

164
2ej.



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

VALOR NUTRITIVO Y COMPOSICION QUIMICA DEL
ENSILADO DE LAS LOMBRICES TERRESTRES
(EISENIA FETIDA Y LUMBRICUS RUBELLUS)
COMO UNA ALTERNATIVA PARA SU UTILIZACION.

Tesis Profesional

Q u e p r e s e n t a :

Amada Laura Reyes Ortigoza

para obtener el título de:

B I O L O G O

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	pag.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
1. Crisis Alimenticia y Aprovechamiento de proteínas	2
2. Las lombrices como fuente alimenticia	3
2.1 Composición Química de las lombrices	4
2.2 Valor Práctico de las lombrices en la Alimentación de animales.	5
2.3 Parásitos	5
2.4 Metales Pesados	6
2.4.1 El efecto químico de los metales en las lombrices.	7
2.4.2 La acumulación de metales tóxicos	8
2.4.3 Los metales en el metabolismo de lombrices	8
2.5 Producción Económica	9
2.5.1 Transformación de desperdicios	9
2.5.2 Mejoramiento en la fertilidad del suelo	10
2.5.3 Producción de Biomasa	10
2.5.4 Pesca deportiva	10
3. El Ensilado	11
3.1 Tipos de ensilados	12
3.2 Valor Nutritivo de los ensilados	13
4. <u>Eisenia fetida</u> y <u>Lumbricus rubellus</u>	14
4.1 Clasificación y Morfología	14

	pag.
4.2 Variables Ambientales	16
4.2.1 Humedad	17
4.2.2 pH	18
4.2.3 Temperatura	19
4.3 Alimentación	19
4.4 Reproducción	20
4.5 Distribución Geográfica	20
Tabla 1	22
Tabla 2	23
Tabla 3	24
Tabla 4	25
Tabla 5	26
Tabla 6	27
Tabla 7	28
OBJETIVOS	29
ANTECEDENTES	30
MATERIAL Y METODOS	31
5.1 Separación de lombrices	31
5.2 Lavado y Análisis químico proximal de lombrices y fuentes de carbohidratos .	31
5.3 Ensilado	32
5.4 Análisis Químicos	33
5.4.1 Evaluación de calidad de fermentación	33
5.4.2 Análisis químico proximal para determinar la composición química .	33

5.4.3 Pruebas para la determinación del valor nutritivo y calidad proteínica .	34
RESULTADOS Y DISCUSION	36
6.1 Calidad de fermentación	36
6.1.1 pH	36
6.1.2 Producción de Ácidos grasos volátiles y ácido láctico.	37
6.1.3 Nitrógeno Amoniacal	38
6.2 Composición Química de los Ensilados	38
6.3 Valor nutritivo de los ensilados	41
6.4 Sugerencias para la posible utilización de este tipo de ensilados .	44
Tabla 8	48
Tabla 9	49
Tabla 10	50
CONCLUSIONES	51
BIBLIOGRAFIA	52

RESUMEN

En este trabajo se realizó la evaluación química de ensilados elaborados a partir de una mezcla de lombrices (Eisenia fetida¹ y Lumbricus rubellus) más sorgo sólo o sorgo con melaza como fuente de carbohidratos, con el fin de determinar su valor nutritivo para alimentación de animales monogástricos .

El experimento se diseñó con 4 tratamientos .Para el tratamiento I se utilizó sorgo (40%) más la mezcla de lombrices (60%); en el tratamiento II hubo iguales porcentajes que en el tratamiento I, pero se agregó HCl concentrado hasta ajustar su pH a 4; el tratamiento III fue a base de sorgo (20%), melaza (20%), lombrices (60%) y finalmente el tratamiento IV tuvo iguales porcentajes que el tratamiento III pero se ajustó su pH a 4 con HCl concentrado.

Los microsilos fueron colocados en frascos de vidrio manteniéndose en condiciones anaeróbicas durante 15 días. Después se procedió a la evaluación química, la que consistió en determinar el tipo de fermentación y calidad del producto en cuanto a proteína verdadera, cruda y digestible; así como contenido de grasa, fibra cruda, nitrógeno amoniacal, extracto libre de nitrógeno, ácidos grasos volátiles, ácido láctico y energía bruta.

Se concluyó que todos los tratamientos cumplieron con los requisitos de un ensilado de muy buena calidad .

1 Sims & Easton (1983), mencionan el cambio de Eisenia foetida a Eisenia fetida.

INTRODUCCION

1. Crisis Alimenticia y Aprovechamiento de Proteínas.

En un momento como el actual, se acentúa la preocupación por las consecuencias que tendrán las diferentes crisis en el mundo, como las de energéticos, contaminación ambiental, sobrepoblación y la más dramática de todas el problema de la alimentación.

Este último se debe a que la curva de crecimiento de la población mundial tiende a incrementarse rápidamente, mientras que la abundancia de proteínas tiende a descender. En los países pobres esto tiene mayor efecto ya que carecen de los recursos necesarios para afrontar este problema.

Por lo que toca a nuestro país no existen niveles adecuados de proteínas de origen animal en la dieta promedio del mexicano. Esta carencia es grave pues su elevado valor alimenticio es esencial para el desarrollo de una población (Conconi, 1982).

De acuerdo con Olguin (1985), el mal aprovechamiento de las proteínas se debe en gran medida a la carestía de los productos de origen animal, por lo que la mayor parte de la población de nuestro país solo tiene acceso a las proteínas no balanceadas.

El tratar de solucionar los problemas de hambre y nutrición defectuosa es una tarea primordial de nuestra época, siendo urgente encontrar soluciones multidisciplinarias para que, cuando los recursos existentes se agoten o su producción sea inferior a la necesaria, se cuente con métodos para la rápida obtención de alimentos.

Es importante por esto hacer ver que la producción pecuaria mexicana atraviesa por una etapa de franco decaimiento y que por lo tanto urge desarrollar tecnologías propias y adecuadas a nuestra situación que permitan desplazar por lo menos parcialmente, el uso de alimentos balanceados convencionales de alto costo.

En base a lo anterior se puede entender la proposición de utilizar ciertos alimentos no convencionales en las dietas para animales y humanos .

Es en este contexto que se pensó para el presente trabajo en una fuente alimenticia nueva, de bajo costo, altamente proteínica y de gran calidad para animales monogástricos (conejos, aves, cerdos).

Existen algunas lombrices terrestres como Dendrobaena veneta, Eudrilus eugenie, Perionyx excavatus, Lumbricus terrestris, Lumbricus rubellus y Eisenia fetida que pueden llegar a ser esta fuente alimenticia . La última especie es la más estudiada en este aspecto (Lofs-Holmin, 1985; Sabine, 1983 ; Guerrero, 1983) .

2. Las lombrices como fuente alimenticia .

Puesto que actualmente existe una búsqueda constante de nuevos alimentos se han revisado diversos aspectos de las lombrices. Se deben tomar en cuenta cinco puntos principales si se pretende utilizar a las lombrices como fuente alimenticia :

- 2.1 Composición Química de las lombrices.
- 2.2 Valor práctico en la alimentación de animales.
- 2.3 Parásitos.
- 2.4 Metales pesados.

2.5 Producción Económica .

2.1 Composición Química de las lombrices .

El contenido de nutrientes es primordial ,al considerar la composición química de cualquier alimento.

En las lombrices se ha observado variación en la cantidad de componentes nutritivos lo que se atribuye a cualquier material con taminante o a la técnica de laboratorio. No obstante el dato de alto contenido proteínico es el más semejante variando entre 58 y 71 % (Sabine,1983) .

También se ha tomado en cuenta el contenido de aminoácidos para el valor nutritivo y calidad proteínica pues depende de la composición específica de estos. Las proteínas balanceadas son las que contienen en su estructura todos los aminoácidos esenciales en las proporciones requeridas, mientras que a las proteínas no balanceadas les falta uno o varios de los aminoácidos esenciales en la proporción debida . Como ejemplo de estas últimas se encuentran las proteínas de origen vegetal cuya limitante es la lisina y la metionina (Harper, 1972) .

Orozco (1986), señala que la harina de lombriz es una proteína balanceada por contener en su estructura todos los aminoácidos esenciales en las proporciones requeridas para conejos, otros animales e incluso el ser humano.

En las tablas 1 y 2 se observa la composición química de las lombrices Eisenia fetida y Lumbricus rubellus .

2.2 Valor Práctico de las lombrices en la alimentación .

Es importante señalar que para una conversión alimenticia existe una relación directamente proporcional de acuerdo a la calidad de proteína (Church & Pond, 1982) .

Existen varios trabajos que demuestran la eficiencia en la conversión alimenticia al proporcionar lombrices como alimento en forma de harina o en fresco a peces y animales de granja .

Taboga (1980) alimentó pollos con una mezcla de lombrices vivas de Eisenia fetida y Lumbricus rubellus obteniendo buenos resultados . Tacon et al (1983) proporcionaron estas mismas especies a truchas, encontraron una baja eficiencia .

