

**EFFECTO DE DISTINTOS TIPOS DE SUBSTRATO, FUENTES DE  
CELULOSA, DENSIDADES DE SIEMBRA Y PERIODICIDADES  
DE ALIMENTACION SOBRE LA PRODUCCION  
DE LA LOMBRIZ ROJA  
Eisenia foetida (Savigny, 1826)**

MEMORIA:	5,412
FECHA:	24/11/92
ENCARGADO:	VILLARREAL

*Ronald Orlando Cruz Arce*

**T E S I S**

PRESENTADA A LA

**ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA**

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

**INGENIERO AGRONOMO**

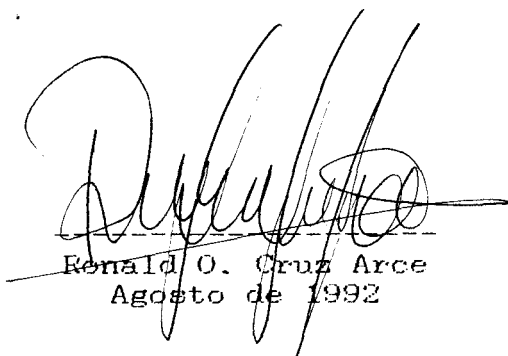
**ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA**

Agosto, 1992

EFFECTO DE DISTINTOS TIPOS DE SUBSTRATOS, FUENTES DE  
CELULOSA, DENSIDADES DE SIEMBRA Y PERIODICIDADES DE  
ALIMENTACION; SOBRE LA PRODUCCION DE LA LOMBRIZ ROJA  
*Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

Ronald O. Cruz Arce

EL autor concede a la Escuela Agrícola  
Panamericana permiso para reproducir y  
distribuir copias de este trabajo para  
los usos que considere necesarios.  
Para otras personas y otros fines,  
se reservan los derechos de autor.



Ronald O. Cruz Arce  
Agosto de 1992

DEDICATORIA

Con mucho amor a mis padres Arturo Cruz Rivera y Bertha Arce de Cruz, a mis hermanos Rene, Isabel, Germán, Gladys, Rosario y Arturo. A mi esposa Alba María, y a mis hijos Alejandro y Diego.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Agrícola Panamericana, por la oportunidad que me brindo para terminar mis estudios y realizar este trabajo.

En forma especial deseo agradecer a mis asesores, Dr. Isidro Matamoros, Dr. Raul Santillan y Dr. Marco Esnaola, por sus consejos oportunos y la confianza depositada en mi persona.

Deseo también agradecer el apoyo y la ayuda que me brindo todo este tiempo la familia Pérez.

También agradezco a todas las personas, amigos y compañeros que de una u otra forma colaboraron con la realización de este trabajo.

A mi familia que pese a todas las vicisitudes de este camino nunca me abandonó.

A mi esposa e hijos que fueron el acicate para mis esfuerzos.

## INDICE GENERAL

Tema	Página
DEDICATORIA . . . . .	iv
AGRADECIMIENTO . . . . .	v
INDICE GENERAL . . . . .	vi
INDICE DE CUADROS . . . . .	ix
INDICE DE FIGURAS . . . . .	xi
INDICE DE ANEXOS . . . . .	xiii
I. INTRODUCCION. . . . .	1
A. DESCRIPCION DEL PROBLEMA . . . . .	1
B. OBJETIVOS . . . . .	3
a. GENERAL . . . . .	3
b. ESPECIFICOS . . . . .	3
II. REVISION DE LITERATURA . . . . .	4
A. CLASIFICACION ZOOLOGICA . . . . .	4
B. DESCRIPCION FUNCIONAL DE LAS LOMBRICES . . . . .	4
1. SISTEMA DIGESTIVO . . . . .	5
2. SISTEMA MUSCULAR . . . . .	6
3. SISTEMA CIRCULATORIO . . . . .	6
4. REPRODUCCION . . . . .	7
a. ANATOMIA DE LOS ORGANOS REPRODUCTIVOS . . . . .	7
b. COPULA . . . . .	9
c. FERTILIZACION . . . . .	10
d. OVIPOSICION . . . . .	10
C. DESARROLLO DE LA LOMBRICULTURA . . . . .	12
1. ASPECTOS HISTORICOS . . . . .	12
2. LOMBRICULTURA TECNICA . . . . .	12
D. ASPECTOS PRODUCTIVOS . . . . .	14
1. CARACTERISTICAS DE LA CARNE DE LOMBRIZ . . . . .	14
a. COMPOSICION QUIMICA . . . . .	14
b. UTILIZACION EN ALIMENTACION ANIMAL . . . . .	17

## INDICE GENERAL

Tema	Página
2. PRODUCCION DE CARNE DE LOMBRIZ . . . . .	18
a. NIVELES DE PRODUCTIVIDAD . . . . .	18
b. ALIMENTACION DE LAS LOMBRICES . . . . .	19
3. ASPECTOS GENERALES DE MANEJO . . . . .	21
a. pH DEL SUSTRATO . . . . .	21
b. HUMEDAD . . . . .	21
c. TEMPERATURA . . . . .	22
d. AEREACION . . . . .	22
e. COSECHA . . . . .	23
4. PRODUCCION DE HUMUS . . . . .	24
a. COMPOSICION . . . . .	24
b. ACCION DEL HUMUS EN EL SUELO . . . . .	24
c. UTILIZACION . . . . .	27
d. PRODUCTIVIDAD . . . . .	27
III. MATERIALES Y METODOS . . . . .	28
A. MATERIALES . . . . .	28
B. METODOS . . . . .	30
1. PRIMERA FASE . . . . .	30
a. TRATAMIENTOS . . . . .	30
b. PLANO DE LA UBICACION DE LOS TRATAMIENTOS . . . . .	30
2. SEGUNDA FASE . . . . .	33
a. TRATAMIENTOS . . . . .	33
b. PLANO DE LA UBICACION DE LOS TRATAMIENTOS . . . . .	34
C. VARIABLES ESTADISTICAS . . . . .	34
D. DISEÑO ESTADISTICO . . . . .	35
1. PRIMERA FASE . . . . .	35
2. SEGUNDA FASE . . . . .	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	37
A. PRIMERA FASE . . . . .	37
1. RENDIMIENTO DE CARNE DE LOMBRIZ . . . . .	37
2. HUMEDAD . . . . .	39
3. RENDIMIENTO EN MATERIA SECA . . . . .	42
4. MATERIA ORGANICA . . . . .	44
5. PROTEINA CRUDA . . . . .	45
6. DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA CRUDA . . . . .	47
7. GRASA . . . . .	49
8. CENIZAS . . . . .	51

## INDICE GENERAL

Tema	Página
9. CALCIO . . . . .	53
10. FOSFORO. . . . .	54
B. SEGUNDA FASE . . . . .	56
V. CONCLUSIONES . . . . .	62
VI. RECOMENDACIONES . . . . .	64
VII. RESUMEN . . . . .	65
VIII. BIBLIOGRAFIA . . . . .	66
IX. ANEXOS . . . . .	69
A. PRIMERA FASE . . . . .	69
B. SEGUNDA FASE . . . . .	85

## INDICE DE CUADROS

Tema	Página
Cuadro 1. Diferencias de longevidad y prolificidad entre distintos tipos de lombrices . . .	13
Cuadro 2. Contenido y composición aminoacídica de la harina de carne de lombriz, soya y carne bovina en g/100 g de proteína . . . . .	16
Cuadro 3. Contenido de aminoácidos esenciales en la harina de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> en g/100 g de proteína. . . . .	16
Cuadro 4. Primera fase análisis de varianza, cuadro adeva patrón. . . . .	35
Cuadro 5. Segunda fase análisis de varianza, cuadro adeva patrón. . . . .	36
Cuadro 6. Promedios del rendimiento de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> (ton MF/ha) y desviaciones estándar . . . . .	38
Cuadro 7. Promedios del porcentaje de humedad y desviaciones estándar . . . . .	40
Cuadro 8. Promedios del rendimiento de materia seca en ton/ha y desviaciones estándar. . . . .	43
Cuadro 9. Promedios del porcentaje de materia orgánica y desviaciones estándar . . . . .	45
Cuadro 10. Promedios del porcentaje de proteína cruda y desviaciones estándar. . . . .	46
Cuadro 11 Promedios del porcentaje de digestibilidad de la proteína cruda y desviaciones estándar . . . . .	48
Cuadro 12. Promedios del porcentaje de grasa y desviaciones estándar. . . . .	50
Cuadro 13. Promedios del porcentaje de cenizas y desviaciones estándar. . . . .	52
Cuadro 14. Promedios del porcentaje de Calcio y desviaciones estándar. . . . .	54



-----  
INDICE DE CUADROS  
-----

Tema	Página
Cuadro 15. Promedios del porcentaje de Fósforo y desviaciones estándar . . . . .	56
Cuadro 16. Promedios de los cambios en la población de lombrices, expresado en kg/ha . . . . .	58
Cuadro 17. Promedios de los cambios de la población de lombrices para los tratamientos con periodicidad de alimentación de 3 días . . . . .	59
Cuadro 18. Promedios de los cambios de la población de lombrices para los tratamientos, con periodicidad de alimentación de 7 días . . . . .	60
Cuadro 19. Promedio de los cambios de la población de lombrices para los tratamientos, con periodicidad de 9 días. . . . .	61

-----

## INDICE DE FIGURAS

Tema	Página
Figura No. 1. Rendimiento de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> . (ton MF/ha) . . . . .	38
Figura 2. Humedad promedio en la carne de lombriz, <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca . . . . .	40
Figura 3. Rendimiento de harina de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> , ton/ha, en base al porcentaje de materia seca . . . . .	43
Figura 4. Contenido de materia orgánica en la harina de carne de lombriz, <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca . . . . .	45
Figura 5. Contenido de proteína cruda en la harina de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca . . . . .	46
Figura 6. Digestibilidad de la proteína cruda en la harina de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca. . . . .	48
Figura 7. Contenido de grasa en la harina de carne de lombriz, <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca . . . . .	50
Figura 8. Contenido de cenizas en la harina de carne de lombriz, <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca. . . . .	52
Figura 9. Contenido de Calcio en la harina de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca . . . . .	54
Figura 10. Contenido de Fósforo, en la harina de carne de lombriz <i>Eisenia foetida</i> , en % de la materia seca . . . . .	55

## INDICE DE FIGURAS

Tema	Página
Figura 11. Cambios en la población de lombrices en kg/ha. promedio por mes sin contar con la periodicidad de alimentación . . . . .	58
Figura 12. Cambios en la población de lombrices en (g BF/0.09 m <sup>2</sup> ), promedio de los tratamientos con alimentación cada 3 días . . . . .	59
Figura 12. Cambios en la población de lombrices en (g BF/0.09 m <sup>2</sup> ), promedio de los tratamientos con alimentación cada 7 días . . . . .	60
Figura 13. Cambios en la población de lombrices en (g BF/0.09 m <sup>2</sup> ), promedio de los tratamientos con alimentación cada 9 días . . . . .	61

## INDICE DE ANEXOS

Tema	Página
Anexo 1. Aumento de la cantidad de alimento suministrado por semana, en g MS por bandejas de 0.09 m <sup>2</sup> . . . . .	69
Anexo 2. Composición de la harina de carne de lombriz, promedio de las cuatro repeticiones, expresado en Porcentaje de la MS . . . . .	70
Anexo 3. Rendimiento de carne de lombriz en materia fresca (ton MF/ha) . . . . .	71
Anexo 4. Rendimiento de carne de lombriz en materia fresca (ton MF/ha) . . . . .	72
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable dependiente: rendimiento (ton MF/ha). . . . .	73
Anexo 6. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable, rendimiento (ton MF/ha). Probando los niveles de substratos. . . . .	73
Anexo 7. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable, rendimiento (ton MF/ha). Probando los niveles de fuentes de celulosa. . . . .	74
Anexo 8. Rendimiento de carne de lombriz en materia seca, (g MS/0.09 m <sup>2</sup> ) . . . . .	74
Anexo 9. Rendimiento de carne de lombriz en materia seca (ton MS/ha) . . . . .	75
Anexo 10. Análisis de varianza para la variable dependiente: Humedad . . . . .	76
Anexo 11. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable: Humedad. Probando los niveles de Fuente de Celulosa . . . . .	76
Anexo 12. Análisis de varianza para la variable dependiente, rendimiento (ton MS/0.09 m <sup>2</sup> ) . . . . .	77
Anexo 13. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable, rendimiento (ton MS/ha). Probando los niveles de substratos. . . . .	77
Anexo 14. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable, rendimiento (ton MS/ha). Probando los niveles de fuentes de celulosa. . . . .	78

## INDICE DE ANEXOS

Tema	Página
Anexo 15. Análisis de varianza para la variable dependiente. materia orgánica. . . . .	78
Anexo 16. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable. materia orgánica. Probando los niveles de fuentes de celulosa. . . . .	79
Anexo 17. Análisis de varianza para la variable dependiente: Proteína cruda. . . . .	79
Anexo 18. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable dependiente: Proteína cruda. Probando los niveles de substratos . . . . .	79
Anexo 19. Análisis de varianza para la variable dependiente digestibilidad de proteína. . . . .	80
Anexo 20. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable. digestibilidad de proteína. Probando los niveles de substratos. . . . .	80
Anexo 21. Análisis de varianza para la variable dependiente. grasa. . . . .	80
Anexo 22. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable. grasa. Probando los niveles de substratos. . . . .	81
Anexo 23. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable. grasa. Probando los niveles de fuentes de celulosa. . . . .	81
Anexo 24. Análisis de varianza para la variable dependiente: Cenizas. . . . .	81
Anexo 25. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable. cenizas. Probando los niveles de fuentes de celulosa . . . . .	82
Anexo 26. Análisis de varianza para la variable dependiente: calcio . . . . .	82
Anexo 27. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable: calcio. Probando los niveles de substratos. . . . .	82

## INDICE DE ANEXOS

Tema	Página
Anexo 28. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable: calcio. Probando los niveles de fuentes de celulosa. . . . .	83
Anexo 29. Análisis de varianza para la variable dependiente: fósforo. . . . .	83
Anexo 30. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable: fósforo. Probando los niveles de substratos. . . . .	84
Anexo 31. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable: fósforo. Probando los niveles de fuentes de celulosa. . . . .	84
Anexo 32. Análisis de varianza para la variable: Rendimiento final (ton MF/ha). . . . .	85
Anexo 33. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable: Rendimiento final (ton MF/ha) .	85

# I. INTRODUCCION

## I. INTRODUCCION.

### A. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas de la producción animal, en los países en vías de desarrollo, es la costosa alimentación de los animales monogástricos. Sin duda la falta de una fuente barata de proteína, que no genere competencia con la alimentación humana o procesos industriales, agrava aun más esta situación.

Como una alternativa para la solución de este problema, se plantea, la producción de proteína en base a sistemas no tradicionales; uno de los cuales es la producción de carne de lombriz, producida a partir de cualquier desecho orgánico. Este tipo de recursos renovables, (mal llamados basura) considerados únicamente como desechos, en la actualidad, están siendo subutilizados; ya que no se los incorpora en una actividad productiva, ni se los puede comercializar directamente.

