tres veces para lograr separar todas las lombrices. Una vez separadas se retira el humus con carretillas y se puede almacenar durante algún tiempo en depósitos o en bolsas de plástico perforado, bajo sombra y cuidando que la humedad se mantenga en las cercnías del 50%.

Sistema del TCCS. Consiste en colocar sobre una red de pescador el alimento fresco bien distribuido en toda la superficie. Por el hambre que tienen las lombrices suben hacia el alimento fresco a través de las perforaciones de la red. Después de un par de días se trasladan las redes conteniendo las lombrices hacia los nuevos lechos. Este procedimiento se recomienda repetir una vez más para lograr separar todas las lombrices. Como en el método anterior se retira el humus para su almacenaje o utilización inmediata cuidando siempre de que la humedad se mantenga próximo al 50%.

V. IMPORTANCIA DEL HUMUS EN LA AGRICULTURA.

5.1 La materia orgánica en el suelo.

El concepto de materia orgánica en los suelos involucra una serie de compuestos orgánicos en diversos estados de degradación que van desde los materiales recientemente incorporados hasta la fracción más estable que viene a ser el humus. En un sentido amplio, la materia orgánica de los suelos entonces comprende todos los compuestos orgánicos en variado estado de descomposición. En un sentido restringido, a la materia orgánica de los suelos se le identifica estrictamente con el humus.

Normalmente, los suelos sean al estado natural y/o cultivados, mantienen un nivel equilibrado de materia orgánica. Las principales fuentes de humus en suelo pueden ser:

- Estiércoles de diversas especies animales
- Compost o estiércol artificial
- Residuos de cosechas
- Pajas enterradas
- Restos de animales muertos, que viven en y del suelo
- Basuras de población
- Aguas de alcantarilla y restos de pozas de oxidación
- Guano de Islas
- Abonos verdes
- Bioabonos
- Turbas
- Otros, como gallinaza, palomina, algas marinas y lacustres,
- humus de lombrices

5.2 Composición.

La materia orgánica de los suelos tiene una composición variable. Desde el punto de vista de su composición química predominan el C, O, H y N. El contenido de C es aún más variable, dependiendo de muchos factores, como por ejemplo la profundidad, las condiciones de humedad, temperatura, etc. En los horizontes profundos, el contenido promedio es de 40% de C aproximadamente; en la capa arable (superficial) el contenido de C llega aproximadamente a 55%, pudiendo llegar el 60%. Por este motivo, se ha considerado que la materia orgánica posee en promedio 58%, valor del cual proviene la estimación de materia orgánica en los suelos, al multiplicar el % de C fácilmente oxidable por el factor 1.724. Obviamente este valor adquiere un valor empírico que se usa con propósitos comparativos. Del mismo modo el contenido de N varía entre el 4 al 6% de la M.O., asumiendo en promedio el 5% de N que forma parte de la M.O. De aquí se deduce que la relación C/N de la fracción más estable, que viene a ser el humus, está entre 10 a 12.

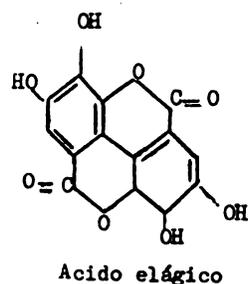
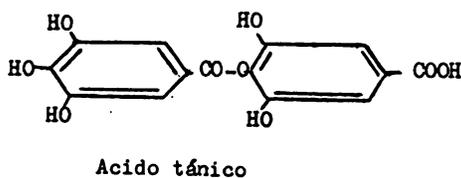
Siendo los residuos vegetales los que más aportan humus al suelo, es necesario examinar acerca de su composición, en el que encontramos:

- a. Hidratos de Carbono (celulosa, hemicelulosa, almidones, azúcares, etc.)
- b. Lignina
- c. Polifenoles (taninos, etc.)
- d. Proteínas
- e. Grasas, ceras
- f. Colorantes, alcaloides y otros componentes menores

De estos compuestos, la celulosa y hemicelulosa, se encuentran en mayor proporción. La lignina y los taninos son de muy lenta transformación por acción de los microorganismos.

La lignina es un polímero aromático, macromolecular, en el que se repiten grupos de propil-benceno con varios sustituyentes (CH_3 , $-\text{OCH}_3$, $-\text{OH}$, etc.). Esta sustancia es bastante estable y resiste los ataques de las enzimas y microorganismos del suelo, permaneciendo en él sin degradarse, durante mucho tiempo.

Los taninos son polímeros polifenólicos, tales como el ácido tánico y elálgico.