En pollos, cerdos, conejos, ratas y ratones se ha proporcionado harina de lombriz como un sustituto en la dieta, obteniendo una conversión alimenticia parecida a la que dan las harinas comerciales (Harwood, 1976; Harwood & Sabine, 1978; Sabine, 1983) .

La conversión alimenticia adecuada, la composición química y contenido de aminoácidos confirma la calidad proteínica de la harina de lombriz siendo comparable a una harina de pescado o carne deshidratada (Sabine, 1978) .

El principal inconveniente de la harina de lombriz es la baja obtención de peso seco a partir del peso fresco, debido al gran contenido de agua que presentan estos organismos (Orozco, 1986) .

2.3 Parásitos .

Uno de los problemas para introducir las lombrices como ali

mento es el riesgo que se les atribuye de causar enfermedades, por desarrollarse en estiércol o materiales de desecho.

Sin embargo la concentración de Salmonella sp. (organismo que causa la mayoría de enfermedades en aves de corral) se reduce en cultivos de laboratorio con la presencia de Eisenia fetida (Brown & Mitchell, 1981) . Por otro lado la distribución de 2 nemátodos parásitos importantes (Ascaridia galli) en pollos (Augustine & Lund, 1974) y Ascaris suum en cerdos (Jakouljevic, 1975. Citado en Sabine, 1983) no tiene ninguna relación con la presencia de las lombrices.

Aunque Lee (1985) y Sabine (1983) citan algunos problemas , como por ejemplo el caso de la transmisión a pollos de Heterakis gallinarum .

2.4 Metales Pesados .

Las lombrices pueden acumular metales tóxicos entre los que se encuentra el cadmio, cromo, cobre, níquel, mercurio, zinc y plomo (Fleckenstein & Graff, 1982) .

Estos pueden adquirirse a partir de un suelo contaminado con los residuos de fungicidas a base de cobre o plomo (Ireland, 1983), por la llegada al suelo de aguas de desecho industriales (Hartenstein, et al, 1980a), a través del aire (Martin & Coughtrey, 1975. Citado en Ireland, 1983), por la densidad de tráfico de la zona (Ash & Lee, 1980), o por la cercanía de zonas mineras (Ireland, 1983) .

De acuerdo a lo sugerido por Ireland (1983), la acumulación de metales puede ocurrir en un período corto (4 semanas) cuando

el lugar esta muy contaminado, pues existe una relación en cuanto al nivel de concentración del lugar . Además la cantidad específica asimilable de metales depende de la interacción de ellos . Por ejemplo la presencia de cobre y calcio reduce la cantidad de plomo asimilado .

Son 3 los aspectos estudiados en lo referente a la concentración de metales en las lombrices :

2.4.1 El efecto químico de los metales en las lombrices .

2.4.2 La acumulación de metales tóxicos .

2.4.3 Los metales en el metabolismo de lombrices .

2.4.1 El efecto químico de los metales en las lombrices .

La concentración de metales a niveles altos tiene gran efecto en la producción de biomasa y en el crecimiento de las lombrices (Hartenstein et al, 1980a) .

Eisenia fetida se mantuvo en sustratos con metales durante 4 semanas y aumento su biomasa, pero en un periodo de tiempo más largo se redujo la fecundidad (Hartenstein et al 1980b) .

Malecki et al (1982) mencionan que los efectos de los metales en las lombrices estan relacionados con la solubilidad en agua de la forma química en que se presentan estos . Hicieron una comparación entre óxidos, carbonatos, acetatos y cloratos observando, que se inhibe la reproducción en menor proporción con los óxidos y carbonatos pues su solubilidad en agua es menor .

2.4.2 La Acumulación de Metales Tóxicos .

Al ser parte de diferentes cadenas alimenticias las lombrices contaminadas con metales tóxicos pueden transmitirlos a animales como mamíferos, aves y anfibios. El efecto sobre el metabolismo de estos organismos puede ser bastante severo e incluso causar su muerte (Ireland, 1983) .

La transferencia de metales tóxicos en cadenas alimenticias es variable . Por ejemplo Friberg et al (Citado en Ireland, 1983) al alimentar a el sapo Xenopus laevis y a un roedor Peromyscus maniculatus con lombrices contaminadas con plomo y cadmio observaron que la concentración de estos metales en huesos y tejidos blandos fue mayor en el sapo.

2.4.3 Los metales en el metabolismo de lombrices.

Existen algunos procesos que eliminan o disminuyen el efecto tóxico de los metales, entre los cuáles se encuentran :

Las excreciones de fluido celómico con plomo y zinc (Ireland, 1983), la intervención de los cuerpos intracelulares llamados cloragosomas presentes en la pared del intestino de las lombrices (como una modificación de células epiteliales) los cuáles mediante un intercambio catiónico son capaces de almacenar los metales pasados (Fischer, 1973. Citado en Ireland, 1983) y por el transporte a sitios de excreción a través de las metaloproteínas no enzimáticas presentes en procesos como la respiración y asociadas con la fracción citoplásmica de tejidos animales expuestos a niveles altos de meta

les pesados (Cherian & Goyer, 1978. Citado en Ireland, 1983) .

2.5 Producción Económica .

El desarrollo de las lombrices solo requiere de un espacio mínimo y materia orgánica presente en estiércol o vegetación en descomposición (Minnich, 1977) .

Esto ha permitido que el cultivo intensivo de las lombrices o vermicultura se desarrolle ampliamente en Europa y Estados Unidos , empezándose a introducir en México.

La Vermicultura ha sido aceptada por los siguientes aspectos:

- 2.5.1 Transformación de desperdicios .
- 2.5.2 Mejoramiento en la fertilidad del suelo.
- 2.5.3 Producción de Biomasa .
- 2.5.4 Pesca Deportiva .

2.5.1 Transformación de desperdicios .

Se disminuye el efecto nocivo asociado con desperdicios orgánicos pues una tonelada de biomasa de lombrices procesa alrededor de 200 Kg de desperdicios diariamente (Hartenstein, 1981). En la actualidad esto se trata de aprovechar industrialmente para controlar los problemas de basura (Minnich, 1977) .

Eisenia fetida es la lombriz que más se ha utilizado para tratamiento de lodos, aguas negras y desperdicios (Lofa-Holmin, 1985).

2.5.2 Mejoramiento en la fertilidad del suelo.

Los residuos que se producen al criar lombrices son los más ricos en fertilizantes orgánicos (Minnich,1977).

2.5.3 Producción de Biomasa .

Puesto que la fecundidad de las lombrices es alta también la producción de biomasa lo es . Durante 7 semanas en un area de 24 cm² la producción máxima fue de 2g en peso vivo. Esto extrapolando da 6685 Kg de proteína/Ha/año. (Hartenstein,1981).

2.5.4 Pesca Deportiva .

En Estados Unidos y otros países se venden las lombrices como cebo para la pesca (Minnich,1977) .

De acuerdo a lo que reporta Lee (1985) , el costo de producción en la vermicultura varia de acuerdo a la escala . Siendo menor el costo para una producción menor.

Menciona que en Estados Unidos los costos de la harina de lombriz van de 236 a 300 dólares por tonelada y en Inglaterra alrededor de 230 libras la tonelada . El costo de una tonelada de lombriz en peso fresco varia entre las 53 y 7700 libras .

3. El Ensilado.

Debido a los problemas que presenta el consumo de las lombrices, se pensó en el ensilado como una solución, 1o. porque disminuyen los organismos patógenos por la acidez que se mantiene (Giese, 1975; Olguin, 1985); 2o. se evita tener que secar a las lombrices ahorrando tiempo y disminuyendo los costos y finalmente proponer un mejor aprovechamiento en granjas o a nivel industrial de los recursos naturales para la producción de lombrices.

El ensilado es usado para la preservación de productos agrícolas, y su conservación se basa en una fermentación anaeróbica del producto (Viana, 1982).

Los carbohidratos solubles de la materia prima se fermentan por la acción de la bacteria Lactobacillus sp. produciéndose ácidos orgánicos principalmente ácido láctico. El producto que se obtiene (pH 3.9-4.3) es estable en tanto se mantengan las condiciones anaeróbicas.

Cuando la concentración de carbohidratos solubles es baja la insuficiente producción de ácidos orgánicos da lugar al crecimiento de bacterias del género Clostridium sp., las cuales son responsables de convertir el ácido láctico en butírico. Es esta actividad la causante de la degradación de proteínas (McCullough, 1977).

La adición de productos con carbohidratos al ensilado es el método más sencillo para lograr el ambiente deseado. Se utilizan comúnmente melaza de caña, esquilmos agrícolas e industriales, así como granos y cereales.

Se considera que mientras más rápido decline el pH en un ensilado más eficiente será la preservación puesto que se aceleran las condiciones anaeróbicas. Lo anterior evita la degradación de proteínas y carbohidratos solubles por organismos aeróbicos (Mc Gullough, 1978) .