Por otra parte, el actual costo de los fertilizantes inorgánicos y los problemas que a la larga conlleva el uso indiscriminado de los mismos (acidificación, pérdida de estructura), estimula a buscar fuentes no tradicionales de fertilización. El humus de lombriz ha demostrado ser un fertilizante orgánico de excelente calidad ya que tiene un efecto regenerador de la microflora y microfauna del suelo, además de que no ocasiona problemas de toxicidad o acidificación.



La lombricultura, también, está catalogada como una actividad ecológica, ya que a través de ella se pueden reciclar y reintegrar al proceso productivo, un sin número de desechos orgánicos que de otra forma ocasionan daños ambientales serios (producción de gases tóxicos, acumulación de metales pesados, etc), o simplemente no se aprovechan (Gomez, 1988).

La lombricultura como una actividad zootécnica a sido desarrollada principalmente en zonas de clima templado, (EE.UU., Chile, Argentina, Francia, Italia, España entre los más importantes), por lo que las tecnologías de producción desarrolladas están adaptadas al entorno prevalente en esas zonas (Ferruzi 1987).

Este experimento, pretende poner a prueba, y adaptar al medio ambiente tropical, algunas de las técnicas utilizadas por los sistemas de producción lombrícola.

La alta productividad de la lombriz, *Eisenia foetida*, especie ampliamente utilizada en esta actividad, se basa casi exclusivamente en su alta tasa de reproducción y su longevidad. Ambos factores se relacionan íntimamente y en algunos casos están marcadamente influenciados por la alimentación, la periodicidad de la alimentación y la calidad del alimento, la temperatura y el pH del substrato, el porcentaje de humedad del medio (Ferruzi, 1987, Cruz, 1989).

Todos estos factores son afectados por las condiciones medio ambientales prevalentes en una zona. Es obvia, la importancia del estudio de estos aspectos técnicos de la producción

comercial de lombrices, y el efecto que pudiera tener sobre ellas el medio ambiente tropical.

## **B. OBJETIVOS**

### **a. GENERAL**

Estudiar y evaluar, la técnica de alimentación y manejo para la producción intensiva de lombrices, condiciones condiciones del trópico.

### **b. ESPECIFICOS**

Determinar los niveles de productividad de carne de lombriz dependiendo del tipo de alimento recibido.

Determinar la composición química, de la harina de carne de lombriz, por efecto de los distintos tipos de alimento evaluados.

Evaluar el efecto de:

- Tipos de sustratos de alimentación.
- Tipos de fuentes de celulosa.
- Densidad de siembra.
- Periodicidad de alimentación.

sobre la época de cosecha y/o incremento del pie de cría

## II. REVISION DE LITERATURA

## II. REVISION DE LITERATURA

Por la naturaleza de este trabajo y la novedad del tema, la revisión de literatura se dividirá en cuatro partes:

- A. Clasificación zoológica.
- B. Descripción funcional.
- C. Desarrollo de la lombricultura.
- D. Aspectos productivos.

### A. CLASIFICACION ZOOLOGICA

La lombriz de tierra esta clasificada dentro del reino animal de la siguiente manera:

Reino: Animal  
 Subreino: Metazoos  
 Phylum: Protostomia  
 Clase: Anélida  
 Orden: Oligochaeta  
 Familia: Lumbricidae  
 Especies: *Lombrices rubellis*, *L. terrestris*, *Kisenia foetida*

Fuente: Adaptado de Barnes, 1969

La clase annélida se divide en tres órdenes: Polychaeta, Olichchaeta e Hirudinea.

### B. DESCRIPCION FUNCIONAL DE LAS LOMBRICES

La característica más notable de la clase annélida es el marcado metamerismo, o sea la división del cuerpo en segmentos o partes similares. Esta división no solo afecta a las estructuras externas sino también a las internas, siendo el sistema digestivo el único que no es mayormente afectado.

## 1. SISTEMA DIGESTIVO

El sistema digestivo de los anélidos es más o menos recto, desde la boca, situada por debajo del prostomio o cabeza, hasta el ano, situado directamente por encima del pigidio o cola.

El intestino se halla en el centro de la cavidad corporal y se mantiene en su posición por mesenterios longitudinales y por tabiques.

Inmediatamente después de la boca se encuentra la faringe que es una cámara espaciosa con gran cantidad de glándulas y músculos. Este órgano actúa como una bomba succionando el alimento e impulsándolo hacia al buche y la molleja, las glándulas faringeadas secretan moco y enzimas entre las cuales se encuentra la proteasa.

A continuación de la faringe, se encuentra el buche que actúa como una cámara de almacenamiento, luego de éste se encuentra la molleja que es un órgano que tritura las partículas alimenticias y que se encuentra revestido por una fuerte cutícula rica en músculos.

Luego de estas estructuras se encuentra el esófago cuyo rasgo particular es la presencia de glándulas calcíferas o de Morren, cuya acción es netamente excretora y no digestiva, ya que producen calcita que pasa al sistema digestivo y es evacuado por las heces. Controla también la concentración de iones de la sangre especialmente calcio y carbonato, y de esa forma el equilibrio ácido-base de la lombriz.

El intestino es la porción restante del aparato digestivo, y es el principal lugar de digestión y absorción de alimentos, para lo cual su epitelio contiene células absorbentes, secretoras y ciliadas contráctiles. Una característica interesante, por sus aplicaciones prácticas, es que en esta parte del cuerpo, las lombrices secretan celulasa por lo cual son capaces de aprovechar fuentes de celulosa. Los nutrientes que son absorbidos pasan a los senos o vasos sanguíneos y luego a los músculos intestinales.

Cabe destacar que en el primer tercio del aparato digestivo de la lombriz se realiza la mineralización de las sustancias ingeridas (desde la boca hasta el esófago) y en dos tercios restantes se realizan la síntesis húmica (Barnes, 1969).

## 2. SISTEMA MUSCULAR

El sistema muscular de las lombrices está altamente desarrollado, tanto en sentido longitudinal como perimetral (Ferruzzi, 1987). Por medio de esta potente musculatura las lombrices son capaces de movilizarse dentro la tierra.

## 3. SISTEMA CIRCULATORIO

La respiración o intercambio de gases se realiza a través del tegumento o lo que podríamos considerar piel, por difusión, para este proceso se necesita humedad la cual es proporcionada por las excreciones de las glándulas de la mucosa. Se sabe también que esta secreción mucosa contiene enzimas proteolíticas y celulolíticas que realizan una

digestión extracorporal del material que eventualmente servirá de alimento Bollo, 1992 (comunicación personal, 1992).

El plasma sanguíneo de las lombrices contiene hemoglobina la que se satura con oxígeno a bajas tensiones del mismo, por lo que es capaz de vivir en ambientes con relativamente bajo contenido de este gas.

El sistema circulatorio consta de vasos, ventral y dorsal, los cuales están unidos por otros laterales en cada segmento. Los vasos laterales a su vez se ramifican hasta formar capilares irrigando distintos órganos y la piel del animal.

El vaso dorsal recoge la sangre y se encarga de impulsarla hacia la parte posterior del cuerpo distribuyéndola en la cavidad intestinal y los vasos segmentarios. Algunos segmentos del vaso dorsal son llamados corazones ya que son comisurales y netamente contráctiles. Existen 5 pares de corazones entre los metámeros ocho y trece (Ferruzzi, 1987).

#### **4. REPRODUCCION**

El sistema reproductivo de las lombrices consta de los dos sexos siendo estos animales hermafroditas incompletos, ya que no se pueden fertilizar por si mismos.

##### **a. ANATOMÍA DE LOS ORGANOS REPRODUCTIVOS**

Los órganos sexuales se encuentran entre los anillos nueve al quince, existiendo dos poros o aperturas genitales una en el anillo catorce que corresponde al aparato reproductivo femenino y otra en el anillo quince que corresponde al aparato masculino.

Los dos ovarios, son pequeños en forma de pera o a veces lobulados o digitados, situados en el anillo número trece. La maduración de los gametos se realiza dentro del celoma de donde son atrapadas por dos órganos llamados trompas ováricas (Rioja, 1955) y son conducidos, a la vesícula seminal, ovisaco o sáculo ovular, situada en el tabique que divide los anillos trece y catorce, se mantiene aquí en espera de la fertilización.

En los anillos nueve, y diez están los receptáculos seminales donde se acumulan los espermatozoides, recibidos durante la cópula, hasta el momento de ser usados en la fecundación.

Aunque estas estructuras están completamente separadas de gonoductos, forman parte del sistema reproductor femenino.

Los testículos también pequeños y piriformes, se encuentran en dos pares, en los anillos diez y once. Los espermatozoides son recogidos por unas estructuras en forma de embudo llamadas espermiductos, (Rioja, 1955) en los que se observa una unión de varios de estos; antes de desembocar al exterior en un poro genital común llamado gonópore, en la superficie ventral del cuerpo.

El clitelio es una zona engrosada del animal que abarca segmentos 32 al 38 del animal inmediatamente por detrás de las estructuras sexuales. Las glándulas de esta región producen moco y forman la pared del capullo; y también producen albúmina que llena la cavidad del capullo. Esta glándulas



están estratificadas, y especializadas dentro del clitelio. (Gendredo, 1971), (Wille, 1960).

#### b. COPULA

Durante la cópula los animales se ponen en contacto mediante sus superficies ventrales con la parte anterior de uno de ellos dirigida hacia la posterior del otro.

Los poros genitales masculino y los receptáculos seminales no se yuxtaponen, por lo que el semen debe recorrer una considerable distancia.

La unión de animales se realiza por la yuxtaposición del clitelio de uno y el gonópodo masculino del otro y viceversa. Los animales en esta posición se mantienen unidos gracias a la presencia de cerdas y a la formación de un tubo de limo y moco. La pared corporal de los segmentos posteriores a los gonóporos se contrae formando un surco espermático, por el cual pasan los espermatozoides en virtud a un movimiento descendente de los músculos que forman el mencionado surco.

La duración de la cópula depende principalmente de la temperatura; en temperaturas óptimas (26 a 28 oC) puede durar hasta dos horas. La duración de la cópula tiene cierto efecto en el número de nacidos por capullo, ya que de esta depende la cantidad de esperma transferido. Bollo, 1992 (comunicación personal).

Durante la oviposición, los gametos una vez maduros y ya fecundados, son conducidos por el oviducto hasta el poro

genital femenino, para ser finalmente introducidos en el capullo.

### c. FERTILIZACION

La fertilización de los óvulos se realiza en forma extracorporal. Durante la oviposición, el clitelio exuda un mucus donde flotan libres los óvulos y son descargados los espermatozoides previamente acumulados. Esta masa se dirige, gracias a movimientos corporales, en dirección craneal.

Finalmente toda esta masa se introduce en el capullo, también producido por las glándulas del clitelio y es liberado en el suelo.

### d. OVIPOSICION

Unos días después de la cópula se forma, en el clitelio, el capullo. Hay un cierto aumento en el grosor y la zona se hace más notoria. Las glándulas en este momento están produciendo activamente moco y albúmina.

El capullo conteniendo los huevos fertilizados se desliza sobre la cabeza y es liberado en la tierra. El tubo mucoso que aún lo unía al cuerpo, se desintegra rápidamente y los extremos del capullo experimentan constricción cerrándose por si mismos (Barnes, 1969).

En torno al intestino y revistiendo al vaso dorsal existe un tejido conocido como cloragógeno, que es el centro de formación y almacenamiento de grasa y glucógeno, también tiene lugar aquí la deaminación de las proteínas (Liebman, 1946 citado por (Barnes, 1969) afirma que células del cloragógeno,

liberadas al celoma, llamadas eleocitos, cargadas de partículas alimenticias emigran a diferentes tejidos incluyendo los huevos en formación y transfieren en estos el alimento transportado.

El capullo o también llamado cocon en la *Eisenia foetida* tiene aproximadamente las siguientes características: dimensiones, 2-3 mm por 3-4 mm, es de color amarillo verdoso, oscureciéndose a medida que maduran los huevos; contiene entre 2 a 21 huevos, la incubación de los huevos contenidos en el capullo, dura entre 14 y 21 días, dependiendo de la temperatura. Las lombrices al momento de nacer tienen un color blanco que se torna rosado a los 5 ó 6 días y adquiere la tonalidad final de rosa oscura a los 15 ó 20 días. El clitelio se desarrolla a los 90 días indicando la llegada a la madurez sexual (Ferruzzi, 1987), (Cockrum y Mc. Cauley, 1967).

El tamaño de la lombriz es muy variable; *Eisenia foetida*, tiene una longitud de entre 7 y 10 cm según (Ferruzzi, 1987) 3 a 8.5 según (Cruz, 1989); y un diámetro de 3 a 4 mm; pesa entre 0.85 a 1.10 gr; la edad adulta alcanza a 7 a 9 meses la madurez sexual la alcanza a los 2-3 meses y esta unida a la aparición del clitelo (Cruz, 1989). Tiene un promedio de vida de 16 años el número de segmentos es entre 80-110 (Cruz, 1989).

Para aumentar la producción de capullos se recomienda secar la parte superior por unos días y luego restablecer la humedad ya que el calor tibio estimula la deposición de huevos.

## C. DESARROLLO DE LA LOMBRICULTURA

### 1. ASPECTOS HISTORICOS

Los beneficios de tener una cierta población de lombrices en el campo eran ya bien conocidos en Egipto y Grecia. Aristóteles, mencionó que las lombrices eran los intestinos del suelo y contribuían a la fertilidad del mismo; mientras que en Egipto, se castigaba con la muerte a la persona que llevara lombrices a otras tierras (Ferruzi 1987).

Aunque, la utilidad de la lombriz estaba ampliamente comprobada, no fue hasta el siglo XVIII que se hicieron los primeros estudios científicos de este anélido. El reverendo Gilbert White fue el pionero en este tema, luego, Charles Darwin (1809-1882) dedicó parte de su vida al estudio de estos animales.

### 2. LOMBRICULTURA TECNICA

El desarrollo de la lombricultura, ya como una técnica, se remonta a los trabajos de Thomas Barret que en 1930 logró domesticar lombrices de tierra. En 1947 Hugg Carter inició la producción comercial de lombrices para venderlas como carnada a los pescadores.

La obtención de un nuevo tipo de lombriz la cual, por sus características de prolificidad y longevidad, hizo que esta actividad se popularizara en la década de los 50. Esta lombriz, es rápidamente domesticada y explotada y en la actualidad, se conoce como Rojo híbrido californiano, ya que fue desarrollada en 1954, en el estado de California a partir

de trabajos de selección realizados por Hugg Carter utilizando la especie *Eisenia foetida*.

Los trabajos de selección hechos para mejorar la producción de carne de lombriz antes de 1954 fueron orientados a aumentar el consumo alimenticio y el tamaño promedio de las lombrices.

De esta forma se consiguió un tipo de lombriz muy voraz, grande, pero muy poco prolífica. A partir de la producción de la lombriz "híbrida" se mejoró la producción, principalmente, por la mejora en los aspectos de prolificidad y longevidad de los animales, aunque se fue en desmedro del tamaño corporal.

En la actualidad se trabaja principalmente con los siguientes tipos de lombrices:

- *Eisenia foetida*

- *Lombricus rubellis*

- Rojo híbrido (selección de *Eisenia foetida*)

Las principales diferencias entre estas especies son: (Cuadro 1). Longevidad, periodicidad de acoplamiento y número de nacidos por capullo.