Las proteínas son, en parte, metabolizadas por los microorganismos y la fauna, y en parte se insolubilizan y se resisten a la degradación.

Las grasas también se metabolizan, pero algunos componentes (principalmente las ceras) quedan formando parte de la fracción del humus.

Los colorantes y alcaloides, son en general degradados.

5.3 Dinámica de la Materia Orgánica

La materia Orgánica del suelo se encuentra en permanente transformación por acción de la población microbiana (hongos, bacterias y actinomicetos).

En una primera etapa, llamada *humificación*, en la que intervienen fundamentalmente hongos y bacterias; todos los restos vegetales y animales son degradados hasta la condición más estable de la materia orgánica llamada humus. Esta etapa es relativamente rápida, ocurre en 2 a 4 meses, según las condiciones de desenvolvimiento de los microorganismos.

El humus viene a ser la principal reserva de componentes orgánicos del suelo. En una siguiente etapa, el humus sufre otro proceso de transformación por acción esencialmente de bacterias y actinomicetos. Este proceso es relativamente lento, ocurre durante el año, siendo en la primavera y el verano más activa. Por la mineralización, los componentes orgánicos son convertidos en formas minerales; especialmente ocurre con el N, P y S.

En el humus, el N se encuentra formando parte de algunos aminoácidos y proteínas poco solubles, y por mineralización son convertidos en $N-NH_4$ y $N-NO_3$, formas aptas para la nutrición mineral de las plantas.

Los fosfatos en el humus se encuentran como ácidos nucleicos, fosfolípidos, fitinas, inositolfosfato, etc. que al mineralizarse se convierten en $H_2PO_4^-$ y HPO_4^- .

El azufre se encuentra formando parte de aminoácidos como la cistina y cisteína, que al mineralizarse se oxidan hasta SO_4^- .

Como es obvio entender, todos los procesos tanto de humificación y mineralización ocurren simultánea y permanentemente.

En el proceso de mineralización se han identificado los grupos de microorganismos siguientes (Fassbender y Bornemisza 1987):

Microflora

Bacterias:

Micrococcus sp.; Bacterium sp.; Bacillus sp.;
Azotobacter sp.; Clostridium sp.

Actinomicetes:

Streptomicetes; Nocardia sp.

Hongos:

Ascomicetes:

Aspergillus sp.; Penicillium sp.

Hifomicetes:

Dematiacem sp.; Fusarium sp.; Cladosporium sp.;
 Hormodendrum sp.;

Bacidiomicetes*Microfauna protozoaria*

Rizópodos, flagelados, ciliados

Microfauna de animales superiores

Nemátodos, lombrices, hormigas, termitas, colémbolas

5.4 Población microbiana.

La población microbiana en el suelo escapa a la imaginación humana. Según Gros, varía entre 50 a 200 millones de gérmenes ¡por gramo de tierra! Otros autores señalan para suelos fértiles cifras por encima de 2,500 millones por gramo de suelo. Se estima que se forman anualmente por hectárea de 1 a 10 t de cuerpos microbianos.

La Rizósfera es especialmente rica en microorganismos, siendo importante para la nutrición de las plantas, por contribuir a la solubilidad de los elementos minerales y la síntesis de los factores de crecimiento (vitaminas, fitohormonas) e incluso algunas bacterias, luchan contra los gérmenes patógenos del suelo.

Según muchos autores el número de microorganismos varían enormemente. El siguiente Cuadro nos da valores obtenidos en el estudio de un suelo fértil (Burges 1971).

Número de organismos por gramo de suelo agrícola fértil

Bacterias	Recuento directo	2,500'000,000
	Dilución en placas	15'000,000
Actinomicetos		700,000
Hongos		400,000
Algas		50,000
Protozoos		30,000

Existe una alta correlación entre el contenido de materia orgánica y la población microbiana, sin que ello sea determinante, sino condicionante, ya que ésta es el principal substrato de los microorganismos.

Son las influencias ambientales las que determinan en última instancia la cantidad o densidad, actividad y composición de la flora microbiana. Entre las variables principales del medio ambiente destacan la humedad, aereación, temperatura, materia orgánica, acidez o reacción del suelo y suministro de nutrientes inorgánicos.

El siguiente cuadro es ilustrativo acerca de la variación de la población microbiana.