Existen diversos tipos de fermentación dentro del ensilado y las degradaciones dependen de las características que presentan los ingredientes a ensilar.

Una fermentación es ideal cuando existe una pérdida mínima de nutrientes para lo cuál se requiere que el producto por ensilar presente un contenido de materia seca de 28 a 34% , carbohidratos solubles de 6-8%, una capacidad mínima amortiguadora y elevada población de bacterias ácido lácticas ; esto se logra basicamente con una buena temperatura y compactación de granos (Viana, 1982).

Según Mc Gullough (1977) para que el ensilado presente todas estas características es necesario adicionar algunos productos que aceleren la acidificación mediante la inclusión de enzimas que incrementan la disponibilidad de carbohidratos . Esto se puede hacer ya sea inoculando poblaciones de bacterias ácido láctico o bien agregando algún preservativo químico que favorezca o impida el desarrollo bacteriano para obtener la fermentación deseada .

3.1 Tipos de Ensilados .

Existen 2 tipos de ensilados :

- a) Los líquidos caracterizados por su alto contenido de humedad (80-85%) .
- b) Los sólidos que contienen un menor contenido de humedad (50-60%) .

Las desventajas que presentan los ensilados líquidos obedece principalmente a la humedad pues causa problemas de manejo y transporte. Con los ensilados sólidos se trata de eliminar estos problemas (Mc Cullough, 1978) .

3.2 Valor Nutritivo de los Ensilados .

El interés por estimar el valor nutritivo de los ensilados ha hecho que se desarrollen diferentes esquemas de análisis químicos .

Se han propuesto los siguientes valores como medida de buena fermentación durante el ensilado :

- pH máximo de 4.2 .
- Acido láctico de 1.5 a 2.5 g/100g.
- Acido acético de 0.5 a 0.8 g/100g.
- Acido butírico de preferencia menor de 0.1 g/100g .
- Nitrógeno amoniacal como porcentaje de nitrógeno total, no mayor de 5 a 8 (McGullough, 1977) .

La clasificación propuesta por Millson citada en McGullough (1977) utiliza unicamente el contenido de ácido butírico y nitrógeno amoniacal como indicadores de calidad de ensilados , proponiendo varios grupos (Consultar tabla 3) .

Otra clasificación para ensilados se basa en el contenido de ácido acético, butírico y láctico (por destilación o por otros métodos

dos analíticos). Se determina el índice de Fleig, el cual consiste en asignar una puntuación al porcentaje de cada uno de los ácidos de la suma total de estos (Tabla 4). El total de puntos sirve para determinar la calidad del ensilado (Tabla 5) (Fleig, 1938. Citado en McCullough, 1978) .

4. Eisenia fetida y Lumbricus rubellus .

Para terminar esta introducción se deben considerar algunas generalidades de las lombrices terrestres Eisenia fetida y Lumbricus rubellus que son los organismos de interés del presente trabajo .

4.1 Clasificación y Morfología .

La identificación de la lombriz Eisenia fetida es fácil pues se reconoce por sus bandas transversales alternas de color amarillo y marrón que se encuentran a lo largo de su cuerpo además de las siguientes características distintivas :

Cuerpo - Cilíndrico.

Longitud - De 35 a 120 mm.

Diámetro - De 3 a 5 mm.

Número de segmentos - De 80 a 110.

Prostomio - Epibólico .

Primer poro dorsal - En el segmento 4/5 a veces en el 5/6 .

Clitelo - Se localiza en el segmento 24, 25, 26-32.

Tuberculas pubertarias - Se localizan en el segmento 28-30.

Tumescencias genitales - Pueden estar presentes a veces en los segmentos 9-12, pero generalmente se localizan en los segmentos 24-32.

Poros masculinos - Con una larga papila glandular en el segmento 15 .

Vesiculas seminales - Cuatro pares en los segmentos 9-12 .

Espermatea - Dos pares con ductos desembocando en los segmentos 9/10, 10/11 (Reynolds, 1977) .

En cuanto a la identificación de Lumbricus rubellus se distingue por su coloración dorsal café rojiza o rojiza violeta iridiscente y amarillo pálido ventralmente, con las siguientes características :

Cuerpo - Cilíndrico con la parte posterior aplanada dorsoventralmente .

Longitud - De 50 a 150 mm .

Diámetro - De 4 a 6 mm .

Número de segmentos - De 70 a 120 mm.

Prostomio - Tanilóbico .

Primer poro dorsal - En el segmento 5/6 - 8/9 .

Clitelo - Se localiza en el segmento 26, 27-31, 32 .

Tuberculas pubertarias - Se encuentran en el segmento 28-31 .

Tumescencias genitales - Se encuentran en el segmento 8-12, (siendo poco frecuentes en el 10), 20-23, 26, 36.

Poros masculinos - Inconspicuos sin una papila glandular en el segmento 15 .

Vesiculas seminales - Existen 3 pares en el segmento 9, 11 y 12. + 1/3.

Espermateca - Dos pares con los ductos cortos desembocando en el segmento 9/10 y 10/11 (Reynolds, 1977) -

Los oligoquetos comprenden 25 familias, que se distribuyen en varios grupos, según una clasificación artificial basada en el tamaño y el habitat (Edwards & Lofty, 1977).

Los géneros Eisenia y Lumbricus pertenecientes a la familia Lumbricidae están dentro del grupo de los Megadrilos terrestres o de las lombrices terrestres.

De acuerdo a Jamieson (1978) la clasificación de los organismos de interés es la siguiente :

Phylum - Annelida
 Clase - Clitellata
 Subclase - Oligochaeta
 Orden - Haplotaxida .
 Suborden - Lumbricina
 Superfamilia - Lumbricoidea
 Familia - Lumbricidae
 Subfamilia - Lumbricinae
 Género y Especie - Eisenia fetida
Lumbricus rubellus

4.2 Variables Ambientales .

Las lombrices Eisenia fetida y Lumbricus rubellus se desarrollan por lo general en suelos ricos en materia orgánica , o bien

donde exista estiércol o vegetación descompuesta, en jardines, bosques y basureros en donde la concentración de CO_2 sea menor de 6% y la de Oxígeno igual al 15% (Mitchell et al, 1978; Lofs-Holmin, 1985) .

Si bien Eisenia fetida no sobrevive en suelos mineralizados , Lumbricus rubellus si logra desarrollarse en este tipo de suelos (Lofs-Holmin, 1985) .

Existen 3 factores principales que determinan en gran medida la sobrevivencia de las lombrices Eisenia fetida y Lumbricus rubellus y son :

- 4.2.1 Humedad .
- 4.2.2 pH .
- 4.2.3 Temperatura.

4.2.1 Humedad .

En relación a lo que menciona Reinecke & Venter (1985), el contenido de humedad del sustrato en que se encuentran las lombrices afecta su desarrollo, pues se alteran diferentes funciones .

En Eisenia fetida el desarrollo óptimo es a una humedad de 70% y en proporciones menores de 40% no sobreviven largo tiempo.

Un porcentaje máximo de humedad facilita el crecimiento, pues la actividad alimenticia es mayor. esto se relaciona con la cantidad disponible de alimento y se ve afectada por el tamaño de parti

cula de sustrato : Si es menor de un milímetro y mayor de 0.4mm se obtiene un buen resultado en la alimentación. Las pequeñas partículas incrementan la razón area/volumen lo que facilita la disponibilidad de humedad.

De lo anterior se deduce que la ganancia de peso es inversamente proporcional al tamaño de la partícula del sustrato en que se desarrollan las lombrices (Neuhauser et al, 1980).

La cantidad de humedad en un sustrato también afecta el desarrollo del clitelo (estructura productora de capullos) en las lombrices. En Eisenia fetida si el contenido de humedad es menor del 50% se retarda la aparición del clitelo, la copulación y disminuye la producción de capullos (Reinecke & Venter, 1985).

4.2.2 pH .

El pH afecta diferentes actividades en las lombrices. Eisenia fetida para mantener su metabolismo debe encontrarse en un pH neutro entre 6.8 y 7.6 (Reynolds, 1977), uno menor de 5.0 o mayor de 9 es letal (Lofs-Holmin, 1985). Lumbricus rubellus tolera un amplio rango de pH de 3.8 a 8 (Reynolds, 1977) .

Un exceso de acidez en el sustrato causa el estado de diapausa, altera su índice reproductivo y puede ocasionar la muerte de estos organismos (Minnich, 1977) .

Según lo que reportan Satchell & Dottie (1984) en Eisenia fetida el rango de respiración y consumo de oxígeno se modifica en

relación al pH. En sustratos ácidos producen menos heces, respiran menos y consumen menos oxígeno. Como consecuencia de esto la mortalidad aumenta pues hay una pérdida de peso del 40% .

4.2.3 Temperatura .

Trabajos en laboratorio demuestran que el rango de temperatura tolerable en Eisenia fetida va de 10 a 25°C , presentando un desarrollo óptimo entre los 20 y 25°C . Una temperatura de 30°C es letal (Loehr et al, 1984).