Cuadro 1. Diferencias de longevidad y prolificidad entre distintos tipos de lombrices

	Longevidad (años)	periodicidad acoplamiento (días)	número de nacidos
<i>Eisenia foetida</i>	16	7	2-21
8000 especies de lombrices comunes <sup>1</sup>	4	45	1-4

Fuente: Ferruzzi 1987.

<sup>1</sup> Incluyendo *Lumbricus rubellis* y *L. terrestris*

Aunque, en lo referente a su apariencia externa es muy difícil su identificación, hay una diferencia muy marcada en lo referente a la técnica de explotación: las dos primeras necesitan condiciones de calefacción e iluminación artificial, mientras que el híbrido rojo se lo explota sin estas técnicas sofisticadas (Ferruzzi, 1987).

#### **D. ASPECTOS PRODUCTIVOS**

##### **1. CARACTERISTICAS DE LA CARNE DE LOMBRIZ**

Una característica reconocida de la carne de lombriz es la facilidad de su procesamiento.

El procedimiento para obtener harina, consta de dos fases: primero se realiza un lavado de las lombrices con una solución salina al 1%, de 6 a 12 horas, a 35 ó 40 °C con el diferencial osmótico se extrae del cuerpo de la lombriz el líquido celomático, de color amarillo y de muy mal olor (Ferruzzi, 1987). Luego se procede a secarlas a temperaturas moderadas, no mayor de 60 °C.

Su secado es rápido ya que la lombriz tiene el tegumento poroso y delgado (Barnes, 1969; Ferruzzi, 1987; Duque, 1988).

##### **a. COMPOSICION QUIMICA**

La carne de lombrices tiene un alto contenido de proteína que fluctua entre 68 -72% según (Yague, 1987 y Ferruzzi, 1987). Algunos autores coinciden en señalar que una de las bondades de esta proteína, es su composición aminoacídica (Duque, 1988). (Proyecto de lombricultura Prefectura departamental de Tarija, Bolivia, 1990).

Sabine, 1986, (citado por Cruz, 1989), hace una comparación de los contenidos de aminoácidos esenciales de la harina de lombriz, obtenidos por varios autores. Estos valores permiten observar similitudes en cuanto al contenido de aminoácidos (Cuadros 2 y 3).

Sabine, 1986 (citado por Cruz, 1989) menciona que el contenido de proteína de la lombriz *Eisenia foetida* varía de 58 a 71 % en base a materia seca y añade que el contenido de materia seca varía de 13 a 20 % y que el de grasa oscila entre 2.8 a 10 %

Stafford y Tacon, 1984 (citados por Duque, 1988) encontraron que la harina de lombriz era superior a la harina de carne en el contenido de algunos aminoácidos esenciales. Comparándola con la proteína de harina de pescado, la proteína de la harina de soya, se puede determinar que la composición de la harina de carne de lombriz es, en muchos de sus componentes, superior a las anteriormente citadas.

Además de que la carne de lombriz representa una fuente de alto valor nutritivo, (alto nivel protéico, alta digestibilidad y elevada calidad biológica), la elevada tasa reproductiva de estos animales y los insumos utilizados para su producción, convierten a este producto, en un recurso de gran potencial.

Cuadro 2. contenido y composición aminoacídica de las harinas de carne de lombriz, pescado, soya y carne bovina, en g/100 g de proteína.

AMINOACIDO	LOMBRIZ	PESCADO	SOYA	CARNE
Arginina	6.1-7.0	7.8	7.7	6.7
Cistina	1.4-4.2	1.0	1.5	1.2
Histidina	2.2-4.3	2.6	2.5	2.0
Isoleucina	4.2-6.3	4.2	5.7	3.5
Leucina	7.8-8.7	7.1	7.7	6.4
Lisina	6.6-8.7	7.9	6.6	5.5
Metionina	1.5-3.6	3.1	1.5	1.4
Fenilalanina	3.5-4.6	3.6	5.0	3.5
Treonina	4.7-5.3	4.0	3.9	3.3
Triftofano	1.2-1.5	1.1	1.6	0.6
Tirosina	2.2-4.4	3.4	2.9	1.6
valina	4.5-5.9	7.9	5.4	4.7

Fuente: STAFFORD Y TACON. 1984 Fish trice on a diet of worms. (citado por Duque, 1988; Arias, 1987).

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos esenciales en la harina de carne de la lombriz *Eisenia foetida* en g/100 g de proteína.

	McInroy (1971)	Graff (1981)	HARINA DE PESCADO	HARINA DE CARNE
Arginina	6.1	6.1	6.7	6.5
Histidina	2.2	2.3	2.0	2.5
Isoleucina	4.6	4.7	3.5	6.0
Leucina	8.1	8.2	6.4	8.4
Triptofano	2.1	-	1.6	3.0
Lisina	6.6	7.5	6.4	8.4
Metionina	1.5	1.8	6.9	10.4
Fenilalanina	4.0	3.5	1.5	3.0
Trionina	5.3	4.7	3.5	4.2
Valina	5.1	5.2	3.3	4.6

Fuente: Sabine 1986 Citado por (Cruz, 1989; Arias, 1987)



## b. UTILIZACION EN ALIMENTACION ANIMAL

Shultz y Graaf (citados por Cruz, 1989) encontraron que la proteína de lombriz tiene un valor biológico de 84% y una utilización neta de la proteína del 79%.

La harina de lombriz ha sido utilizada en ensayos de alimentación de peces, aves, ranas y otros animales domésticos como también en la alimentación humana. Taboga, 1981; Yoshida, 1978; Mekada, 1977; citados por Cruz, 1989, han realizado ensayos con aves en crecimiento y (Harwood, 1978) en cerdos.

Estos autores encontraron que los animales alimentados con harina de carne de lombriz obtenían mejores conversiones alimenticias que los testigos alimentados con dietas tradicionales.

McInroy y Schultz, 1971 y Graaf, 1979, (citados por Cruz, 1989) probaron la harina de lombriz en la alimentación de ratas y ratones. Los resultados fueron consistentes. Los animales alimentados a base de proteína de lombriz crecieron igual o mejor que los alimentados con harina de pescado, que fue utilizada como patrón de comparación.

Cieslack y Benevega (citados por Cruz, 1989) diseñaron un modelo para computador que permite evaluar la calidad de los aminoácidos, proteínas y suplementos, y optimizar mezclas de acuerdo a los requerimientos de aminoácidos de varios animales domésticos.

Guerrero, 1986 (citado por Cruz, 1989) realizó un ensayo con alevinos de tilapia y codornices alimentándolos con harina

de pescado y de lombriz (*Perionyx excavatus*). Al realizar los análisis químico de la harina de lombriz encontraron un nivel de proteína de 69.8% y 15% de materia seca. Los resultados para el ensayo con tilapias mostraron que la dieta a base de 15% de harina de lombriz, 10% de harina de pescado y 75% de harina de arroz obtuvo mejor conversión y ganancia de peso que otras combinaciones. En el ensayo con codornices encontró que al aumentar la cantidad de harina de lombriz a un 10 % de la dieta, mejoraba el peso y la conversión alimenticia.

## 2. PRODUCCION DE CARNE DE LOMBRIZ

La producción de carne de lombriz en base a desechos orgánicos, es una de las principales actividades de la lombricultura.

### a. NIVELES DE PRODUCTIVIDAD

Ensayos realizados en el IMCA de Buga, Valle del Cauca, Colombia, mostraron producciones equivalentes en promedio a 7.7 ton de proteína cruda por hectárea año (Cruz, 1989).

Segun Yague, 1988, la cantidad de carne de lombriz puede ser de 12-48 kg por metro cuadrado anualmente.

En ensayos de cultivo de lombrices, realizados por CIPAV, Colombia, 1987 (Cruz, 1989) utilizando diferentes substratos de alimentación, se encontró que el promedio de capullos por lombriz por semana fue de 3.87 y el número de lombrices nacidas por capullo de 1.37. El número de lombrices nacidas por capullo esta en relación con el tiempo de copula de dos individuos y la cantidad de esperma mutuamente transferido

Bollo, 1992, (comunicación personal). La madurez sexual se alcanza cerca de los 2-2.5 meses de edad. Sabine, 1986, (citado por Cruz, 1989).

#### **b. ALIMENTACION DE LAS LOMBRICES**

El tipo de sustrato que se utiliza para la alimentación de las lombrices, es muy variable a condición de que se llenen algunas condiciones mínimas como:

- Que sea materia orgánica biodegradable.
- Que no contenga materiales tóxicos, o excesos de ácido úrico.

En ensayos conducidos por CIPAV, Colombia, 1987 (Cruz, 1989) se encontró que las lombrices eran capaces de aprovechar bagazo de caña, cascarilla de algodón, hojas de leguminosas arbóreas y pulpa de café. Sin embargo, la proporción en que éstas se adicionan al sustrato, pueden afectar el crecimiento de la población. En estos ensayos se trato de determinar el efecto de diferentes tipos de estiércol y proporciones de bagazo de caña sobre el aumento en biomasa CIPAV, 1988 (Cruz 1989), además se observó que las mayores producciones de ésta, se presentaron cuando no se adicionó fibra o cuando se utilizó una proporción 2:1 (estiércol/bagazo).

Experiencias en Jamundí, Valle del Cauca, Colombia CIPAV, 1987 (Cruz, 1989) demostraron que se puede utilizar estiércol fresco, suministrándolo en capas de 1-3 cm sobre la superficie de las camas. Se deja parte de la superficie del sustrato

sin alimento para que las lombrices se puedan refugiar en caso de alza en la temperatura o liberación de gases tóxicos.

El medio primario de cultivo, debe regarse semanalmente durante un mes para que se oxigene y esté listo para recibir a las lombrices. La altura del substrato debe ser de 15 cm en verano y 25 cm en invierno. El estiércol debe madurarse por un período de tiempo de entre 4 a 6 meses, antes de ser usado como medio de crecimiento inicial de las lombrices (Ferruzzi, 1987).

La aplicación de alimento deberá ser cada 7 días y se aplicará en banda dejando un espacio de 10-15 cm de las paredes para que las lombrices se protejan de las temperaturas altas en caso de llegar a calentar el alimento. Independientemente del substrato que se desee utilizar, este debe tener un contenido de celulosa no inferior al 20-25% (Ferruzzi, 1987).

Estiércoles procedentes de explotaciones intensivas de pollos o de aves en general, no son aconsejables debido a su excesiva acidez, a su alto contenido de ácido úrico, a su elevada temperatura de fermentación ( > 90 °C ) y el tiempo requerido para obtener un pH neutro (14-16 meses). Similares problemas presentan los estiércoles de cerdos y/o de terneros. Una ración ideal expresada porcentualmente sería :

Estiércol de conejo	10%
Estiércol de equino	15%
Estiércol bovino	35%
Estiércol de ovino	10%
Estiércol porcino	30%

Fuente : (Ferruzzi, 1987)

### 3. ASPECTOS GENERALES DE MANEJO

La productividad de un cultivo de lombrices depende del manejo y cuidado que se le da a los siguientes aspectos: relativos al sustrato.

#### a. pH DEL SUSTRATO

Soto (1988), informa que las lombrices pueden vivir en un rango de pH que va desde 4.5 a 8 aunque el óptimo para su desarrollo es el neutro o ligeramente alcalino 7 a 7.5. Para la producción comercial de humus se trata de mantener el pH de los materiales utilizados muy cerca del neutro, pese a que la lombriz es capaz de neutralizar la acidez del alimento que consumen. Esta función la realiza a través de la excreción de calcio de sus glándulas calcíferas y cierta parte de este calcio sale al exterior en forma de cristales de calcita muy poco solubles (Rioja, 1955; Barnes, 1969, 1989; Villet y col., 1987).

Booolootian, (1985), indica que el primer par de glándulas calcíferas, son sacos de almacenamiento, mientras que los dos pares restantes son glándulas verdaderas. La principal función de estas últimas es la de excretar urea y amoníaco, siendo la neutralización de alimentos ácidos una función secundaria.

#### b. HUMEDAD

Las lombrices requieren de una alta humedad para poder vivir. La humedad recomendada del sustrato es de entre 70 a 80 %, siendo importante tanto la cantidad, la calidad y la estabilidad de este factor.

Las lombrices necesitan de esta alta humedad ya que carecen de un aparato bucal especializado por lo que se alimentan succionando las partículas de alimento disueltas en el suelo (Rioja y col., 1955; Cockrum y col., 1967; Barnes, 1969; 1989; Boolootian, 1985; Villee y col., 1987; Soto, 1988).

#### c. TEMPERATURA

El rango mas favorable para el desarrollo de las lombrices es el de 18 a 28 °C, considerándose los 22 °C, como la temperatura ideal (Soto, 1988). Temperaturas por debajo de los 16 °C y superiores a los 27 °C, considerados inadecuados, bajo estas temperaturas los criaderos deben construirse en forma especial. Temperaturas entre 16 y 22 °C, son consideradas las mejores (Proyecto de lombricultura Prefectura departamental de Tarija, Bolivia, 1990).

#### d. ABREACION

Las lombrices pueden vivir con muy bajas concentraciones de oxígeno en su medio, ya que su sangre contiene un tipo de hemoglobina que se satura con muy bajas tensiones de este gas y es muy probable que en completa ausencia del oxígeno las lombrices utilicen anaeróbicamente el glucógeno (Barnes, 1969). El intercambio de gases se hace a través de la cutícula de la lombriz. La región anterior de la lombriz recibe sangre de los vasos dorsal y ventral y se dirige por una red capilar en el interior de la capa epidérmica externa, hasta llegar a la cutícula donde hay intercambio de dióxido carbónico y oxígeno. La sangre oxigenada retorna por el vaso

dorsal (Barnes, 1969; Boolootian, 1985).

#### e. COSECHA

De acuerdo al producto que se desee obtener, (lombrices o humus) la cosecha o expansión de lechos, será un poco diferente.

Si lo que se va a cosechar es el humus, y si las condiciones fueron óptimas, esta operación se deberá realizar cada 9-12 meses. Esto se hace pasando por un tamiz el substrato con todo y lombrices pues estas no se utilizarán posteriormente para pie de cría.

Normalmente con este procedimiento se hieren y finalmente mueren un alto porcentaje de las lombrices, utilizándose entonces como carnada para peces o para carne de lombriz o incorporándolas al humus.

El humus de lombriz al ser un material que contiene una alta carga bacteriana, deberá de ser almacenado con una humedad no inferior de 10 % y se debe envasar en bolsas de papel para permitir el paso de gases (Ferruzzi, 1987) alternativamente se pueden usar bolsas de plástico microperforadas Bollo, 1992, (comunicación personal).

Si lo que nos es la lombriz como pie de cría o para la producción de harina de carne de lombriz, la cosecha se realiza de la siguiente forma: se retrasa la alimentación por lo menos cuatro días o una semana, para luego ofrecer alimento en cantidad normal o en pequeñas promontorios, a manera de trampas. Las lombrices se concentrarán en la superficie, al

buscar alimento: en este momento se procederá a cosechar una capa de siete a nueve centímetros. Se debe realizar esta operación al menos unas tres veces para asegurar la cosecha del 90% de las lombrices, pasando el resto del material por un tamiz.

Este trabajo se lo debe realizar en la época de menor precipitación, para que las lombrices no puedan escaparse de sus camas de cultivo, al mantenerlas por cierto tiempo bajo estrés de alimento. El suelo seco y duro impedirá que haya una migración masiva.