Distribución de microorganismos en el perfil del suelo

Profund. (cm)	Organismos/g de suelo x 1000				
	Bacterias aeróbicas	Bacterias anaeróbicas	Actinomices	Hongos	Algas
3-8	7,800	1950	2,080	199	25
20-25	1,800	379	245	50	5
35-40	472	98	49	14	0.5
65-75	10	1	5	6	0.1
135-145	1	0.4	-	3	-

2.5 Cálculo de Biomasa

Asumamos que un suelo fértil puede tener aproximadamente 10^9 bacterias/g de suelo. Si consideramos el volumen de una bacteria como de una micra cúbica y la densidad promedio de 1.5 g/cm^3 ; la masa será:

$$\text{Masa bact.} = V \times D$$

$$V = 1 \text{ micra}^3 \quad 1 \text{ micra} = 10^{-4} \text{ cm}$$

$$V = (10^{-4})^3 = 10^{-12} \text{ cm}^3$$

$$D = 1.5 \text{ g/cm}^3$$

$$M_b = 10^{-12} \text{ cm}^3 \times 1.5 \text{ g/cm}^3$$

$$M_b = 1.5 \times 10^{-12} \text{ g/bacteria}$$

La masa total de bacterias por gramo de suelo será:

$$M_b = 1.5 \times 10^{-12} \text{ g} \times 10^9 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ g bacterias/g suelo}$$

$$M_b = 1.5 \times 10^{-3} \text{ Kg bacterias/Kg suelo}$$

Asumiendo una masa de 2000 t de suelo/ha, tendríamos:

$$1 \text{ Kg de suelo} \text{ ----- } 1.5 \times 10^{-3} \text{ Kg de bacterias}$$

$$2 \times 10^6 \text{ Kg de suelo} \text{ ----- } X$$

$$X = 2 \times 10^6 \times 1.5 \times 10^{-3} = 3 \times 10^3 \text{ Kg de bacterias}$$

$$X = 3000 \text{ Kg de biomasa/ha}$$

Se han hecho estimaciones que en un suelo agrícola fértil, los diferentes grupos de organismos tendrían una biomasa de:

Bacterias	1	a	10 t/ha
Hongos	0.5	a	5 t/ha
Streptomyces	0.1	a	1 t/ha
Nemátodos	más de 0.1 t/ha		

5.6 Qué es el humus.

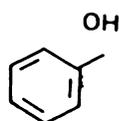
Como habíamos examinado anteriormente, la fracción más estable de la materia orgánica del suelo lo constituye el humus. Ahora bien, podemos definir al humus desde diversos ángulos. Estructuralmente, por su composición, por sus características más destacables, por su efecto en las propiedades del suelo.

El humus es un coloide carente de estructura cristalina, es decir es amorfa; muy compleja, esencialmente de naturaleza ligno-proteica, de elevado peso molecular, polímera y sin organización biológica, de color oscuro, con una relación C/N aproximadamente entre 10 a 12, posee una elevada CIC, generalmente de reacción ácida.

Examinemos algunos de estos aspectos

a) El humus es una mezcla de sustancias macromoleculares con grupos ionizables, esencialmente ácidos. Se trata pues de un polielectrolito macromolecular y amorfo. Sus sales son llamados humatos.

Todos los compuestos húmicos presentan una unidad estructural constituido por un núcleo aromático que puede ser fenol, pirrol, furano, quinona, etc.



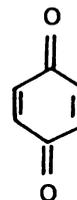
Fenol



Pirrol



Furano

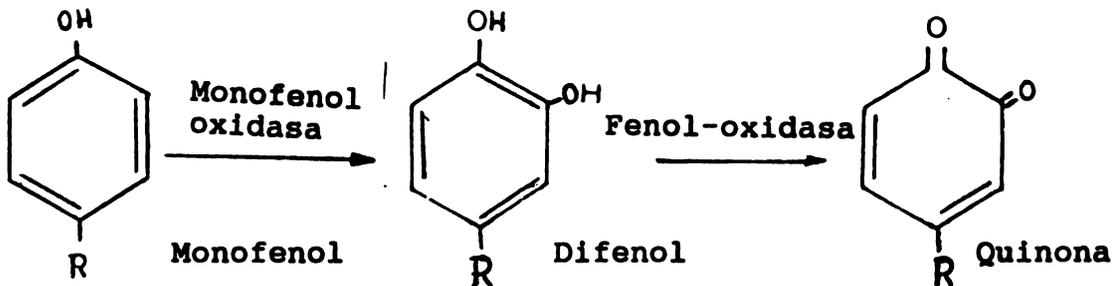


Quinona

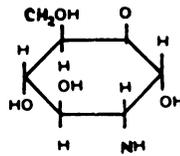
y alrededor uno o varios grupos radicales ácidos, alcohólicos y amínicos, formando cadenas polimerizadas, que le confieren propiedades "secuestradoras" y complejantes al humus.

b) En realidad, en el humus hay miles de formas de macromoléculas diferentes, entre las que podemos mencionar:

- Lignina en diversos grados de transformación y oxidación
- Macromoléculas derivadas de compuestos fenólicos como: taninos, glucósidos fenólicos, flavonoides, antocianos, etc. Los monofenoles al oxidarse pasan a difenoles y quinonas.