La temperatura afecta la longevidad y mortalidad de las lombrices. A 25°C la longevidad de Eisenia fetida es de 1000 días y la mortalidad en condiciones óptimas es de 0 a 1% por semana (Satchell & Dottie, 1984).

Otros parámetros importantes que afectan la temperatura son la sobrevivencia y producción de capullos. En Eisenia fetida existe una máxima producción de capullos entre los 20 y 25°C (Loehr et al, 1984) (Consultar Tabla 6). Para Lumbricus rubellus el número de capullos se incrementa proporcionalmente al aumento de temperatura, en el rango de 5 a 18°C (Lofs-Holmin, 1985).

4.3 Alimentación .

De acuerdo con lo mencionado por Lofs-Holmin (1985) en sustratos con abundante vegetación muerta, raíces y microorganismos los

oligoquetos terrestres se alimentan de materia orgánica compuesta de glucósidos (metil D glucósidos), aminoácidos (alanina, valina, serina) y ácidos grasos (triacilglicerido, diacilgliceridos, monoacilgliceridos) de bajo peso molecular .

En laboratorio se han probado sustratos a base de albúmina, caseína, peptona, levadura y zafina obteniéndose un crecimiento y desarrollo normal de una población de lombrices.

Existe un efecto tóxico al consumir sustratos que contengan ferrosulfato o cal, el cuál no esta bien caracterizado pero puede deberse a un proceso de fermentación o putrefacción dentro del intestino de las lombrices o en el sustrato (Lofs-Holmin, 1985).

Eisenia fetida no ingiere sustratos con un potencial de óxido reducción bajo, (etanol, lactato, malato, succinato) pues propician medios anaeróbicos que son tóxicos (Neuhauser et al., 1980).

4.4 Reproducción .

Lumbricus rubellus y Eisenia fetida son obligatoriamente anfiticas, aunque en esta última la reproducción partenogénetica es posible (Reynolds, 1977).

En la tabla 7 se muestran algunos datos referentes al tipo de desarrollo y producción de capullos .

4.5 Distribución Geográfica .

Eisenia fetida y Lumbricus rubellus son originarias de el cen

tro y occidente de Europa, donde se encuentran ampliamente distribuidas. Actualmente se localizan en la mayoría de las zonas templadas del mundo pues han sido transportadas en diversas labores agrícolas realizadas por el hombre (Reynolds, 1977) .

TABLA 1 - Contenido de Nutrientes en peso seco
de la lombriz Eisenia fetida (Tomada de Sabine
(1983) .

Referencias	1	2	3	4	5	6
% Materia Seca	12.9	22.9		15-20	20-25	18
Proteína Cruda	68.1	58.2		62-71	62-64	65
Grasa	6.4	2.8	7.9	2.3-4.5	7-10	9
Fibra		3.3				
Carbohidratos			14.2			
Cenizas	5.2		11.6		8-10	5.8
Calcio	0.54				0.55	0.3-0.8
Fósforo		0.9			1.0	0.7 -1.0
Energía (Kj/Kg ⁻¹)					16380 -	
					17220	

Tabla 2 - Contenido de aminoácidos en las proteínas
de las lombrices (Eisenia fetida y Lumbricus rubellus)
(g/100g) (Modificada de Sabine, 1983) .

Referencias	1a.	2a.	3a.	4b.
Alanina			6.0	5.4
Arginina*	6.1	6.8	6.1	7.3
Ac. Aspártico			11.0	10.3
Cisteína	1.8	3.8	1.4	1.8
Ac Glutámico			15.4	13.2
Glicocola		4.8		4.3
Histidina *	2.2	2.6	2.3	3.8
Isoleucina*	4.6	4.2	4.7	5.3
Leucina*	8.1	7.9	8.2	6.2
Lisina*	6.6	7.1	7.5	7.3
Metionina*	1.5	3.6	1.8	2.0
Fenilalanina *	4.0	3.7	3.5	5.1
Treonina*	5.3	4.8	4.7	6.0
Valina	5.1	4.9	5.2	4.4
Triptofano				2.1

* = Aminoácidos esenciales. a= Eisenia fetida b= Mezcla de Eisenia fetida y Lumbricus rubellus.

TABLA 3 - Calidad del Ensilado (Tomada de McCullough,
 (1978) .

Calidad	Nitrógeno Amoniacal como % del Nitrógeno total.	% Acido Butírico
Muy Buena	< 12.5	0.10
Buena	12.6-15.0	0.11-0.20
Media	15.1-17.5	0.21-0.30
Mala	17.6-20.0	0.31-0.40
Muy Mala	>20.1	0.40

1 **TABLA 4-** Calidad del ensilado según el Índice de Fleig (Tomada de Fleig. Citado por McCullough, 1978)

Acido	Porcentaje de ácidos totales en los ensilados .	Puntos de Fleig
LACTICO	0 - 20.0	0
	20.1-25.0	0
	25.1-30.0	2
	30.1-34.0	4
	34.1-38.0	6
	38.1-42.0	8
	42.1-46.0	10
	46.1-50.0	12
	50.1-54.0	14
	54.1-58.0	16
	58.1-62.0	18
	62.1-66.0	20
	66.1-70.0	24
	70.1-75.0	28
>75	30	
ACETICO	0 - 15.0	20
	15.1-20.0	18
	20.1-24.0	16
	24.1-28.0	13
	28.1-32.0	10
	32.1-36.0	7
	36.1-40.0	4
	40.1-45.0	2
	>45.1	0
	0-1.5	50
BUTIRICO	1.6-3.0	30
	3.1-4.0	20
	4.1-6.0	15
	6.1-8.0	10
	8.1-10.0	9
	10.1-12.0	8
	12.1-14.0	7
	14.1-16.0	6
	16.1-18.0	4
	18.1-20.0	2
	20.1-30.0	0
	31.1-40	- 5
	>40	- 10

TABLA 5 - Calidad del ensilado de acuerdo a la
puntuación total del Índice de Fleig
(Tomada de Fleig, 1938. Citado por Mc
Cullough, 1978)

Calidad	Puntos Totales
Muy buena	95-100
Buena	80- 94
Media	50- 79
Mala	50

TABLA 6 - Supervivencia y producci3n de capullos de Eisenia fetida a diferentes temperaturas. En cada tratamiento se colocaron 4 lombrices. Los datos son un promedio de 5 repeticiones . (Tomada de Loehr et al 1984)

	TEMPERATURA °C					
	10	15	20	25	30	35
% de Supervivencia	100	100	100	100	50	0
Producci3n total de capullos .	0	111	353	410	0	0

TABLA 7 - Producción de capullos y tiempo de desarrollo hasta alcanzar la madurez sexual de Eisenia fetida y Lumbricus rubellus en condiciones de laboratorio. (Modificada de Edwards & Lofty, 1977; Loehr et al 1984)

Especl	Tiempo*de incubación del capullo.	Tiempo*de crecimiento to.	Tiempo* total de desarrollo.	Capullos producidos por lombriz**	Número de lombrices vivas por capullo**	Número relativo de lombrices producidas inicialmente por lombriz**.
<u>Eisenia fetida</u>	11	55	66	6	3.1	19
<u>Lumbricus rubellus</u>	16	37	53			

* = En semanas .

** = Por semana .

OBJETIVOS

Objetivo General -

A través del ensilado dar una alternativa de utilización a las lombrices Eisenia fetida y Lumbricus rubellus y mediante análisis químicos estimar su valor nutritivo para la alimentación de animales monogástricos.

Objetivos Particulares -

- 1) Determinar la composición química de las lombrices Eisenia fetida y Lumbricus rubellus .
- 2) Evaluar si el ensilado es un tratamiento adecuado para la conservación de lombrices.
- 3) Determinar la composición química de diferentes ensilados elaborados con estas lombrices y distintas fuentes de carbohidratos .
- 4) Analizar y determinar en base a los resultados obtenidos - cual es el mejor tratamiento en cuanto a conservación, valor nutritivo y menor costo.

ANTECEDENTES

La información que existe de las lombrices Eisenia fetida y Lumbricus rubellus como fuente alimenticia se limita a suministrarlas en forma de harina según se menciona en la introducción.

El Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán se dedica a buscar alimentos no convencionales por lo que hay varios proyectos dentro de los cuales se encuentra el realizado por Orozco (1986) donde se evaluó la calidad de harina de lombriz como sustituto en la dieta de conejos. Los resultados de este estudio fueron buenos en cuanto a conversión alimenticia, siendo el costo el principal inconveniente .

En el presente trabajo que es una continuación del anterior se pensó en buscar una alternativa (ensilado) para disminuir el costo. Sin embargo no existen antecedentes de ensilado de lombrices.

La mayoría de ensilados son de alfalfa, pajas y productos con gran cantidad de fibra pues se hacen principalmente para rumiantes (Barry, 1970).