#### 4. PRODUCCION DE HUMUS

Otro producto obtenido de la lombricultura, es el humus de lombriz (materia orgánica, en su último estado de degradación).

##### a. COMPOSICION

El humus de lombriz, está compuesto por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno y en menor proporción por otros elementos minerales. (Compagnoni, y Putzow, 1985); (Bollo, 1989) También, es muy importante la presencia de microorganismos que alcanzan cifras alrededor de 20 mil millones de colonias por gramo. (Ferruzzi, 1987) (Bollo, 1989) (Arias, 1987).

##### b. ACCION DEL HUMUS EN EL SUELO

El humus de lombriz, contiene en su superficie grupos reactivos de carácter ácido (OH y COOH), ácido húmico 5 a 7 % y ácido fúlvico 2 a 3 % (Bollo, 1989). Estos compuestos



incrementan la capacidad de retención de agua y de elementos nutritivos, que luego pueden ser utilizados por las plantas; de la misma manera que ocurre en los suelos que contienen humus presentan una mejor estructura debido a que este actúa como cemento de unión entre las partículas del suelo, de tal forma que aumenta la estructura granular, lo cual permite un mejor desarrollo radicular.

Por las buenas características que brinda el humus, se puede observar un mayor intercambio gaseoso, mayor actividad de microorganismos del suelo, aumento de la oxidación de la materia orgánica, los nutrientes están en formas disponibles para las plantas, lo cual, en definitiva, estimula el crecimiento y producción vegetal (Duque, 1988).

El humus presenta un efecto homeostático, ya que modera cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos que llegan al suelo por efecto de la contaminación.

Un suelo que posee un nivel adecuado de materia orgánica humificada, se encuentra con mayores defensas frente a invasiones bacterianas y fungosas tóxicas para las plantas (Compagnoni, y Putzow, 1985). Científicos canadienses, han demostrado que ciertas bacterias del suelo, son eficaces protectoras de cultivos contra las enfermedades fungosas. También bacterias retienen el hierro en la zona radicular y al ser este un elemento muy importante para el desarrollo de los hongos patógenos, se obtiene un control indirecto de los mismos (McGill, 1987)(Syd, 1985). Asi, Suslow, (citado por

McGill, 1987), indica que hay cierto linaje de la bacteria *Pseudomonas*, que puede atacar a ciertos organismos nocivos para las plantas. Otra de las grandes ventajas del humus, es su baja relación Carbono-Nitrógeno (13 a 9:1), lo que permite que no se presenten fenómenos de competencias por nutrientes (N en especial) entre los microorganismos del suelo y los cultivos (Yague, 1987)

Debido a las características, del humus, ya mencionadas este, ayuda a atenuar los fenómenos erosivos hídricos que se producen en suelos desnudos o con poco contenido de materia orgánica (Bonnet, 1968).

Entre otra de las característica del humus, esta su capacidad de comportarse como hormona estimuladora de crecimiento vegetal. El Dr. Tsueno Kaneshiro, demostró que una bacteria presente en el suelo, del género *Rhizobium* es capaz de producir una enzima que ayuda a convertir el triptófano en ácido indolacético, sin por ello perder sus características de fijadora de nitrógeno (McGill, 1987). Por otro lado, las bacterias del género *Rhizobium*, encuentran condiciones óptimas para su desarrollo en las galerías dejadas por las lombrices Bollo, 1992, (comunicación personal). Igualmente, esta actividad fitohormonal, tiene efectos sobre semillas en germinación y plántulas en crecimiento, ya que en una primera etapa, el ácido indoleacético aumenta la tasa mitótica del tejido caulinar y radicular, para en una segunda,

favorecer en forma clara el desarrollo de nuevas raíces. Soto, 1991, (comunicación personal).

### c. UTILIZACION

El humus de lombriz a sido ampliamente utilizado para la propagación de plantas ornamentales, lográndose reducciones en el tiempo de enraizamiento en invernadero, en algunos casos a menos de la mitad (Soto, 1991 comunicación personal).

El humus es capaz de captar y retener una gran cantidad de agua, presenta un tamaño de partículas pequeñas, tiene baja plasticidad y cohesión lo cual hace que las semillas sembradas en el, germinen y emerjan sin encontrar a su paso barreras mecánicas que eviten o retrasen su salida a la superficie (Bonnet, 1968).

El humus, en definitiva y por las razones ya citadas, puede ser utilizado como un excelente substrato de germinación (Bollo, 1992 comunicación personal).

### d. PRODUCTIVIDAD

Las lombrices, consumen diariamente una cantidad equivalente a su peso, (0.142 g) excretando 60% de la misma en forma de humus y aprovechando un 40% para sus procesos vitales, de cuales un 15 a 20 % se pierde en forma de calor (Ferruzzi, 1987) por lo que la eficiencia del proceso de humificación es mayor a los procesos naturales, o los obtenidos mediante la preparación de compost.

### III. MATERIALES Y METODOS

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A. MATERIALES

El substrato inicial utilizado en el presente estudio fue estiércol bovino el cual tuvo cuatro meses de trabajo previo de composteo. Para ello cada cuatro días se volteaba el producto y se regaba abundantemente. Se le agrego un 25 % de estiércol fresco de vaca y 30% de material celulósico (olote de maíz molido). Este cálculo fue hecho en base al contenido de materia seca MS;

Con la adición de ambos materiales se redujo el pH, de 9.8 hasta 7.8. Este substrato fue regado hasta rebasar la capacidad de absorción por ocho ocasiones en los últimos 15 días de trabajo de composteo. De esta forma se logro eliminar el exceso de orines. Se midió también la temperatura interna, la cual al final del trabajo de composteo, no sobrepasó los 24 °C, luego de tres días de haberse agregado el estiércol fresco.

Los lechos de cultivo fueron bandejas de plástico de 30 cm x 30 cm x 25 cm, ancho, largo y profundidad respectivamente. Cada recipiente tenía 0.03 m<sup>3</sup> de cultivo, con un área de 0.09 m<sup>2</sup>. Las bases de cada recipiente, fueron perforadas, en cinco partes distintas y se recubrieron por dentro con malla milimétrica galvanizada No. 5.

Las bandejas plásticas fueron llenadas con 2.275 kg del substrato antes descrito y fueron colocadas en banquetas de madera a una altura de 1 m del suelo. Se cubrió todo, con dos

capas de plástico transparente, para tener control de la humedad del medio.

En la segunda fase del experimento se usó plástico negro para cubrir toda el área de las bandejas, con esta técnica se logró reducir aún más la necesidad de riego del cultivo.

No se notó ningún efecto negativo en el estado general de las lombrices, que pudiese atribuirse al uso de plástico negro.

Se utilizaron lombrices del tipo híbrido rojo, procedentes de Colombia y multiplicadas en la Escuela Agrícola Panamericana.

El área del experimento se cubrió con malla de zaran, con el fin de evitar la excesiva evaporación del medio de cultivo.

La malla se sostuvo por tres paredes, las cuales tienen una altura de 2.40 m y una red de alambres, en una construcción en desuso de la Sección de aves.

El área del experimento tenía el suelo encementado y se ubicaron en él las bandejas, de modo que recibieran cada una de ellas la misma cantidad de sombra diaria.

Se usó una balanza de precisión para los pesajes del material que se ofreció de alimento a las lombrices.

## B. METODOS

El trabajo se dividió en dos etapas.

### 1. PRIMERA FASE

En la primera fase se evaluaron tres distintos tipos de estiércol como fuente de alimentación y cuatro distintas fuentes de celulosa, también como alimento. Los tratamientos en la primera fase se distribuyeron al azar de acuerdo a la siguiente lista.

#### a. TRATAMIENTOS

1.- EQUINO x CARTON	(Ec)
2.- EQUINO x OLOTE	(Eo)
3.- EQUINO x PASTO	(Ep)
4.- EQUINO x RASTROJO	(Er)
5.- OVINO x CARTON	(Oc)
6.- OVINO x OLOTE	(Oo)
7.- OVINO x PASTO	(Op)
8.- OVINO x RASTROJO	(Or)
9.- VACUNO x CARTON	(Vc)
10.- VACUNO x OLOTE	(Vo)
11.- VACUNO x PASTO	(Vp)
12.- VACUNO x RASTROJO	(Vr)

#### b. PLANO DE LA UBICACION DE LOS TRATAMIENTOS

Cada uno de los tratamientos tuvo cuatro repeticiones habiendo, por lo tanto cuarenta y ocho unidades experimentales distribuidas de la siguiente manera.

Oo 24	Eo 06	Vo 37	Or 29	Vc 36	Er 16
Vp 41	Vc 35	Vp 42	Ep 12	Vc 34	Or 30
Vr 46	Eo 07	Er 15	Oc 17	Vp 44	Op 26
Oc 20	Or 32	Op 27	Vo 39	Vr 47	Oc 18
Oo 21	Vr 45	Vp 43	Oc 19	Ec 03	Vc 33
Oo 22	Vr 48	Eo 05	Eo 08	Ec 02	Ec 04
Ep 09	Ec 01	Oo 23	Or 31	Op 25	Ep 11
Er 13	Op 28	Vo 38	Er 14	Ep 10	Vo 40

Cada bandeja fue inoculada con 1000 lombrices con un peso promedio de 0.152 g<sup>2</sup>.

Las primeras dos semanas, el cultivo no recibió alimentación, ya que el sustrato inicial contenía una cierta cantidad de alimentos. Estas dos semanas se consideraron como adaptación de las lombrices al nuevo medio, y no se tuvieron en cuenta para considerar el tiempo que duro el experimento.

El experimento se alimento con estiércol fresco ( excretado en el mismo día en el que se uso) de acuerdo al tratamiento correspondiente, una vez por semana. El alimento se disolvía en 300 cc de agua por tratamiento y se repartía sobre una mitad del recipiente, dejando la otra mitad como una banda de seguridad. Las mitades que recibían alimento se alternaban semanalmente.

Se realizaron cinco análisis del contenido de humedad de los alimentos que se estaban utilizando. Con estos datos se calculaba la cantidad de alimento, en base al contenido de materia seca, que se ofreció.

La cantidad de alimento que se ofreció aumento semanalmente desde 100 hasta 200 g de MS a un ritmo promedio 2 g MS por semana, este aumento trato de compensar el mayor consumo de una mayor población y se determinó por el consumo voluntario del cultivo (Anexo 1).

---

<sup>2</sup> Para determinar el peso promedio por lombriz, se pesaron y contaron 4570 lombrices



Se hicieron mediciones de temperatura del medio diariamente. El pH se controló cada dos semanas usándose papel tornasol.

Las lombrices luego de ser lavadas fueron pesadas al momento de la cosecha. A este peso se le considero "peso bruto" ya que aun contenia partículas de humus y suciedad. Las lombrices resultantes de la cosecha fueron procesadas para la producción de harina. El primer paso consistio en la extracción del liquido celomático. El mismo que fue extraido por inmersión de las lombrices en una solución salina isotónica (1% de Cloruro de Sodio + 99% agua destilada). Las lombrices, se mantuvieron en esta solución por espacio de 2 horas a temperatura ambiente 28 °C. La solución salina actúo también como un laxante suave, por lo que al final de esta operación se obtuvieron las lombrices completamente limpias.

La solución salina, al ser isotónica no causo deshidratación de las lombrices. Las lombrices luego se volvieron a pesar y este peso se tomo como peso neto utilizándose para hacer las determinaciones del análisis bromatológico al que fueron sometidos posteriormente.

Las lombrices una vez pesadas se secaron a 60 °C por 72 horas, para ser posteriormente molidas. Sobre estas muestras se procedió a hacer el análisis bromatológico. (Anexo 2)

En esta etapa se midieron las diferencias de producción de

carne de lombriz y las diferencias en la composición de la misma. Estos parámetros fueron luego analizados estadísticamente con el programa computacional SAS.

## 2. SEGUNDA FASE

En la segunda fase se evaluó el efecto, que tiene, sobre la producción, al usar cuatro densidades de siembra y de tres distintas periodicidades de alimentación.

Para esta fase se utilizó el mejor tratamiento de la fase anterior (Equino - Pasto picado). En esta fase el cultivo fue cubierto con plástico negro, con el objetivo de reducir las necesidades de riego ya que el cultivo se mantuvo la humedad óptima por más tiempo, sin afectar la productividad de las lombrices.

Los tratamientos se distribuyeron al azar de acuerdo a la siguiente lista.

### a. TRATAMIENTOS

1.-	A	2193	lombrices	x	3	días.
2.-	B	2193	"	x	7	"
3.-	C	2193	"	x	9	"
4.-	D	5117	"	x	3	"
5.-	E	5117	"	x	7	"
6.-	F	5117	"	x	9	"
7.-	G	8040	"	x	3	"
8.-	H	8040	"	x	7	"
9.-	I	8040	"	x	9	"
10.-	J	10964	"	x	3	"
11.-	K	10964	"	x	7	"
12.-	L	10964	"	x	9	"

Cada uno de los tratamientos tuvo cuatro repeticiones habiendo, por lo tanto cuarenta y ocho unidades experimentales distribuidas de la siguiente manera.

## b. PLANO DE LA UBICACION DE LOS TRATAMIENTOS

F-24	K-41	L-46	E-20	F-21	F-22
H-32	B-07	I-35	B-06	D-13	C-09
L-45	L-48	A-01	G-28	J-40	J-37
F-23	B-05	K-43	G-27	D-15	K-42
J-38	H-29	C-12	E-17	J-39	E-19
K-44	I-34	I-36	D-14	H-31	B-08
L-47	A-03	A-02	G-25	C-10	D-16
C-11	A-04	I-33	E-18	G-26	H-30

Las lombrices se pesaron al momento de la siembra 2 de marzo de 1992, y luego cada 30 días durante los cuatro meses que duro esta fase.

Al final de esta fase se determinaron las diferencias en producción de carne de lombriz fresca, y se determino la relación existente entre densidad de siembra inicial y producción de carne de lombriz.

## C. VARIABLES ESTADISTICAS

Para evaluar el efecto que los distintos tipos de estiércol, distintas fuentes de celulosa, distintas periodicidades de alimentación y distintas densidades de siembra tuvieron sobre las características productivas de las lombrices, se evaluaron los siguientes parámetros:

- Rendimiento de carne de lombriz (en kilogramos de materia fresca (MF), por hectárea, por año).<sup>3</sup>
- Rendimiento de harina de carne de lombriz (en kilogramos de materia seca (MS), por hectárea, por año).
- Composición química de la harina de carne de lombriz.

---

<sup>3</sup> Para encontrar estos datos, se hizo una extrapolación, en base a los rendimientos obtenidos por unidad experimental

## D. DISEÑO ESTADÍSTICO

## 1. PRIMERA FASE

Para llevar a cabo el análisis estadístico de la primera fase se usó un análisis de varianza (ADEVA) en su modalidad de diseño completamente al azar, y un arreglo factorial de 3 x 4, en el cual se evaluarán dos factores. Factor A: el tipo de estiércol y factor B: el tipo o fuente de celulosa.

Los estiércoles que se probaron, como variable A, fueron: equino, vacuno y ovino.

Como fuentes de celulosa, vale decir la variable B, se utilizarón: heno de pasto transvala (*Digitaria decumbens*) desmenuzado, olote de maíz y cartón picado y rastrojo de maíz picado.

También se evaluó el posible efecto de la interacción de ambas variables.