- Proteínas, aquellas que difícilmente se degradan, que al incorporarse a la red de lignina forman un complejo ligno-proteico imputrescible. Algunos aminoácidos que resultan de la hidrólisis de proteínas pueden unirse a las quinonas.
- La quitina, homopolímero derivado de la N-acetilglucosamina



N-acetil glucosamina

- Los ácidos poliurónicos
- Mucopolisacáridos

c) En cuanto a la composición elemental, tenemos el siguiente cuadro en porcentaje.

Elemento	Acidos húmicos	Acidos fúlvicos	Huminas
C	56.4	50.9	55.4
H	5.5	3.3	5.5
N	4.1	0.7	4.6
S	1.1	0.3	0.7
O	32.9	44.8	33.8

5.7 Efecto del humus en las propiedades del suelo.

El humus y la materia orgánica cumplen un rol trascendente, al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Así, influye:

En las propiedades químicas del suelo:

- Incrementando la CIC; la materia orgánica en forma de humus posee entre 30-400 meq/100 g, según se trate de suelos ácidos o alcalinos.
- Incrementando la disponibilidad de N, P, S, fundamentalmente del N a través del lento proceso de mineralización.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrogenada.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas, debido a su capacidad de adsorción.

En cuanto a las propiedades físicas:

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos, y ligazón a los suelos sueltos y arenosos. Por consiguiente mejora la porosidad.
- Mejora la permeabilidad y aereación.
- Incrementa la capacidad retentiva de humedad.
- Reduce la erodabilidad de los suelos.
- Confiere un color oscuro al suelo, ayudando a la retentividad de la energía calorífica.

En lo que se refiere a las propiedades biológicas:

- La materia orgánica, constituye el sustrato y es fuente de energía para la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de aereación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.

BIBLIOGRAFIA:

- ADELL, J.C.; MENSUA, J.L. 1989. Study of quantitative characters in the earthworm Eisenia fetida (Oligochaeta, Lumbricidae). *Revue d'ecologie et de biologie du sol* 26(4): 439-449.
- BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. 1966. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Montaner y Simón, Barcelona. 590 p.
- COMPAGNONI, L. 1983. *Cría moderna de lombrices, el abono más económico, rentable y eficaz*. Editorial De Vecchi S.A., Barcelona.
- Di PERSIA, D.H. 1980. Fauna edáfica de la provincia de Santa Fe. III. Oligoquetos (lombrices de tierra), I. Características generales. *CYTA (Argentina)* n° 16: 7-10.
- DONAHUE, R.; MILLER, R.; SHICKLUNA, J. 1977. *Soils: an introduction to soils and plant growth*. 4 ed. Prentice Hall, N.J. 626 p.
- FRAILE, J. 1989. Población de lombrices de tierra (Oligochaeta: Annelidae) en una pastura de Cynodon plectostachyus. Tesis Ms Sc, CATIE, Costa Rica. 236 p.
- HAIMI, J. 1990. Growth and reproduction of the compost-living earthworms Eisenia andrei and E. fetida. *Revue d'ecologie et de biologie du sol* 27(4): 415-421.
- LAVELLE, P. 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biology and fertility of soils* 6(3): 237-251.
- LEON, G. 1991. Influencia de la densidad de lombrices en la producción de humus y reproducción. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH, Ayacucho, Perú. 97 p.
- LUND, -. 1987. *Eisenia fétida* (Savigny, 1826), su descripción y cultivo. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 100 p.
- NUÑEZ, J. 1985. *Fundamentos de edafología*. 2ª ed. Edit. UNED, San José. 184 p.
- PEREZ, L.G. 1992 La lombriz de tierra, potencial y perspectivas de su producción. In III Symposium de especies animales subutilizadas. pp 16-52.
- REINECKE, A.J.; VILJOEN, S.A. 1990. The influence of worm density on growth and cocoon production of the compost worm Eisenia fetida (Oligochaeta). *Revue d'ecologie et de biologie du sol* 27(2): 221-230.