En cuanto a la conservación por medio del ensilado de productos con alto contenido proteínico se encuentran los realizados con desperdicios pesqueros en donde se han obtenido buenos resultados (Aguilera & Pérez-Gil, 1983 ; Viana, 1982 ; Viana & Tejada, 1982) .

MATERIAL Y METODOS

El trabajo fue realizado en el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán utilizandose el equipo y material de los laboratorios de la División de Nutrición .

Las lombrices Eisenia fetida y Lumbricus rubellus se obtuvieron de una granja en la colonia Tres Estrellas y fueron identificadas por el Biólogo Carlos E. Frago del Instituto de Ecología.

5.1 Separación de Lombrices .

Las lombrices contenian materiales de la cama de cultivo y estiércol de conejo por lo que primero se les separo manualmente colocando una porción de la cama de cultivo en una superficie amplia expuesta al sol. Se formaron montículos pues según lo que señala Edwards & Lofty (1977) las lombrices se introducen en la parte inferior para evitar lugares secos . Por esto se quito la parte superior con los excedentes de la cama de cultivo quedando las lombrices separadas .

5.2 Lavado y Análisis Químico Proximal de Lombrices . y Fuentes de Carbohidratos.

Se lavaron las lombrices en una solución salina al .05% durante 6 horas para quitar el contenido presente en el tracto digestivo. Una parte de estas se secó para el análisis químico pr

ximal de la harina de lombriz que fue tomada como control.

También se hizo análisis químico próximal de sorgo y melaza que se utilizaron como fuente de carbohidratos por estar disponibles, tener un menor costo y por haber dado buenos resultados en productos con alto contenido de proteína (Aguilera & Pérez-Gil, 1983).

5.3 Ensilado.

La parte restante de las lombrices ya lavadas se destino para la preparación de los microsilos. El experimento se monto en un solo día existiendo los siguientes tratamientos :

I- 60% Lombriz + 40% Sorgo molido.

II - 60% lombriz. + 40% Sorgo molido ajustando el pH a 4 con HCl.

III- 60% lombriz + 20% melaza + 20% sorgo molido.

IV - 60% lombriz + 20% melaza + 20% sorgo molido ajustando el pH a 4 con HCl.

Se utilizó ácido clorhídrico (HCl) por su menor costo y por los resultados obtenidos en ensilados de pescado (Aguilera & Pérez-Gil, 1983) .

Cada tratamiento se hizo por triplicado utilizando para cada repetición un frasco de vidrio color ambar con capacidad de 960ml al cuál se le agregaron 300g de lombrices (60%) y el resto ya sea de sorgo sólo o sorgo con melaza, completando 500g en cada frasco.

Eisenia fetida y Lumbricus rubellus estaban en una proporción de 70 y 30% respectivamente . Para la determinación de esto último se tomaron 20 grupos al azar con 10 lombrices cada uno. En pro

medio de cada 10 lombrices 7 eran Eisenia fetida y 3 Lumbricus rubellus.

Las mezclas se prepararon manualmente, comprimiendo bien en cada uno de los frascos . A fin de consumir el oxígeno presente y tener un medio ambiente de anaerobiósis se introdujo una vela encendida . Se taparon quedando totalmente herméticos, manteniéndose a una temperatura ambiente de 17 a 19°C. El experimento duró 15 días, tiempo suficiente para que se efectuara la fermentación .

5.4 Análisis Químicos.

Después de este tiempo se destaparon los microsilos y se hicieron las siguientes pruebas :

5.4.1 Para evaluar la calidad de fermentación .

- pH según técnica descrita por la Association of Official Analytical Chemists, 1980 (A.O.A.C.).
- Nitrógeno Amoniacal, según técnica descrita por Tejada (1983).
- Acidos Grasos Volátiles (Acético, propiónico, butírico) y no volátiles (láctico), mediante cromatografía de gases según técnica descrita por Tejada (1983).
- Se calculó el Índice de Fleig según lo describe Mc Callough (1978) y como se explica en la introducción .

5.4.2 Análisis Químico Proximal para determinar la composición química .

- Humedad, según técnica descrita por la A.O.A.C. Método 14.004.
- Cenizas, según técnica descrita por la A.O.A.C. Método 14.006.
- Grasa cruda o Extracto etéreo por extracción con solventes, según técnica descrita por la A.O.A.C. Método 7.0.054.
- Fibra cruda con hidrólisis ácida y alcalina, según técnica descrita por la A.O.A.C.
- Proteína Cruda, calculada mediante la obtención de nitrógeno total y multiplicando por el factor 6.25, según técnica descrita por Kjeldahl en la A.O.A.C. Método 2.049.
- Extracto libre de Nitrógeno. Por diferencia de la suma de los porcentajes obtenidos en las determinaciones del análisis químico proximal.

5.4.3 Pruebas para la determinación del valor nutritivo y calidad proteínica .

- Proteína Verdadera (% Nitrógeno total - % Nitrógeno no proteico X 6.25), según técnica descrita por la A.O.A.C.
- Proteína Digestible en Pepsina, según técnica descrita por la A.O.A.C .
- Energía Bruta, por medio de bomba calorimétrica con la técnica de Bateman (1970) .

Todas estas pruebas se hicieron 6 veces, exceptuando las de pH, ácidos grasos volátiles y ácido láctico, las cuales fueron

por triplicado debido al costo.

Las determinaciones anteriores se realizaron en base al peso húmedo. Para obtener el resultado en peso seco, se extrapolo posteriormente restando el porcentaje de humedad de cada muestra. Únicamente en la determinación de energía se secó la muestra por así requerirlo la técnica .

El diseño utilizado fue completamente al azar, analizando los resultados por determinación de varianza y la diferencia en tre medias por la prueba de Tukey. Esta última presenta la siguiente relación :

$$MSR = Q_{\alpha}(k, v) \sqrt{\frac{MS}{n}}$$

Donde Q_{α} = Valor tabular, que es un valor de t modificado.

n = Número de repeticiones para calcular las medias.

v = Grados de libertad.

k = Número de datos en el rango

MS = Cuadrado medio.

MSR = Mínima diferencia significativa .

Se comparan dos medias y si el rango de su diferencia es mayor que MSR las diferencias son significativas (Sokal & Rohlf, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Calidad de Fermentación .

Los resultados obtenidos en este estudio muestran valores muy semejantes en los 4 tratamientos y ya que uno de los objetivos es elegir al mejor tratamiento en cuanto a conservación, valor nutritivo y menor costo, se deduce que una sola fuente de carbohidratos (sorgo en este caso), basto para obtener una buena fermentación y en consecuencia una buena calidad en el ensilado de las lombrices (De acuerdo a Mc Cullough, 1978) .

Esto es importante pues baja el costo al no requerirse la presencia de ácido y/o melaza para obtener un buen resultado en calidad y valor nutritivo.

Los datos que determinaron una buena calidad de fermentación fueron :

6-1.1 pH .

6-1.2 Producción de ácidos grasos volátiles y ácido láctico.

6-1.3 Nitrógeno Amoniacal.

6-1.1 pH .

Los valores de pH estuvieron dentro de lo sugerido como óptimo (3.9 a 4.3) - Consultar tabla 9 .

6.1.2 Producción de Acidos Grasos Volátiles y Acido Láctico.

Al calcular los porcentajes de ácido acético, de acuerdo con el índice de Fleig (Mc Gullough, 1978), se observó que el ensilado con melaza y sorgo (Tratamientos III y IV) tuvo mayor contenido de este, 16.10% y 11.81% respectivamente.

En cuanto al contenido de ácido propiónico hubo un bajo porcentaje, siendo el menor el del tratamiento II (0.78%); los tratamientos restantes presentaron un 0.84% en el I, 1.7% para el III y 1.1% el IV.

La cantidad de ácido butírico estuvo en una proporción mínima. Estuvo ausente en el tratamiento IV y para los tratamientos I, II y III se obtuvieron respectivamente 0.19%, 0.03%, 0.84%. En general los ensilados con ácido presentaron los menores porcentajes.

El contenido de ácido láctico fue el de mayor proporción en la suma total de los ácidos grasos volátiles, lo que indica una fermentación láctica. Los porcentajes obtenidos para los tratamientos fueron 86.94 (I), 93.21 (II), 81.27 (III), 87.01 (IV).

Lo anterior indica que todos los ácidos grasos volátiles y el ácido láctico se produjeron en pequeñas cantidades (Tabla 9), pero en la relación adecuada ($\% \text{ Acido láctico} > \% \text{ Acido Acético} > \% \text{ Acido propiónico} > \% \text{ Acido Butírico}$). La fermentación por lo tanto fue bastante buena. La puntuación total del índice de Fleig lo confirma (Tabla 9), pues todos los tratamientos se encuentran en el rango (95 a 100 puntos) de muy buena calidad (Mc

Cullough, 1978) .