Se hicieron análisis de varianza para cada uno de los componentes químicos de la harina de carne de lombriz.

Cuadro 4. Primera fase análisis de varianza, cuadro adeva patrón.

Fuente	g.l.	
Tratamientos	11	$[(ab - 1)]$
A	2	$(a - 1)$
B	3	$(b - 1)$
AxB	6	$(a - 1)(b - 1)$
Error	36	$ab(r - 1)$
Total	47	$abr - 1$

## 2. SEGUNDA FASE

En la segunda fase se evaluaron cuatro densidades de siembra 2193, 5117, 8041 y 109641 lombrices por m<sup>2</sup>. al mismo tiempo se evaluaron tres distintas periodicidades de alimentación, cada 3, 7 y 9 días.

De la misma manera se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (3 x 4) y se hizo la evaluación estadística mediante un análisis de varianza.

Utilizándose como factor A: periodicidades de alimentación, y como factor B: densidades de siembra.

En esta fase también se calcularon coeficientes y funciones de regresión y correlación para, la densidad de siembra, periodicidad de alimentación, con el rendimiento de carne y harina de carne de lombriz como también los distintos componentes de la harina de carne de lombriz. Esto con el fin de determinar los valores más recomendables para densidades de siembra.

Cuadro 5. Segunda fase, análisis de varianza, cuadro adeva patrón.

Fuente	g.l.	
Tratamientos	11	$[(ab - 1)]$
A	2	$(a - 1)$
B	3	$(b - 1)$
AxB	6	$(a - 1)(b - 1)$
Error	36	$ab(r - 1)$
Total	47	$abr - 1$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### A. PRIMERA FASE

###### 1. RENDIMIENTO DE CARNE DE LOMBRIZ

El rendimiento de carne fresca de lombriz, estuvo significativamente afectada por el tipo de sustrato que se utilizó y la fuente de celulosa provista ( $P < 0.05$ ) (Anexo 5).

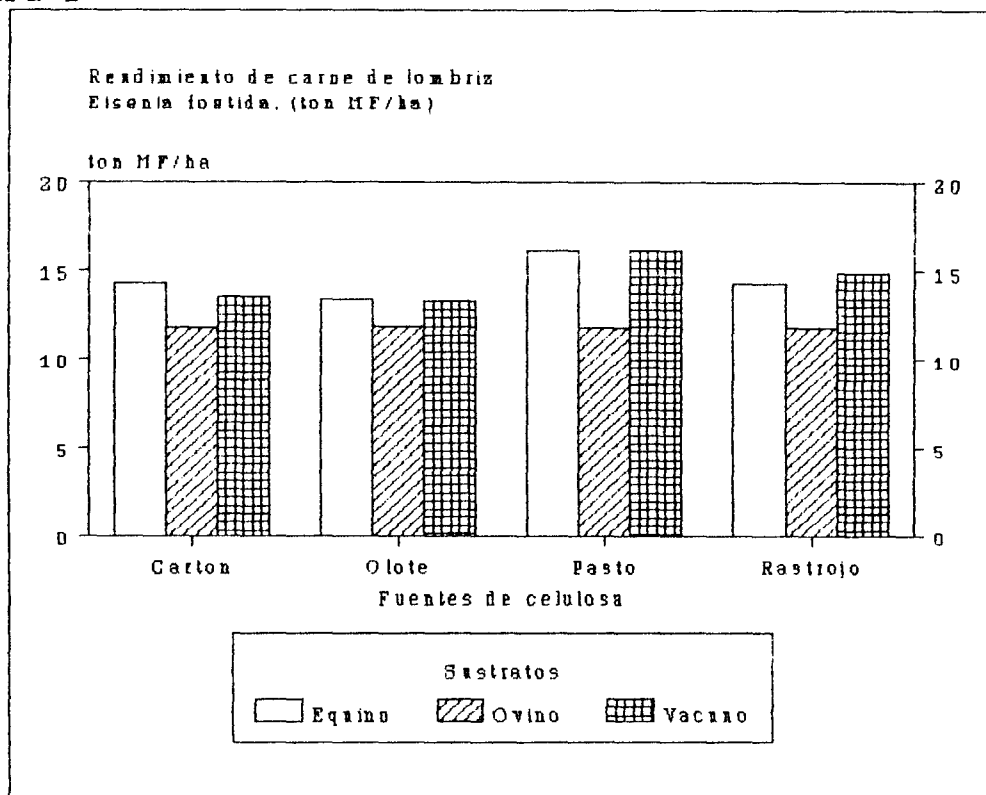
A través del análisis de separación de medias, se observó que los tratamientos en los que se usó estiércol equino rindieron en promedio (14.54 ton/ha); y los tratamientos alimentados con estiércol vacuno que produjeron en promedio (14.41 ton/ha), estuvieron significativamente por encima de los tratamientos que fueron alimentados con estiércol ovino, que rindieron en promedio (11.84 ton/ha; Anexo 4 y 6).

El rendimiento de carne de lombriz, también fue afectado, por el tipo de fuente de celulosa que se utilizó en la alimentación, pasto picado y rastrojo de maíz fueron las fuentes de celulosa, con las que se consiguieron en promedio los mejores resultados, (14.63 y 13.68 ton/ha, respectivamente), significativamente por debajo de estos están el cartón y el olote de maíz, (13.17 y 21.87 ton/ha), (Anexo 4 y 7).

Los rendimientos de carne de lombriz, no fueron afectados por la interacción de las dos variables que se probaron, sin embargo algunas interacciones específicas rindieron mejor que otras. -dentro del mismo sustrato- como es el caso de la combinación de equino-pasto (16.05 ton/ha) superior a las

demás combinaciones que tenían estiércol equino, pero no significativamente mayor a la combinación vacuno - pasto (16.01 ton/ha). Los rendimientos más bajos fueron los de la combinación ovino-cartón (11.77 ton/ha), y muy similar a los rendimientos de la combinación ovino-pasto 11.83 ton/ha. (Anexo 3 y 4, Fig. No. 1).

Figura 1

Cuadro 6. Promedios del rendimiento de carne de lombriz *Eisenia foetida* (ton MF/ha) y desviaciones estándar

	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	14.30	± 1.86	13.43	± 3.00	16.05	± 0.40	14.37	± 2.53
Ovino	11.77	± 0.96	11.91	± 0.88	11.83	± 0.44	11.84	± 0.97
Vacuno	13.50	± 2.13	13.28	± 0.75	16.01	± 1.08	14.84	± 1.08



En experimentos realizados en CIPAV, Colombia, 1987 (Cruz, 1989), se reportan rendimientos de 17.1 ton MS/ha/año, cuando se alimento a las lombrices con estiércol vacuno, y 7.8 ton MS/ha/año, cuando se utilizo estiércol equino, considerando que en el mismo estudio se reporta un porcentaje de materia seca del 21%, los rendimientos alcanzados, en términos de carne fresca de lombriz fueron de 81.42 ton MF/ha/año, y 37.14 ton MF/ha/año, para el estiércol vacuno y equino, respectivamente.

Los rendimientos reportados por Cruz, 1989 son distintos mayores) a los encontrados en el presente estudio, esta diferencia pudo deberse a dos factores:

1. La edad del cultivo en el momento de la cosecha, 4 meses en este estudio y 12 meses en el citado por (Cruz, 1989).
2. El espacio muy reducido de las bandejas utilizadas para este estudio (0.03 m<sup>3</sup>).

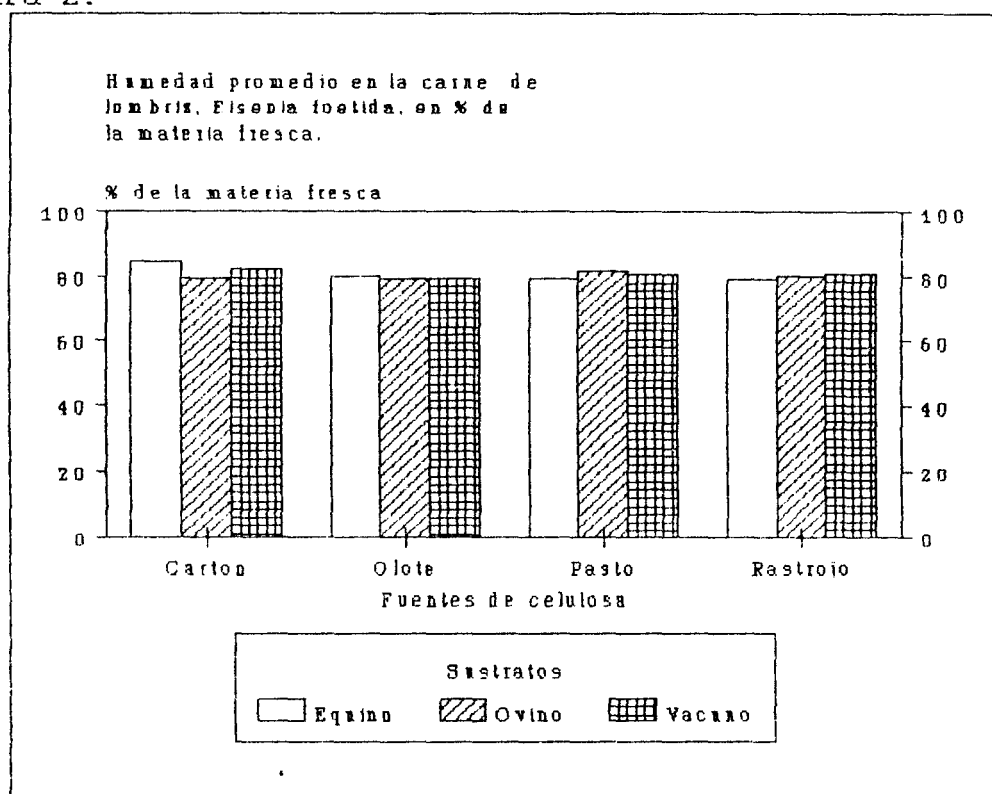
Por otra parte las diferencias reportadas por (cruz, 1989) entre las producciones de las lombrices alimentadas con estiércol equino y o con el estiércol vacuno, no se observaron en el presente estudio.

## 2. HUMEDAD

El efecto que tuvo, el tipo de fuente de celulosa, ofrecido a las lombrices, sobre el contenido de humedad de la carne de lombriz fue estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ; Anexo 10).

Los tratamientos que tuvieron como fuente de celulosa, cartón picado, presentaron en promedio niveles significativamente más altos de humedad en comparación con los promedios de los tratamientos que tuvieron pasto y/o rastrojo de maíz. Los tratamientos en los que se usó fuente de celulosa, el olote de maíz desmenuzado, tuvieron los menores contenidos de humedad promedio ( $P < 0.05$ ; Anexo 11).

Figura 2.



	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	84.79	± 2.16	79.95	± 2.02	79.68	± 0.82	79.35	± 0.98
Ovino	79.60	± 0.35	79.29	± 0.58	81.81	± 0.89	80.28	± 0.41
Vacuno	82.10	± 1.05	79.58	± 0.62	80.64	± 0.67	81.01	± 0.45

No se han observado diferencias significativas que hagan pensar que uno de los tres substratos de alimentación que se uso en el experimento, tenga algún efecto sobre el contenido de agua de la carne de lombriz, aunque todos los tratamientos que recibieron estiércol equino, contenían constantemente más agua y también mostraron mucha más variabilidad, por efecto del tipo de fuente de celulosa utilizada. (Anexo 11)

La interacción de ambos factores, substrato y fuente de celulosa, tuvo un efecto significativo afectando el contenido de agua de la carne de lombriz; la combinación equino - cartón fue la que presento el más alto nivel de humedad 84.78 % (Fig. No. 10).

Estos contenidos de humedad son muy parecidos a los obtenidos por McInroy 1971 (87.10 %), Fosgate 1972 (77.10 %), Sabine 1978 (75-80 %) , Taboga 1980 (80-85 %) y Hartenstein 1981 (82 %), todos citados por Cruz, (1989).

Análisis realizados en CENICANA (CIPAV, Colombia, 1987) mostraron porcentajes de 21% de materia seca, utilizando estiércol animal y desechos de caña de azúcar. Este es similar a los obtenidos en el presente estudio.

Sabine (citado por Cruz, 1989) indica que el contenido de materia seca de la carne de lombriz varia entre 13 y 20 %, rango un poca menor al encontrado en el presente estudio 15 a 21 %.

### 3. RENDIMIENTO EN MATERIA SECA

El rendimiento en términos de materia seca, fue afectado por las dos variables que se pusieron a prueba (Anexo 12).

Los tratamientos que se alimentaron tanto con estiércol vacuno como con estiércol ovino, rindieron significativamente más harina de carne de lombriz, que los tratamientos alimentados con estiércol equino, para los tratamientos que tenían como alimento el estiércol de vacuno (3.33 ton MS/ha) comparado con 2.83 ton MS/ha para los tratamientos con estiércol ovino y solo 2.63 ton MS/ha para los tratamientos alimentados con estiércol equino (Anexos 8, 9 y 13).

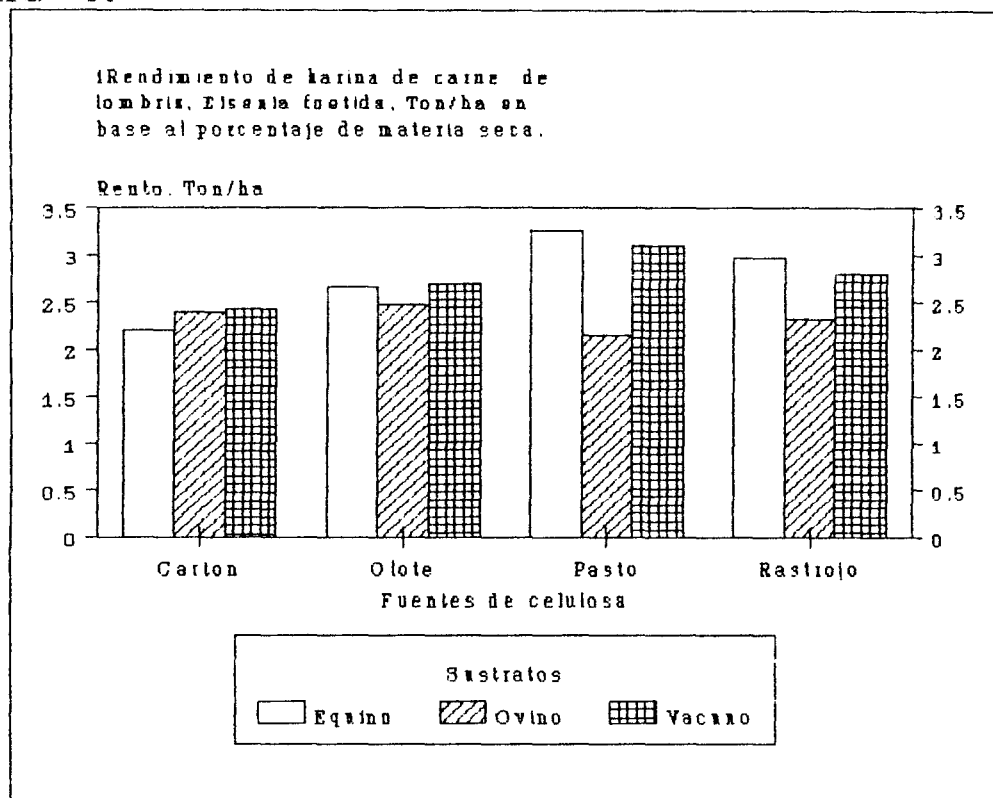
Pese a esto las combinación equino-pasto rindió más, harina de carne de lombriz, que la combinaciones ovino-pasto ( 2.8 ton MS/ha contra 2.7 ton MS/ha.