- RUSSEL, E.J.; RUSSEL, E.W. 1964. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. 3 ed. Trad G. Gonzales. Editorial Aguilar, Madrid. 771 p.**
- SATCHELL, J.E. 1971. Lumbrícidos. In Biología del Suelo. Editado por Alan Burges, y Frank Raw. Ed. Omega, Barcelona. 307-378 p.**
- TAYLOR, F. 1948. Cuánto se debe a la humilde lombriz. Selecciones del Read Digest, Julio 1948.**
- TINEO, A.L.; GIL, J. 1990. Efecto de la temperatura en la reproducción de las lombrices: "Roja Ayacuchana" y Eisenia foetida. In Revista de investigaciones, Facultad de Ciencias Agrarias, UNSCH. Ayacucho, Perú.**
- VILLEE, C.; WALKER, W.; SMITH, F. 1970. Zoología. 3ª ed. Trad por F. Colchero A. Nueva editorial Interamericana, México. 834 p.**
- VILJOEN, S.A.; REINECKE, A.J. 1989. Moisture and growth, maturation and cocoon production of Eudrilus eugeniae (Oligochaeta). Revue d'ecologie et de biologie du sol 26(3): 291-303.**

Una lombriz disgregando de noche el suelo cercano a la superficie del terreno y taladrando en las capas inferiores durante el día, expelle de sí en cada 24 horas una cantidad de suelo fértil cuyo peso es igual al suyo propio. El material excretado es alimento excepcionalmente bueno para las plantas. Se ha demostrado experimentalmente que el suelo así enriquecido y reforzado por las lombrices contiene 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fosfatos y 11 veces más potasa que el suelo natural ordinario.

El Dr. Barrett calcula que actualmente tiene en su finca por lo menos un millón de lombrices que convierten desperdicios orgánicos en mantillo y taladran hasta profundidades de cerca de dos metros en el subsuelo rocoso, de donde sacan y traen sustancias minerales que antes estaban fuera del alcance de las raíces de las plantas, las cuales las necesitan para su alimentación completa.

Calcula también el Dr. Barrett que un millón de lombrices pesan poco más o menos tanto como un caballo de tiro, pero que sus músculos ejercen en conjunto una fuerza cien veces mayor que la del caballo. Las lombrices, trabajan sin cesar, al paso que el caballo no ara sino 8 horas por día, y pueden cultivar las plantas cerca de las raíces, a donde el arado no puede llegar. En vez de perjudicar a las raíces, las lombrices abren en el suelo, a veces duro, vías por donde aquellas se extienden fácilmente.

A menudo le preguntaban al Dr. Barrett, por qué no compra el terreno estéril contiguo al suyo y le echa sus lombrices, a lo cual el contesta:

- no quiero más tierra, sino más mantillo. En este terreno puedo producir todas las legumbres y frutas que mi familia necesita, si encargo a las lombrices de abonar el suelo y cultivar las plantas. El error de los agricultores, en cuanto al aumento de la población agrícola, es dar por sentado que se necesitan más tierras, cuando en realidad lo único que se necesita es más mantillo.

El Dr. Barrett, viendo el éxito que había alcanzado, principió a hablar de sus lombrices y sus virtudes maravillosas a todos los agricultores con quienes conversaba y escribió gran número de artículos que se publicaron en revistas agrícolas. Pronto empezó a recibir varios centenares de cartas todas las semanas y escribió un librito, que vende por un dolar. Hasta ahora se ha vendido 19,000 ejemplares. Este librito es compendio de una obra extensa de 200 páginas, en que el Dr. Barrett expone cuanto ha aprendido en diez años de estudio de las lombrices, dos de las cuales pasó en el laboratorio del Instituto de Tecnología de California.

"Toda ciudad -dice- puede tener en el campo un criadero de lombrices alimentadas con desperdicios de cocina, las cuales producirán gran cantidad de excelente mantillo. Tales desperdicios, aprovechados de esta manera pueden proporcionar a una gran ciudad todos sus alimentos".

"La naturaleza necesita de 500 a 1000 años para formar una capa de buen mantillo de unos 25 mm de espesor. En circunstancias favorables, un número suficiente de lombrices pueden formarla en 5 años. Cualquier persona que disponga de un montón de estiércol puede producir suficiente mantillo para su césped, su jardín y su huerta".

"Hay en el mundo más de dos mil millones de habitantes, que para la producción de sus alimentos no cuenta sino con la cantidad decreciente de suelo labrantío que hoy existe. Ya es tiempo que emprendamos la tarea de restaurarlo y reforzarlo, y la lombriz es el agente indicado para ello".

* *Harnessing the Earthworm (Utilización de la lombriz)*. Editado por Bruce Humphries Press. Boston, Mass (E.U.)

El presente documento es una transcripción del artículo con el mismo título, de *Selecciones del Read Digest*, julio de 1948.