6.1.3 Nitrógeno Amoniacal.

En ensilados el análisis de nitrógeno amoniacal determina la presencia de amonio (NH_4) como un resultado del rompimiento de proteína (Mc Cullough, 1978).

El nitrógeno amoniacal expresado como porcentaje de nitrógeno total fue bajo de acuerdo a lo sugerido por Millson (1956) (Citado en Mc Cullough, 1977), puesto que en todos los tratamientos el porcentaje es menor de 12.5 (Tabla 9) indicando esto una muy buena calidad y una degradación de proteína aceptable .

6.2 Composición Química .

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en las determinaciones de proteína cruda, humedad y grasa .

La pequeña variación en el contenido de humedad (Tabla 10) fue debida seguramente a la presencia de melaza en los tratamientos III y IV .

La cantidad de grasa cruda fue muy semejante (Tabla 10) en todos los tratamientos debido a que la melaza, única diferencia entre los tratamientos, no contiene grasa (Tabla 8) .

El contenido de proteína cruda (Tabla 10) fue un poco mas al

to en el tratamiento I quizás por la mayor proporción de sorgo, pues este tiene más cantidad de proteína (Tabla 8) .

En cuanto a la concentración de minerales totales o cenizas hubo un porcentaje mayor en los tratamientos III y IV (Tabla 10) debido al mayor contenido de minerales en la melaza (Tabla 8). Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos con sorgo (I,II) y los que contenían sorgo más melaza (III y IV).

En todos los tratamientos el contenido de fibra cruda fue muy bajo (Tabla 10). Siendo ligeramente menor en los que tenían melaza debido a que esta carece de fibra (Tabla 8).

Existieron también diferencias significativas entre los tratamientos II y III.

El contenido de extracto libre de nitrógeno fue muy semejante en los 4 tratamientos (Tabla 10), siendo un poco mayor en los tratamientos I y II. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos I y IV.

Al comparar los resultados del análisis químico proximal de los ensilados con la harina de lombriz. Corrigiendo de acuerdo a los porcentajes utilizados en cada tratamiento, se encuentra lo siguiente :

En los tratamientos I y II (Con sorgo) se esperarían 33.27 g/100g de proteína cruda, 6.89 g/100g de grasa, 2.9 g/100g de fibra, 8.83 g/100g de cenizas, 52.84 g/100g de humedad y 42.97 g/100g de extracto libre de nitrógeno. Lo cual quiere decir que hubo pér

didadas de un 33.84% en proteína, 49.49% en grasa, 55.86% en fibra, 56.96% en cenizas y un aumento de 39.85% en el extracto libre de nitrógeno. El contenido de humedad permaneció dentro de lo esperado .

Para los tratamientos III y IV ocurre algo semejante esperándose 32.84g/100g de proteína, 6.35g/100g de grasa, 2.25g/100g de fibra cruda, 10.08g/100g de cenizas, 54.12g/100g de humedad y 43.03g/100g de extracto libre de nitrógeno . Las pérdidas fueron de 33.99% para proteína, 49.13% para grasa, 54.22% para fibra, 34.22% en cenizas y un aumento de 37.64% en el extracto libre de nitrógeno, mientras que el contenido de humedad se mantuvo constante.

Es normal que en los ensilados de cualquier producto existan pérdidas de nutrientes debido al proceso de fermentación (Barry, 1970). Esto presenta ciertas desventajas, pero que al analizarlas detalladamente se ve que en realidad no lo son .

Al observar el porcentaje de proteína cruda perdida, resulta claro que esta dentro del rango esperado normalmente en un ensilado (entre 35 y 50%) (Barry, 1970). Aparentemente hay un menor porcentaje de proteína, pero al observar el contenido de proteína digestible (Tabla 10) vemos que en realidad se aprovecha casi íntegramente : 21.29g/100g para el tratamiento I, 19.02g/100g en el tratamiento. ^{II} 19.81g/100g para el tratamiento III y 20.19g/100g en el tratamiento IV, mientras que la harina de lombriz (a una concentración del 100%) se aprovecha 25.63g/100g de proteína ya que casi el 50% es proteína no digestible (Orozco, 1986).

Los rangos normales de pérdidas de grasa, fibra cruda y cenizas en un ensilado no se reportan. Pero en lo que se refiere a la pérdida en contenido de cenizas resulta beneficioso para el caso, pues más del 8% de minerales totales en una dieta para cerdos causa diarreas (Blom, 1984).

En cuanto a la disminución en el contenido de fibra cruda es importante notar que muchos polisacáridos tales como celulosa, hemicelulosa y lignina no los digieren animales monogástricos (Church, 1986). Por lo que no resulta gravosa esta pérdida y además el contenido de fibra en la harina de lombriz no es alto (Tabla 8).

La pérdida de grasa no afecta tampoco en gran medida pues los animales monogástricos solo requieren de 2 a 3.5 g/100g de grasa en su dieta (Church, 1986).

El aumento en el contenido de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos es lógico. puesto que se agregaron fuentes de carbohidratos para que la fermentación fuera posible.

Lo más importante es que el producto final de estos ensilados es satisfactorio como se vera en el siguiente punto.

6.3 Valor Nutritivo de los Ensilados .

El contenido de proteína verdadera mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos I y III. Fue menor el porcentaje en los tratamientos III y IV (con melaza) y

mayor en los tratamientos con sorgo (I y II). Este dato proporciona una evidencia más para usar solamente sorgo en los ensilados, pues un mayor contenido de proteína verdadera en la dieta de animales monogástricos es importante para su mejor aprovechamiento (Church & Pond, 1982).

Los resultados de proteína verdadera variaron de 5.45 a 7.57 g/100g (Tabla 10), que son mayores a los encontrados por Aguilera & Pérez-Gil (1983) en ensilados de pescado (4.95g/100g). Sin embargo son menores a los reportados por Viana (1982) en ensilados de desperdicios pesqueros (11.39g/100g).

La digestibilidad en pepsina es una estimación del valor nutritivo de la proteína (A.O.A.C 1980).

Los resultados en esta prueba no presentaron diferencias significativas, siendo la digestibilidad en pepsina muy alta en todos los ensilados (Tabla 10). Hubo una variación de 94 a 96g/100g de proteína digestible que al compararse con la digestibilidad que reportaron Orozco (1986) (50.94g/100g) para la harina de lombriz y Viana (1982) (88 a 93g/100g) en ensilados de pescado fue superior.

El contenido de energía bruta se midió debido a que se pretende que este ensilado pueda utilizarse como un alimento energético además de una fuente proteínica. Se observó gran semejanza entre los 4 tratamientos (Tabla 10), no existiendo diferencias significativas.

Ya que no se localizaron tablas en donde se reportara la

energía bruta de los alimentos, fue necesario, para poder comparar los resultados, calcular la energía tomando en cuenta el contenido de proteína cruda, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y grasa. Estos se multiplicaron por 4 excepto el contenido de grasa que se multiplico por 9 y la suma total dio el contenido de energía bruta (Esminger & Olentine, 1980).

Los cálculos se hicieron tanto para los ensilados como para los alimentos sujetos de comparación. Con base a lo anterior la energía calculada en el tratamiento I fue de 3.99Kcal/g, en el II 4.02Kcal/g, en el III y IV 3.91 y 3.88 Kcal/g respectivamente.

Este contenido es similar al de varios alimentos proteínicos como por ejemplo alfalfa 3.80Kcal/g, algas 3.22 Kcal/g, sangre animal 3.78 Kcal/g, cebada germinada 3.79 Kcal/g, semillas de frijol 3.90 Kcal/g, semillas de chicharo 3.93 Kcal/g y ligeramente menor comparado con semillas de maíz 4.38 Kcal/g, trigo germinado 4.28 Kcal/g, huevo de gallina 4.58 Kcal/g, leche de vaca 5.2 Kcal/g (Esminger & Olentine, 1980) .

Las características de estos ensilados muestran grandes posibilidades para utilizarlos como alimento en animales monogástricos, ya que, por ejemplo, al alimentar conejos se requiere de un 12 a 17 % de proteína cruda de acuerdo al estado de desarrollo del animal y de 2100 a 2500 Kcal/kg de alimento (Esminger & Olentine, 1980); en la alimentación de pollos se requiere de un 12 a 23% de proteína según el estado de desarrollo y de 2850 a 3200 Kcal/Kg de alimento (Church & Pond 1982); en cuanto a la

alimentación en cerdos se requieren alrededor de un 12 a 13 % de proteína cruda y de 3195 a 3600 Kcal/Kg de alimento (Church, 1986) .

Observando estos datos podemos decir que es suficiente la cantidad de proteína y energía presente en los ensilados para la alimentación de animales monogástricos . El contenido de energía de 4.72 Kcal/g presente en la harina de lombriz (Orozco, 1986) es muy semejante al que se presenta en los ensilados (Tabla 10) a pesar de la menor concentración de lombrices .