En ensayos realizados en (CIPAV, Colombia, 1987), citados por (Cruz, 1989) se reportaron resultados diferentes a los encontrados en este trabajo, usando estiércol vacuno lograron producir 17.1 ton MS/ha/año, con estiércol caprino 12.7, con estiércol de conejo 12.7 y con estiércol equino 7.8. Pese a que los rendimientos de este experimento son solo de 6 meses, no hay bases lógicas que hagan suponer que se pueden llegar a producir cantidades tan grandes de MS.

El efecto de la fuente de celulosa utilizada, presento dos grupos claramente diferenciados, por un lado los mejores rendimientos se obtuvieron al usar pasto picado y rastrojo de maíz, significativamente más bajos rendimientos presentaron

los tratamientos en los que se uso olote de maíz y cartón (Anexo 14).

Figura 3.



Cuadro 8. Promedios del rendimiento de materia seca en ton/ha y desviaciones estándar

	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	2.22	± 0.59	2.68	± 0.48	3.29	± 0.18	3.01	± 0.65
Ovino	2.42	± 0.18	2.49	± 0.15	2.17	± 0.08	2.35	± 0.16
Vacuno	2.45	± 0.51	2.73	± 0.12	3.12	± 0.19	2.83	± 0.25

Hay también un efecto de interacción de los dos factores. Las distintas combinaciones que se hicieron con estiércol equino mostraron más claramente el efecto de interacción por su respuesta variable.

Mientras las combinaciones Vacuno-rastrojo y equino-rastrojo bajaron y se mantuvieron igual al promedio de tratamientos correspondientes --por fuente de substrato--, la combinación ovino - rastrojo presento mayor rendimiento que el promedio de los tratamientos alimentados con estiércol ovino (Anexo 12; Figura 3).

#### 4. MATERIA ORGANICA

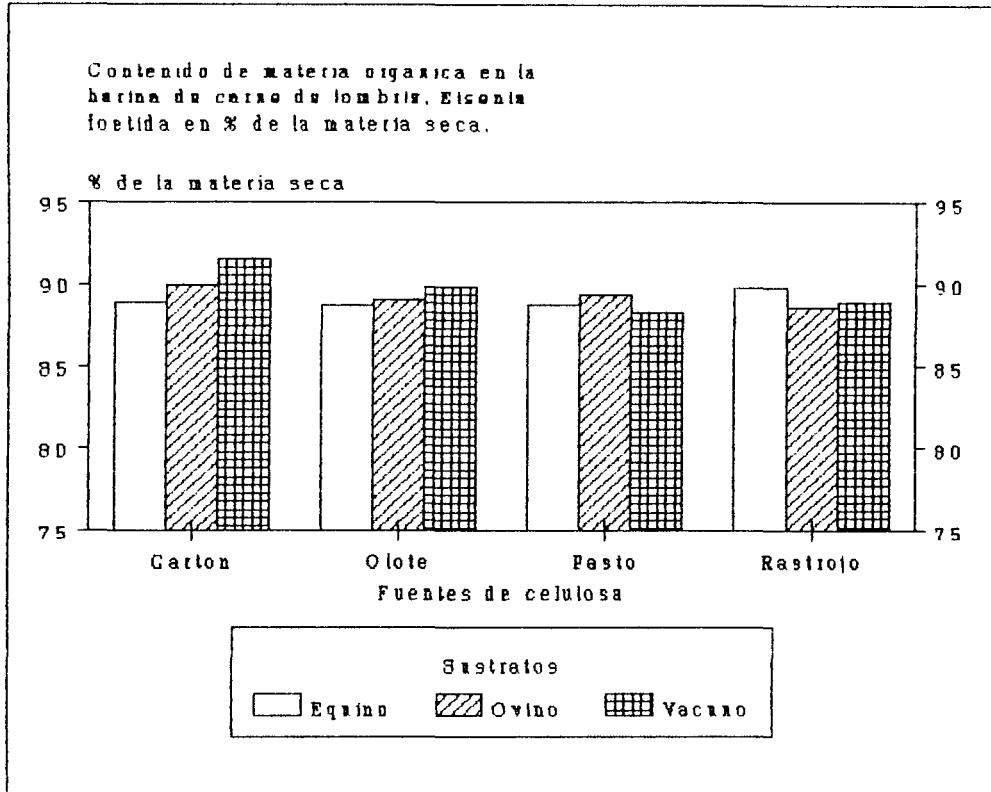
El contenido de materia orgánica en la harina de carne de lombriz no fue significativamente afectado por el tipo de substrato de alimentación utilizado ( $P > 0.05$ ); (Anexo 15), aunque hay una pequeña diferencia en los promedios por substratos, los tratamientos que recibieron estiércol vacuno, presentaron mayores contenidos de materia orgánica (Fig. No. 4).

El contenido de materia orgánica fue significativamente afectado por la fuente de celulosa que se adicionó a los distintos tratamientos. Los que recibieron cartón picado tuvieron los niveles promedio significativamente más altos de materia orgánica, los tratamientos que recibieron cualquiera de los otros 3 tipos de fuentes de celulosa, no resultaron ser significativamente superiores, en promedio, al primero, y no presentaron diferencias entre ellos (Anexo 16).

La interacción de las dos variables afecto significativamente el contenido de materia orgánica de la harina de carne de lombriz, las mejor combinación fueron las

de vacuno-pasto y vacuno-rastrajo, y la peor combinación fue la de equino-olote (Figura 4).

Figura 4.



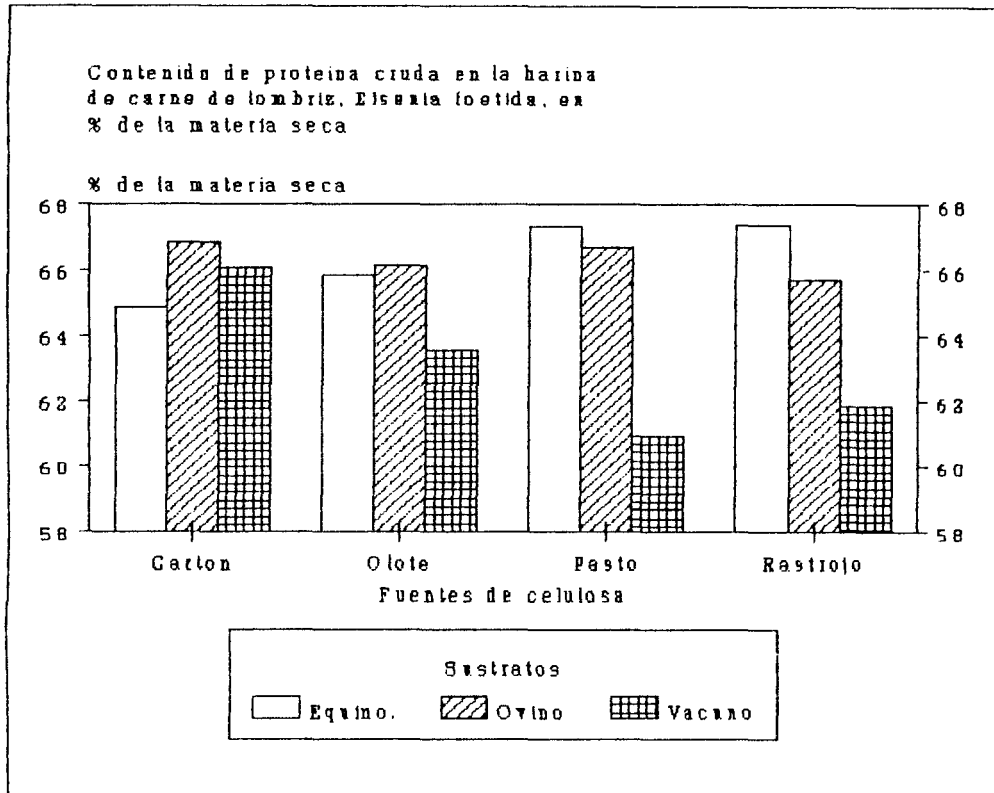
	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	88.91	± 0.47	88.70	± 1.00	89.75	± 0.51	89.74	± 0.73
Ovino	89.90	± 0.67	89.09	± 0.77	89.38	± 1.37	88.62	± 0.44
Vacuno	91.51	± 0.24	89.85	± 0.69	88.33	± 0.35	88.90	± 0.79

## 5. PROTEÍNA CRUDA

La variable substratos afectó significativamente el contenido de proteína cruda. El contenido de proteína cruda de los tratamientos en los que se utilizó estiércol vacuno fue

menor al contenido protéico de los tratamientos en los que se utilizó estiércol ovino y equino, entre los cuales no hubo una diferencia significativa (Anexo 17).

Figura 5.



	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	64.87	± 2.06	65.83	± 0.76	67.36	± 0.67	67.37	± 1.32
Ovino	66.83	± 0.78	66.17	± 1.48	66.71	± 1.98	65.73	± 0.41
Vacuno	66.06	± 1.93	63.58	± 0.30	60.94	± 0.55	61.86	± 1.97

El contenido de proteína cruda en la harina de carne de lombriz no fue diferente ( $P > 0.05$ ), cuando se analiza la fuente de celulosa utilizada los diferentes tratamientos. Aunque si



hubo un efecto de interacción entre ambos factores, de acuerdo a la prueba de diferencia de medias la mejor combinación fue ovino-rastrajo y vacuno-rastrajo (Anexo 17 y Fig. No. 5).

Análisis realizados en CENICANA (CIPAV, Colombia, 1987) mostraron porcentajes 61.2% de proteína en materia seca.

Sabine (citado por Cruz, 1989) dice que el contenido de proteína de la lombriz *Eisenia foetida* varía de 58 a 71 % en materia seca.

## 6. DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA CRUDA

La digestibilidad de la proteína, esta significativamente determinada por el tipo de substrato de alimentación utilizado.

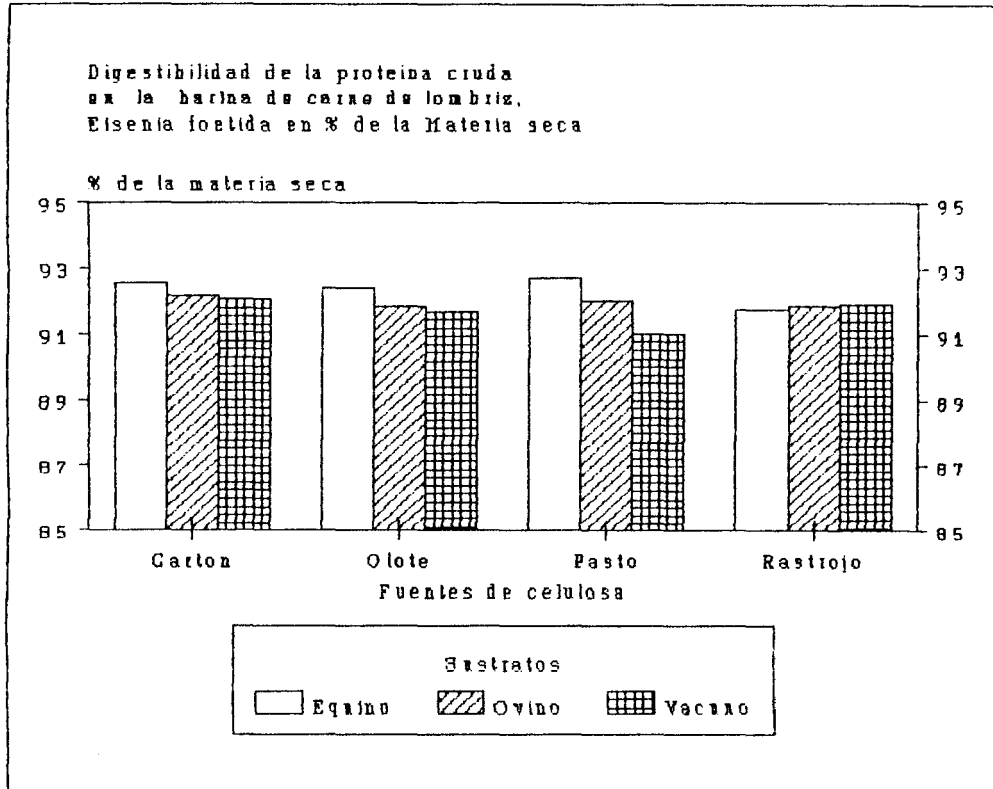
El efecto que tuvo sobre la digestibilidad, el tipo de celulosa, fue mínimo y no se considera significativo, la interacción de ambos factores si tuvo un efecto significativo (Anexo 19 y 20).

Los mejores niveles de digestibilidad de la proteína cruda, se obtuvieron en los tratamientos en los que se utilizo estiércol equino como base de alimentación, los tratamientos en los que se uso, estiércol ovino y vacuno, no tuvieron diferencias significativas entre si, pero los valores de digestibilidad de la proteína fueron significativamente menores en estos tratamientos, comparándolos contra el primero (Anexo 19).

El efecto de la fuente de celulosa agregada a los substratos de alimentación no tuvo una diferencia

significativa en ninguno de los casos aunque si se pueden ver pequeñas diferencias siendo en promedio mejores los tratamientos en los que se uso cartón picado (Fig No. 6).

Figura 6.



Cuadro 11. Promedios del porcentaje de digestibilidad de la proteína cruda y desviaciones estándar

	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	92.59	± 0.12	92.43	± 0.62	92.74	± 0.31	91.78	± 0.78
Ovino	92.19	± 0.54	91.84	± 0.51	92.02	± 0.41	91.87	± 0.27
Vacuno	92.07	± 0.15	91.70	± 0.40	91.03	± 0.96	92.10	± 0.46

La interacción de las dos variables fue significativa, algunas interacciones presentaron digestibilidades mayores o menores que el promedio general para su tipo de substrato o su

tipo de celulosa, es el caso de la combinación ovino-rastrojo que fue mejor que las demás, el caso de vacuno-cartón es similar al anterior, en las combinaciones equino-cartón, equino-rastrojo y vacuno raastrojo se presentaron niveles significativamente menores de digestibilidad (Fig No. 6). Shultz y Graaf (citados por Cruz, 1939) encontraron que la proteína de lombriz tiene una utilización neta de la proteína del 79%, valor este que esta muy por debajo de la digestibilidad encontrada que en promedio fue de 92.03 %, que vendría a ser la utilización potencial de la proteína.

## 7. GRASA

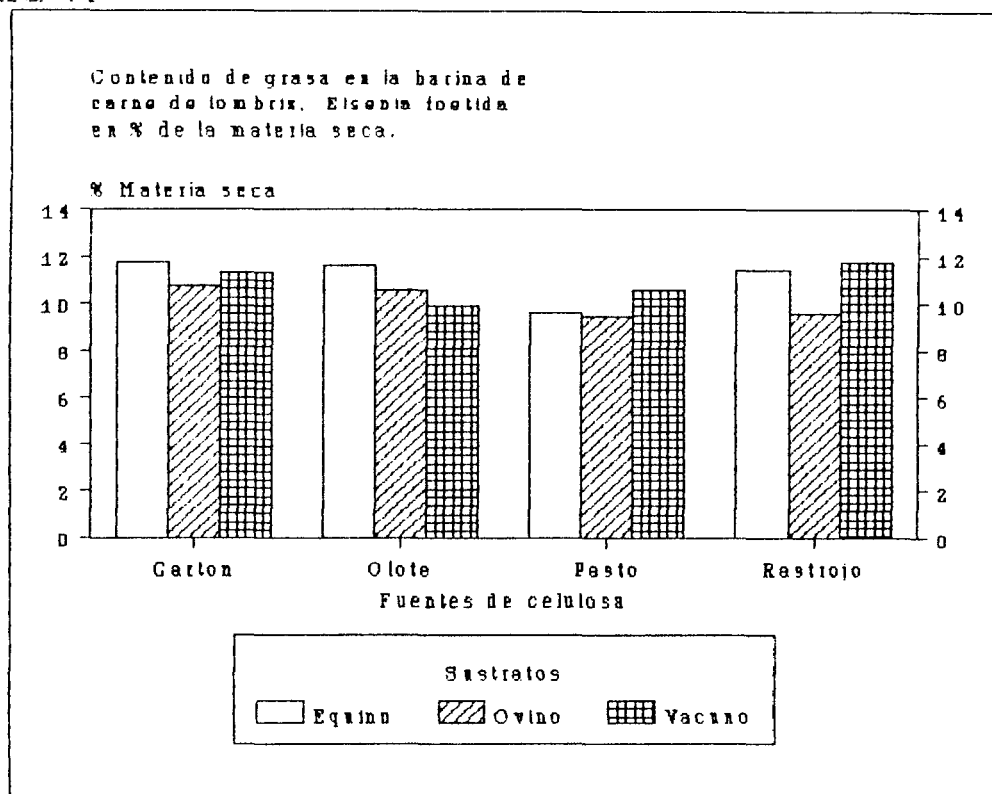
El contenido de grasa en la harina de carne de lombriz fue afectado tanto por el tipo de substrato como por la fuente de celulosa que se utilizó (Anexo 21).

Los tratamientos en los que se alimento a las lombrices con estiércol equino fueron los que mayores contenidos de grasa presentaron un poco menores fueron los tratamientos en los que se utilizó el estiércol vacuno, aunque esta diferencia no fue significativamente medible. Los contenidos de grasa de los tratamientos en los que se utilizo el estiércol ovino fueron los menores (Anexo '22).

Las diferencias que se presentaron por efecto de las fuentes de celulosa utilizadas, fueron las siguientes: cartón y raastrojo de maíz no presentaron diferencias significativas y fueron los mejores tratamientos, olote de maíz les sigue y

es significativamente diferente de pasto que fue el que menores contenidos de grasa presento (Anexo 23).

Figura 7.



Cuadro 12. Promedios del porcentaje de grasa y desviaciones estándar

	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	11.78	± 0.52	11.64	± 0.32	9.64	± 0.94	11.46	± 1.10
Ovino	10.75	± 0.60	10.59	± 0.55	9.49	± 0.27	9.57	± 0.41
Vacuno	11.35	± 0.19	9.90	± 0.68	10.60	± 0.34	11.80	± 0.42

La interacción de ambos factores afecto significativamente el contenido de grasa, en especial para los tratamientos que se alimentaron con estiércol ovino y vacuno. En ambas series de combinaciones se presentaron efectos antagónicos, mientras que en la combinación vacuno-cartón, el contenido de grasa fue

bajo, en la combinación ovino-cartón, el contenido de *grasa* fue alto. En las combinaciones ovino-olote, ovino-pasto y ovino-rastrojo, el contenido de *grasa* se fue reduciendo, en las combinaciones vacuno-olote, vacuno-pasto y vacuno-rastrojo, sucedió lo contrario, el contenido de *grasa* se fue incrementando. Cruz, (1989), menciona los niveles de *grasa* encontrados en la harina de carne de lombriz por varios autores. McInroy, 1971 (6.4%), Sabine, 1978 (7-10%) y Hartenstein, 1981 (9%), niveles que se aproximan mucho a lo encontrado en el presente trabajo.

Sin embargo otros autores reportan valores menores a los encontrados, (Fosgate, 1972; 2.8%; Taboga, 1980; 2-4.5%).

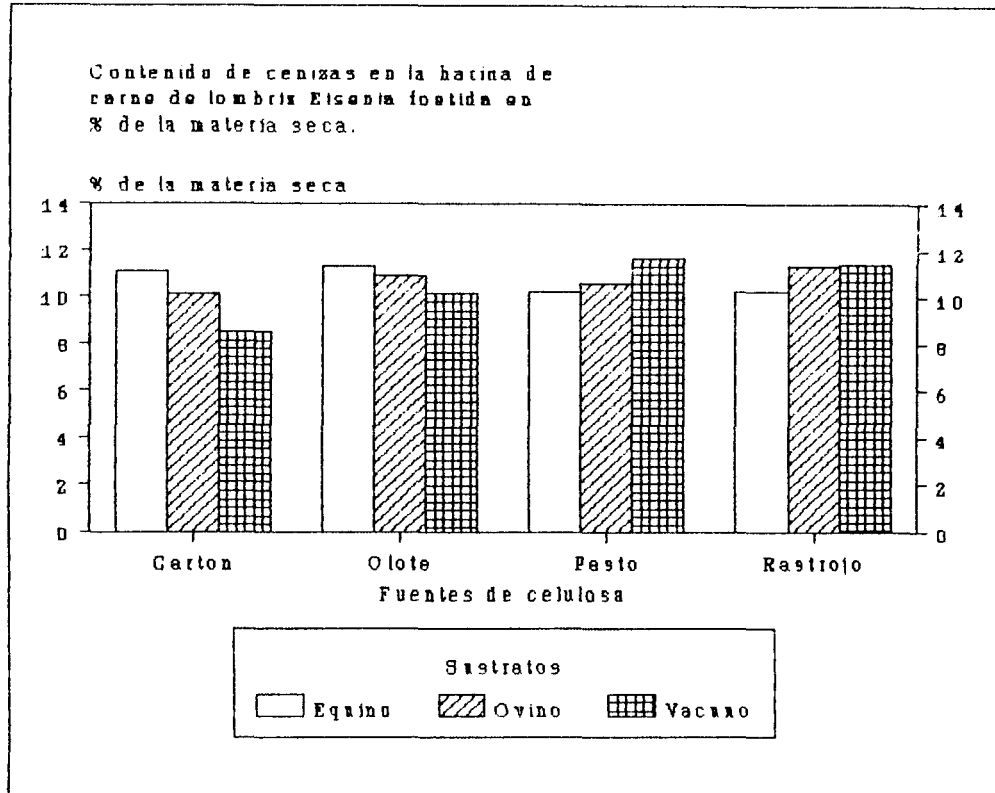
### 8. CENIZAS

El contenido de cenizas en la harina de carne de lombriz no se vio significativamente afectado por el tipo de substrato utilizado en la alimentación, si hubo una diferencia propiciada por la fuente de celulosa agregada al alimento, algunas combinaciones en especial fueron significativamente mejores (Anexo 24).

La prueba de la diferencia mínima significativa, para la variable dependiente 'cenizas, y analizada para los distintos tipos de substratos de alimentación no mostró ninguna diferencia significativa, aunque los tratamientos que se alimentaron con estiércol vacuno fueron en promedio menores a los alimentados con estiércol equino u ovino.

El contenido de cenizas que resulto estar significativamente relacionado a la fuente de celulosa, no presento diferencias significativamente medibles en tres de los tipos de celulosa usados, rastrojo, pasto y olote, en los tratamientos en los que se uso cartón picado si se observo un menor contenido de cenizas (Anexo 25).

Figura 8.



	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	11.09	± 0.47	11.30	± 1.00	10.25	± 0.51	10.26	± 0.73
Ovino	10.10	± 0.67	10.91	± 0.77	10.62	± 1.37	11.38	± 0.44
Vacuno	8.49	± 0.24	10.15	± 0.69	11.67	± 0.35	11.42	± 0.79

La interacción de ambos factores tuvo un efecto significativo, el caso de la combinación ovino-cartón presento mayores contenidos de cenizas que el promedio para todos los tratamientos que se alimentaron con estiércol ovino (Fig No. 10).

### 9. CALCIO

El contenido de calcio, en la harina de carne de lombriz fue significativamente afectado por las dos variables que se probaron y la interacción de ambos también afecto significativamente el contenido de calcio (Anexo 26).

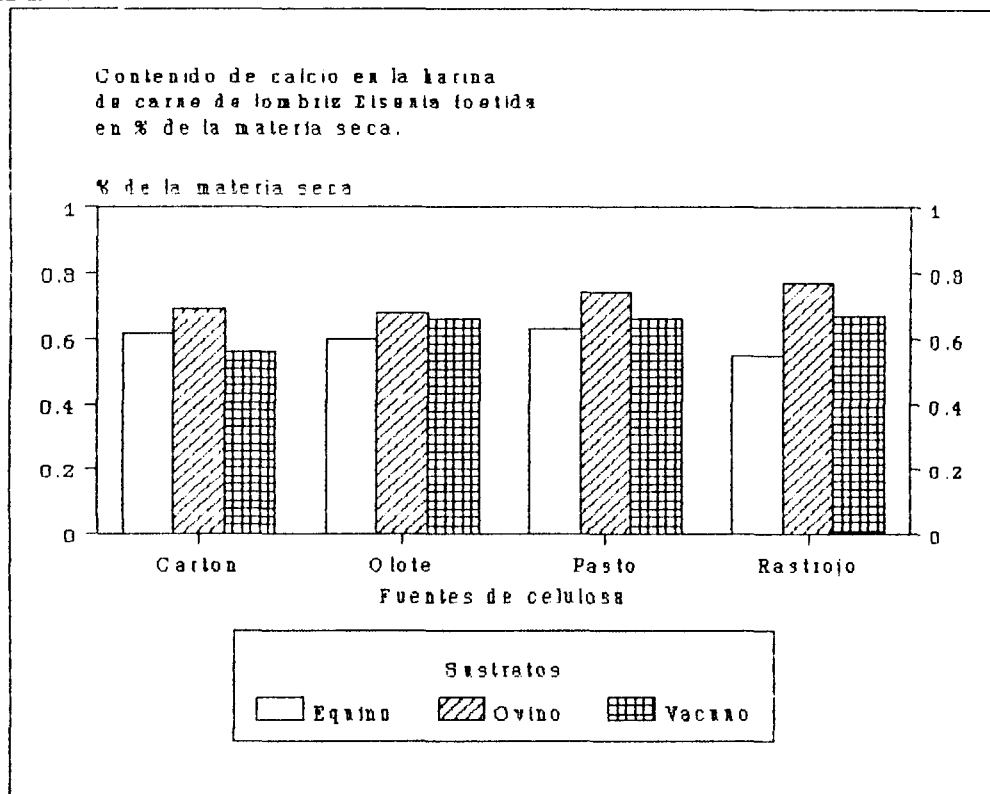
Los tratamientos que se alimentaron con estiércol ovino mostraron en promedio niveles significativamente más altos de calcio, que los alimentados con vacuno y equino, entre estos últimos también se observaron diferencias significativas; los tratamientos en los que se utilizó estiércol equino fueron los que menores cantidades de calcio presentaron (Anexo 27).

Las fuentes de celulosa, presentaron también una variación significativa, los tratamientos que recibieron, como fuente de celulosa pasto picado, contenían niveles significativamente más altos de calcio que los demás, los tratamientos que recibieron, rastrojo de maíz y olote, no presentaron diferencias entre si pero si contenían niveles significativamente más altos de calcio que los tratamientos que se alimentaron con cartón (Anexo 28).

La combinación en la que se encontró el menor contenido de calcio fue vacuno-cartón, mientras que los mejores resultados se obtuvieron con las combinaciones vacuno-cartón y

equino-cartón (Fig No. 9).

Figura 9.



	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	0.62	± 0.04	0.60	± 0.04	0.63	± 0.01	0.55	± 0.03
Ovino	0.69	± 0.04	0.68	± 0.02	0.74	± 0.01	0.77	± 0.04
Vacuno	0.56	± 0.03	0.66	± 0.04	0.66	± 0.01	0.67	± 0.02

Análisis realizados en CENICANA (CIPAV, Colombia, 1987); citado por (Cruz, 1989) mostraron 0.61 % de calcio en MS, estos niveles coinciden con los encontrados.

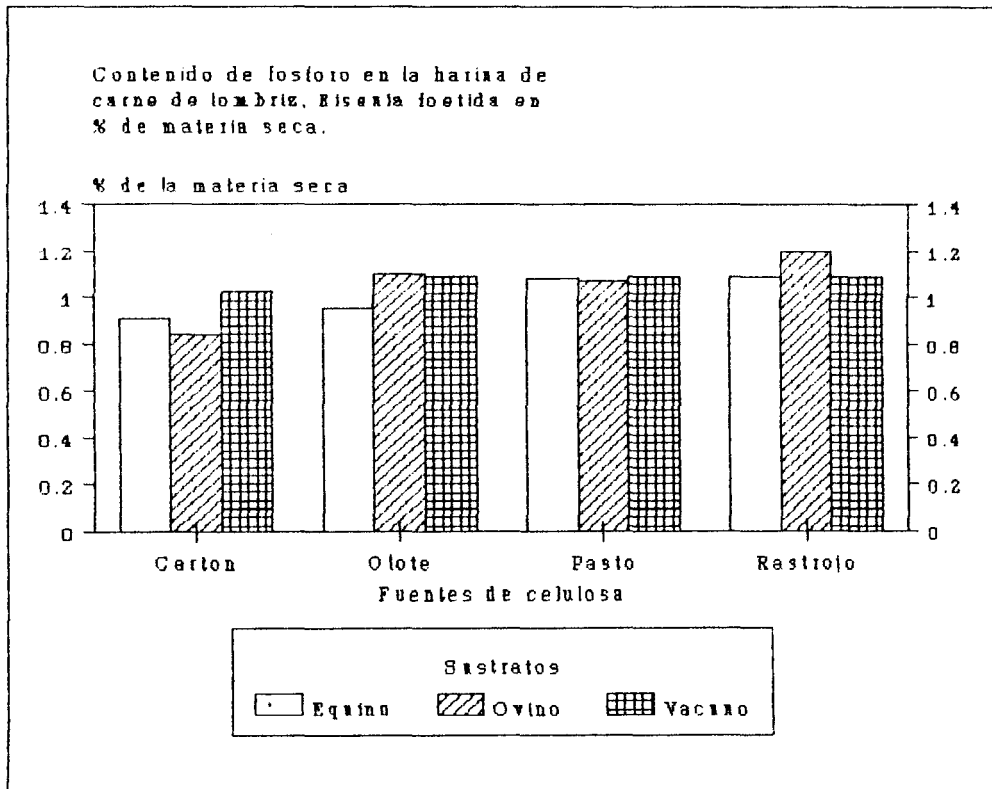
#### 10. FOSFORO.

Los niveles de fósforo en la harina de carne de lombriz, fueron significativamente afectados por las dos variables que



se probaron. la interacción de ambos factores también fue significativa (Anexo 29). los tratamientos que contenían mayores cantidades de fósforo, fueron los que se alimentaron con estiércoles vacuno y ovino, entre estos dos tipos de tratamientos no hubieron diferencias significativas. Los tratamientos que se alimentaron con estiércol equino, fueron significativamente menores (Anexo 30).