6.4 Sugerencias para la posible utilización de este tipo de ensilados .

Es conveniente probar diferentes fuentes de carbohidratos de acuerdo a la región donde se realicen los ensilados . Pueden usarse granos, cereales o desperdicios agrícolas e industriales disponibles y de bajo costo.

Es recomendable aumentar la proporción de lombriz en el ensilado para obtener un mayor porcentaje de proteína .

Se sugiere también probar los preservativos para disminuir la cantidad de proteína degradada. Los más usados son el formaldehído, ácido tánico y el ácido fórmico (Amos, 1980) .

Es indispensable probar el producto (ensilado) como suplemento proteínico y energético en animales monogástricos (cerdos, aves, conejos) para tener una visión real y poder considerar si

es posible que funcione como fuente alimenticia .

Este trabajo se propone para un mejor aprovechamiento de recursos naturales. Al introducir las lombrices como fuente alimenticia se puede establecer un ciclo en el que se alcance un equilibrio. En la primera fase los productos de desecho (estiércol o vegetales en descomposición) sirven como alimento a las lombrices y al mismo tiempo transforman malos olores (Minnich, 1977) . Esto implica que los desechos orgánicos son transformados en biomasa proteínica pues las lombrices tienen un alto contenido proteínico (Hartenstein, 1981). La segunda fase del ciclo consistiría en aprovechar a las lombrices como alimento para animales monogástricas de importancia económica. Y nuevamente el estiércol producido por estos animales serviría de cama de cultivo y alimento a las lombrices .

Esto podría funcionar en granjas integradas en donde la diversidad de especies existente en estas unidades de producción y el manejo integrado de los recursos asegura el flujo de nutrientes mediante la recuperación de estiércol o desechos orgánicos (Olguin, 1985) .

De acuerdo con Fanjul et al (1984), una granja integrada esta compuesta de subunidades de producción . La unidad de producción vegetal consiste en una o varias parcelas donde se cultivan especies agrícolas, hortícolas o silvícolas. La unidad de producción animal consiste en espacios físicos dedicados a la cria de aves, cerdos, ovicaprinos, bovinos u otros . La unidad de producción

acuicola se destina a la cria de peces, crustáceos y/o moluscos. Por último se encuentra la unidad de desechos orgánicos la cuál se utiliza para producir fertilizantes ,compostas o biogas producto de la fermentación anaeróbica .

En la unidad de desechos orgánicos es donde podría integrarse la cria de lombrices o vermicultura estableciendose el ciclo mencionado.

Al proponerse esto se tiene el mismo objetivo que una granja integrada, es decir se pretende influir en el aspecto socio económico para satisfacer necesidades de autoconsumo de comunidades campesinas . Si esto alcanzara altos niveles de eficiencia e integración dentro de la organización de producción se podrían generar excedentes para comercialización.

Hay que tomar en cuenta que una granja integrada requiere de tecnologías apropiadas que puedan utilizarse fácilmente y que sus costos sean mínimos . Por esto es importante retomar lo mencionado en la introducción sobre el ensilado de las lombrices como un proceso fácil y que además tiene las siguientes ventajas :

- 1) Disminuye los organismos patógenos.
- 2) Evita pérdida de tiempo pues no es necesario secar las lombrices.
- 3) Su proceso es poco costoso (Olguin,1985) .

Para hacer este ensilado de lombrices a un nivel de granja se necesitaría construir un silo (receptáculo de forma y tamaño variable para almacenar productos) . Al determinar el costo de un silo en una granja debe tomarse en cuenta que se aprovecha la

mano de obra disponible y que las construcciones cuestan un po
co más de lo que valen los materiales (cemento, ladrillo).

Existen diferentes formas de construcción de un silo las
más conocidas son la de torre, la de trinchera, y la de horno fo
rrajero (Stephen & Watson, 1969). El tipo de silo va de acuerdo
al terreno : Si es muy compacto (piedra o arcilla) el de horno
forrajero es el mejor; para un terreno normal o franco (tierra
suelta) se recomienda el silo de trinchera y el de torre, sin em
bargo este último tiene un costo mayor (INIP-CIPES, 1980) .

El costo para la construcción de un silo no es alto pues se
usa el equipo existente en cualquier granja rural. La excavación
para el silo se puede hacer con maquinaria pesada o a pico y pala,
dependiendo principalmente de la disponibilidad y costo del equi
po y mano de obra . La forma y las dimensiones pueden ser muy va
riables, dependiendo de la cantidad del producto que se va a al
macenar .

Hay que tomar en cuenta que los silos pueden hacerse en la
dera o en terreno plano y que en ambos debe existir rampas con
una pendiente del 30%. El piso normalmente es de cemento dejan
do a todo lo largo un canal que no lleva cemento sino que se re
llena de piedras sueltas ; este canal sirve para filtrar al sub
suelo los líquidos y escurrimientos resultantes del prensado y
fermentación del ensilado. Las paredes deben de ser inclinadas
con la pendiente hacia el centro y pueden hacerse con ladrillos,
blocks o piedras (Eds & Blood, 1970)

TABLA 8 - Composición Química de la harina de lombrices
(*Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus*), sorgo y
melaza (g/100g).

Producto	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Extracto libre de nitrógeno.	Cenizas
Lombrices <i>Eisenia fetida</i> y <i>Lumbricus rubellus</i> .	79.81	50.32	9.69	2.67	23.38	1 3.76
Sorgo	12.42	7.72	2.72	3.28	72.39	1.45
Melaza	18.82	1.52	-	-	72.58	7.71

TABLA 9 - Valores Promedio (n=3) de pH, ácido láctico
 ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal
 e índice de Fleig en los ensilados .

Determinación	T R A T A M I E N T O S			
	I	II	III	IV
pH	4.06	3.80	4.16	3.76
Ácido acético ¹	0.0094	0.0057	0.010	0.011
Ácido propiónico ¹	0.0006	0.0007	0.001	0.001
Ácido butírico ¹	0.0001	0.0003	0.0005	0.0
Ácido láctico ¹	0.068	0.089	0.055	0.084
Índice de Fleig	100	1 00	98	100
Nitrógeno Amoniacal ^{1,2}	0.296 ^b	0.299 ^b	0.263 ^{a,b}	0.165 ^a
Nitrógeno Amoniacal como porcentaje de Nitrógeno total .	8.42	9.29	7.98	4.88
Calidad	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena

1 = g/100g . 2 = (n=6) . Tratamientos con distinta literal(a, b), difieren
 significativamente (p < 0.05)

TABLA 10 - Valores promedio (n = 6) de las determinaciones del análisis químico proximal, energía, proteína verdadera y proteína digestible en pepsina .

Determinación	TRATAMIENTOS			
	I	II	III	IV
Humedad ¹	52.22 ^a	51.76 ^a	53.89 ^a	54.87 ^a
Proteína Cruda ¹	22.02 ^a	20.17 ^a	20.63 ^a	21.14 ^a
Proteína Verdadera ¹	7.57 ^{b, c}	6.92 ^a	5.45 ^a	6.31 ^{a, c}
Proteína digestible ¹	96.77 ^a	94.34 ^a	96.04 ^a	95.54 ^a
Grasa cruda ¹	2.97 ^a	3.48 ^a	3.23 ^a	2.99 ^a
Fibra cruda	1.15 ^{a, b}	1.28 ^b	0.96 ^a	1.03 ^{a, b}
Cenizas ¹	3.80 ^a	3.61 ^a	6.08 ^b	6.63 ^b
Extracto libre de nitrógeno . ¹	70.05 ^a	71.44 ^{a, c}	69.01 ^{a, c}	68.19 ^{b, c}
Energía (Kcal/g)	4.38 ^a	4.41 ^a	4.38 ^a	4.31 ^a

1 = g/100g. Tratamientos con distinta literal (a, b, c) difieren significativamente (p < 0.05).

CONCLUSIONES

- El ensilado es un método adecuado para la conservación de las lombrices.
- El valor nutritivo y composición química de los ensilados de lombrices realizados son menores que los de la harina de lombriz, sin embargo cubren los requerimientos alimenticios para animales monogástricos. Es necesario probar el producto en estos animales.
- La fuente de carbohidratos más conveniente en este trabajo para el ensilado de lombrices fue el sorgo, pues las cantidades de extracto libre de nitrógeno, proteína verdadera, proteína digestible y proteína cruda son ligeramente mayores a los ensilados con melaza. Utilizar solamente sorgo reduce además el porcentaje de cenizas y los costos.
- La digestibilidad en pepsina de todos los ensilados es alta lo que indica que se trata de proteína de buena calidad.
- Tomando en cuenta el índice de Fleig utilizado para determinar la calidad de fermentación todos los ensilados son de muy buena calidad.
- Se propone la inclusión de los ensilados en la economía de las granjas integradas autosuficientes, pues esto plantea grandes posibilidades futuras.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, B.A. & Pérez-Gil, R.F. 1983. Parámetros de fermentación y conservación del ensilaje de desechos de pescado. Technol. Aliment. (México) . 18(3), 22-26.
- Amos, H.E. 1980. Treatment of protein to improve utilization by ruminants. Georgia nutrition conference for the feed industry. pp 13-15.
- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 13th. Ed. Washington, D.C.
- Ash, C.D. & Lee, D.J. 1980. Lead, cadmium, copper and iron in earthworms from roadside sites. Environ. Pollut. 22, 59-67.
- Augustine, P.C. & Lund, E.E. 1974. The fate of eggs and larvae of Ascaridia galli in earthworms. Avian. Dis. 18, 394-398.
- Barry, T.N. 1970. Changes in amino acid composition during ensiling and their influence on nutritive value. J. Agric. Sci. Camb. 91, 717-725.
- Bateman, J.V. 1970. Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos. Herrero, México. pp. 269-281.
- Blom, J.C. 1984. L'Alimentation des animaux monogastriques. Institut National de la recherche agronomique. Paris. 282 pp.
- Brown, B.A. & Mitchell, M.J. 1981. Role of earthworm. Eisenia foetida, in affecting survival of Salmonella enteritidis ser. typhimurium. Pedobiologia. 21, 434-438.
- Gonconi, J. 1982. Los insectos como fuente de proteína en el futuro. Limusa, México. Instituto de Biología. UNAM. 554 pp.

- Church, D.C. 1986. Livestock feeds and feeding. Prentice Hall. New Jersey. 549 pp.
- Church, D.C. & Pond, W.G. 1982. Basic animal nutrition and feeding. John Wiley. 403 pp.
- Easton, E.G. 1983. A guide to the valid names of Lumbricidae. In Earth worm Ecology. From Darwin to Vermiculture. J.E. Satchell (Ed). Chapman and Hall. London and New York. pp 467-475.
- Ede, R & Blood, T.E. 1970. Ensilado. España. Acribia. pp 132.
- Edwards, C.A. & Lofty, J.R. 1977. Biology of earthworms. (2a. Ed). Chapman and Hall. London. 335 pp.
- Esminger, M.E. & Olentine, C.G. 1980. Feeds & Nutrition complete. USA. 1419 pp.
- Fanjul, L.; Pineda, R.G.; Young, M.M.; Acosta, B.R.; Andrade, F.B.; Basurto, L.A.; & Ortiz, E.B. 1984. La granja integrada una posible respuesta al desarrollo de la sierra norte de Puebla. Biotica . 9(1), 7-22 .
- Fleckenstein, J. & Graff, O. Heavy metal uptake from municipal waste compost by the earthworm Eisenia foetida. (Savigny 1826). Landbauforsch. (1982). 32, 198-202 .
- Giese, A.C. 1975. Fisiología celular y general. (2a. Ed.). Interamericana . México. 730 pp.
- Guerrero, E.D. 1983. The culture and use of Perionyx excavatus as a protein resource in Philippines. In Earthworm Ecology. From Darwin to vermiculture. J.E. Satchell (Ed). Chapman and Hall. London and New York .pp 309-313 .

- Harper, A.H. 1972. Manual de química fisiológica. El Manual Moderno. México. 984 pp.
- Hartenstein, R. ; Neuhauser, E.F. & Colher, J. 1980a. Accumulation of heavy metals in the earthworm Eisenia foetida. J. Environ. Qual. 9, 23-26.
- Hartenstein, R.; Leaf, A.L.; Neuhauser, E.F.; Bickelhaupt, D.H. 1980b. Composition of the earthworms Eisenia foetida (Savigny) and assimilation of 15 elements from sludge during growth. Comp. Biochem. Physiol 660, 187-192..
- Hartenstein, R. 1981. Production of earthworm Eisenia foetida as a potentially economical source of protein. Biotechnol. Bioeng. 23, 1812-1997.
- Harwood, M. 1976. Recovery of protein from poultry waste by earth worms. Proc. 1st. Austr. Poultry Stockfeed. Conv. Melbourne. pp. 138-143 .
- Harwood, M. & Sabine, J.R. 1978. The nutritive value of worm meal. Proc. end. Austr. Poultry Stockfeed. Conv. Sydney. pp. 164-171 .
- INIP-CIPES 1980. Silos y Ensilajes. 11, 1-6. Divulgación tecnológica. Información ganadera. Jalisco. México.
- Ireland, M.P. 1983. Heavy metal uptake and tissue distribution in earthworms. In Earthworm Ecology. From Darwin to vermiculture J.E. Satchell (Ed). Chapman and Hall. London and New York . pp. 247-265.
- Jamieson, G.M. 1978. Preliminary discussion of a Hennigan analysis of the phylogeny and sistemics of opisthoporous. Oligochates.

Rev. Ecol. Biol. Sol.-17(2), 261-275 .

- Lee, M.E. 1985. Earthworms their Ecology and relationships with soils and land use. Academic Pres. New York.
- Loehr, R.C.; Martin, J.M.; Neuhauser, E.F. & Malecki, M.R. 1984. Waste management using earthworms . Enginnering and scientific relationships. Final projet report. Department of Agricultural. Enginnering, Cornell University. Ithaca. New York. 188pp.
- Lofs-Holmin, A. 1985 . Vermiculture. Swedish University of Agricultural Sciences. Dep. of Ecology and Environmental. Uppsala. pp 7-68 .
- Malecki, M.; Neuhauser, E. & Loehr, R. 1982. The effect of metals on the growth and reproduction of Eisenia foetida (Oligochaeta Lumbricidae). Pedobiologia. 24, 129-137 .
- Mc Cullough, M.E. 1977. Silage and silage fermentation, Feedstuffs. pp. 49-51 .
- Mc. Cullough, M.E. 1978. Fermentation of silage review. Grants in aid committee. INFIA. Iowa. USA. pp. 1-115.
- Minnich, J. 1977. The earthworm book. Rodale Press Emmaus. USA. 252 pp.
- Mitchell, M.J.; Hartenstein, R. ; Swift, B.L.; Neuhauser, E.F.; Abrams, B.I.; Mulligan, R.M.; Brown, B.R.; Craig, D & Kaplan, D. 1978. Effects of different sewage sludges on some chemical and biological characteristics of soil. J. Environ. Qual. 7, 551-559.
- Neuhauser, E.F.; Kaplan, D.L.; Malecki, M.R. & Hartenstein, R. 1980. Materials supporting weight gain by the earthworm Eisenia

- foetida in waste conversion systems. Agricultural Wastes. 2,43-60.
- Olguin, P.E. 1985. Producción de alimentos no convencionales para consumo animal . En Prospectiva de la Biotecnología en México. Conacyt. pp. 149-173.
- Grozco, A.M. 1986. Evaluación biológica de una mezcla de lombrices de tierra (Eisenia foetida, y Lumbricus rubellus) y su utilización como sustituto parcial de proteína en una dieta terminada para la alimentación de conejos . Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza. UNAM. México.
- Reinecke, A.J. & Venter, J.R. 1985 . The influence of moisture on the growth and reproduction of the compost worm, Eisenia foetida. Rev. Ecol. Biol. Sol. 22(4), 473-481 .
- Reynolds, J.W. 1977. The Earthworms of Ontario. Life Sciences Miscellaneous. Royal Ontario Museum.
- Sabine, J.R. 1978. The nutritive value of earthworm meal. In Utilization of soil organisms in sludge managements. R. Hartenstein (Ed). State Univ. Syracuse. pp. 112-130.
- Sabine, J.R. 1983. Earthworms as a source of food and drugs . In Earthworms Ecology. From Darwin to Vermiculture. J.E. Satchell (Ed). Chapman and Hall. London and New York . pp 285-296 .
- Satchell, J.E. & Dattie, D.J. 1984. Factors affecting the longevity of earthworms stored in peat. J. Of Applied Ecology. 21, 285-291.
- Sims, R.W. 1983. The scientific names of earthworms .In Earthworms

- Ecology. From Darwin to Vermiculture. J.E. Satchell (ed). Chapman and Hall. London and New York. pp. 449-467 .
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1979. Biometria. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Freeman and Company.
- Stephen, J. & Watson 1969. El Ensilaje . 3a. (ed). Continental. pp. 159-179.
- Taboga, L. 1980. The nutritional value of earthworms for chickens. British Poultry Science - 21, 405-410.
- Tacon, A.G.; Stafford, E.A.; & Edwards, C.A. 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. Aquaculture. 35, 187-199..
- Tejada, H.I. 1983. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. INIP.SARH. 386 pp.
- Viana, M.T. 1982. Una alternativa a una utilización de subproductos de la fauna de acompañamiento del camarón. Composición química de microensilajes de subproductos pesqueros y desperdicios agrícolas. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM.
- Viana, M.T. & Tejada, H.I. 1982. Composición química de microensilajes de subproductos pesqueros y agrícolas. Reunión de Investigación Pecuaria en México. INIP.SARH. pp. 535-540.

FOTOPROCESO GOTTDIENER

Impresos Ahau.

Arquitectura 74 L.3

Tels. 6587099-6587152