Figura 10.



Cuadro 15. Promedios del porcentaje de fósforo y desviaciones estándar								
	Cartón	Sy	Olote	Sy	Pasto	Sy	Rastrojo	Sy
Equino	0.91	± 0.05	0.95	± 0.06	1.08	± 0.03	1.09	± 0.05
Ovino	0.84	± 0.03	1.10	± 0.03	1.07	± 0.01	1.20	± 0.07
Vacuno	1.02	± 0.03	1.09	± 0.02	1.09	± 0.07	1.09	± 0.03

Probando los niveles de fuentes de celulosa se encontró que los tratamientos que recibieron rastrojo de maíz tuvieron niveles significativamente más altos de fósforo que los demás, los tratamientos que recibieron pasto y olote de maíz tuvieron niveles un poco más bajos de fósforo y no se detectó ninguna diferencia significativa entre ambos. Por último están los tratamientos en los que se utilizó cartón, estos en promedio fueron los que menores niveles de fósforo contuvieron (Anexo 31).

Las interacciones equino -cartón y equino - rastrojo, que fueron superiores al promedio de todos los tratamientos en los que se usó estiércol equino (Fig. No. 10).

Análisis realizados en CENICANA (CIPAV, Colombia, 1987) mostraron porcentajes de 0.64 de fósforo en materia seca.

## B. SEGUNDA FASE

El rendimiento de carne de lombriz, está significativamente relacionado con la densidad de siembra inicial, los mejores resultados se obtuvieron cuando se usó una densidad de siembra inicial de 70 g/0.09 m<sup>2</sup> D2, (densidad No. 2) o su equivalente de 7.8 ton de lombrices vivas/ha, en los tratamientos donde se utilizaron poblaciones iniciales de 110 g/0.09 m<sup>2</sup>, D3,

(densidad No. 3) y 150 g/0.09 m<sup>2</sup>. D4. (densidad No. 4) hubo una elevada mortalidad en el primer mes del cultivo, luego de que la población en promedio bajara hasta los 80 g/0.09 m<sup>2</sup> para los tratamientos de D3, el descenso fue a un ritmo menor en los siguientes dos meses, y nunca igualaron al tratamiento D2 para los tratamientos D4 sucedió lo mismo, aunque la mortalidad en el primer mes fue mayor desde 150 g hasta 90 g en promedio, la dinámica poblacional fue la misma que la del tratamiento D3.

Los tratamientos con 30 g/0.09 m<sup>2</sup> D1 (densidad No. 1) aumentaron muy poco su población en el primer mes de evaluación, en los dos meses posteriores su aumento fue continuo pero no supero al tratamiento D2 (Anexo 32 y 33).

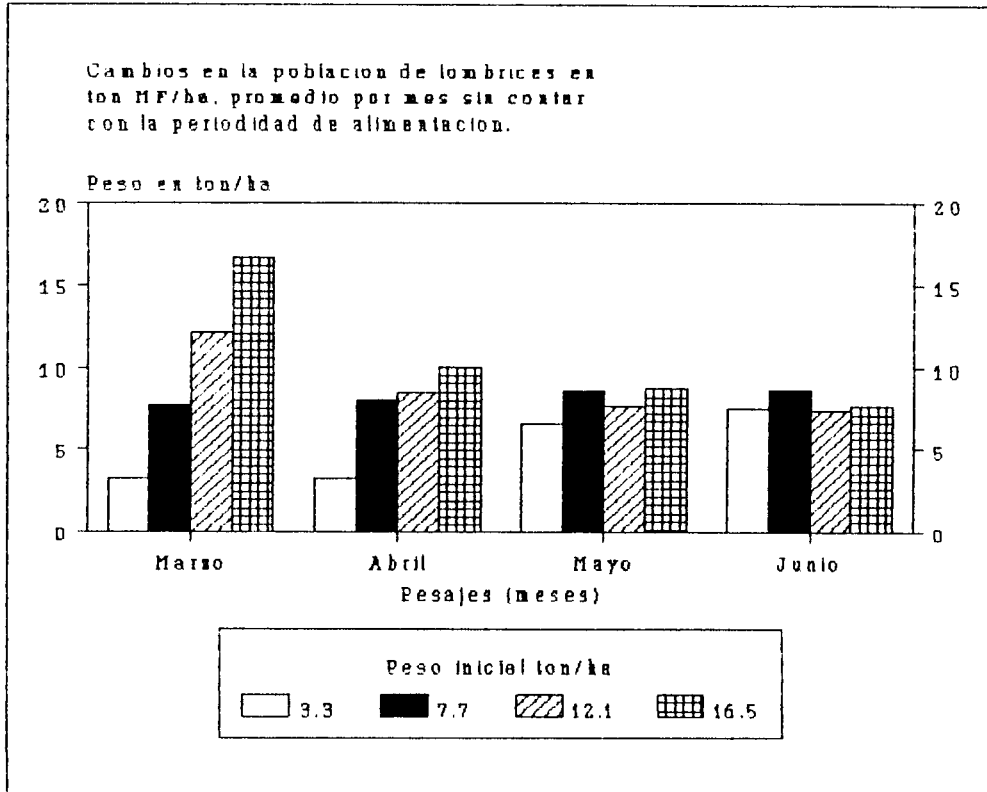
Pese a que la lombriz *Eisenia foetida* puede ser mantenida en altas densidades poblacionales, equivalentes a 40 o 50000 lombrices por metro cuadrado, (Feruzzi, 1987) este límite máximo es muy difícil de mantener, se han observado muertes en masa o en cadena (Bollo, 1992, comunicación personal), cuando se llega o se quiere mantener este nivel poblacional.

Las tres periodicidades de alimentación que se usaron, no tuvieron efecto alguno sobre la productividad del cultivo, ni tampoco hubieron combinaciones que produzcan significativamente mejor que otras.

La interacción de densidades de siembra iniciales y periodicidades de alimentación no tuvo un efecto

significativamente medible sobre el rendimiento final (Anexo 32: Figs. No. 11 al 14).

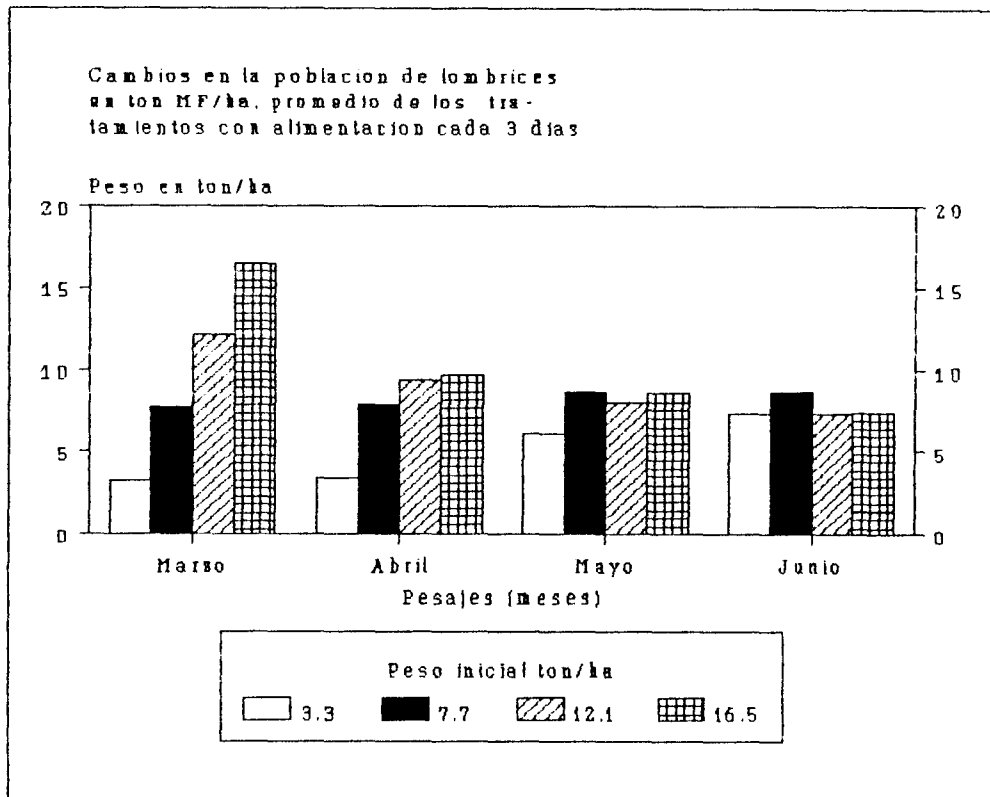
Figura 11.



Cuadro 16. Promedio de los cambios en la población de lombrices, expresados en kg/ha, para todos los tratamientos y desviaciones estándar.

Densidad	Marzo	Sy	Abril	Sy	Mayo	Sy	Junio	Sy
333 kg/ha	333.33	± 3.50	345.56	± 3.57	619.72	± 4.77	741.39	± 5.22
778 kg/ha	777.78	± 5.35	800.44	± 5.42	875.42	± 5.67	877.67	± 5.68
1222 kg/ha	1222.22	± 6.70	953.33	± 5.99	812.97	± 5.51	743.53	± 5.25
1667 kg/ha	1666.67	± 7.83	978.89	± 6.06	864.00	± 5.68	753.53	± 5.28

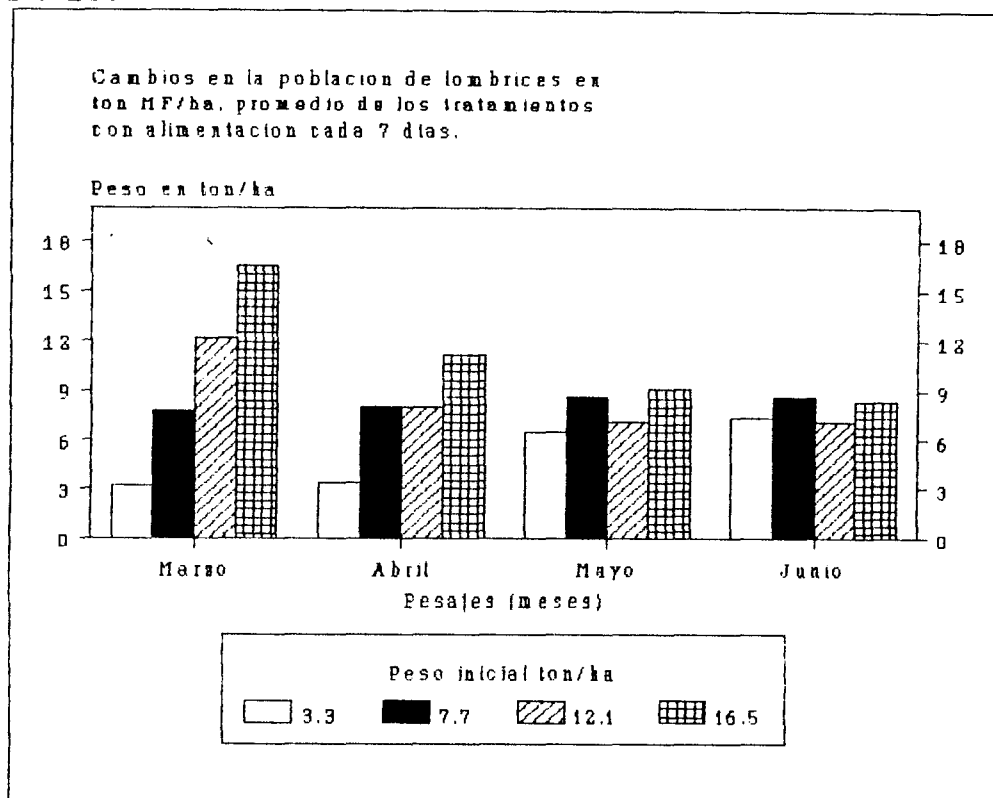
Figura 12



Cuadro 17. Promedio de los cambios de la población de lombrices para los tratamientos con periodicidad de alimentación de 3 días.

Densidad	Marzo	Sy	Abril	Sy	Mayo	Sy	Junio	Sy
333 kg/ha	30.00	± 3.50	31.10	± 3.57	55.78	± 4.77	66.73	± 5.22
778 kg/ha	70.00	± 5.35	72.04	± 5.42	78.79	± 5.67	78.99	± 5.68
1222 kg/ha	110.00	± 6.70	85.80	± 5.99	73.17	± 5.51	66.92	± 5.25
1667 kg/ha	150.00	± 7.83	88.10	± 6.06	77.76	± 5.68	67.82	± 5.28

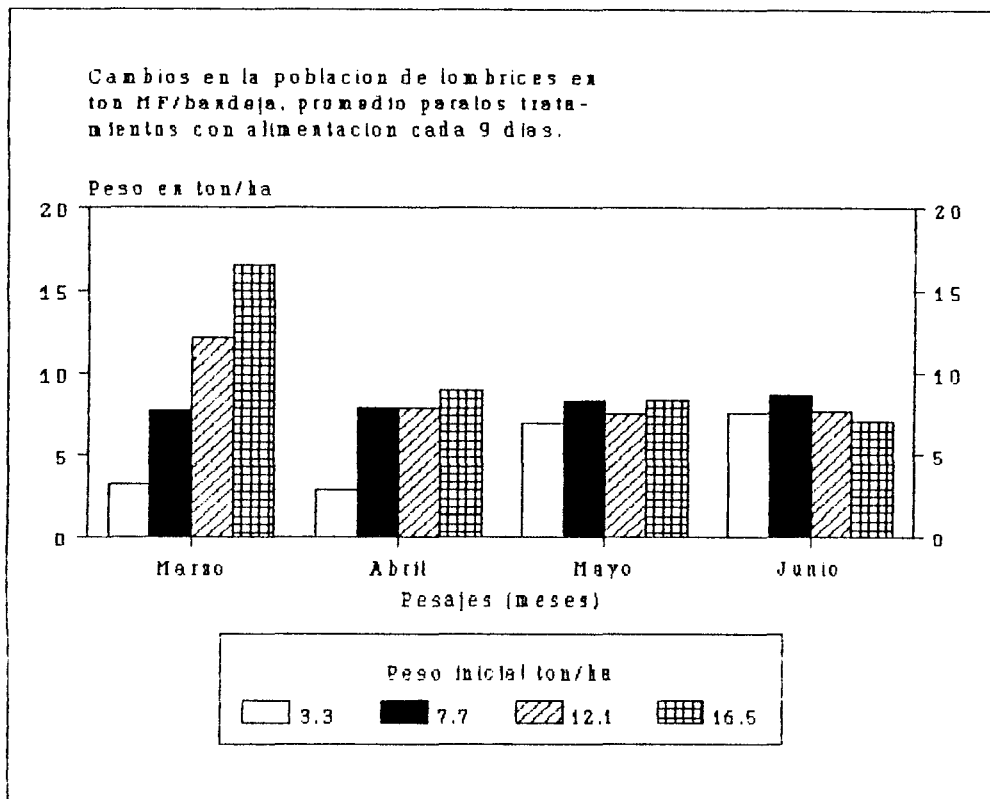
Figura 13.



Cuadro 18. Promedios de los cambios de la población de lombrices para los tratamientos con periodicidad de alimentación de 7 días.

Densidad	Marzo	Sy	Abril	Sy	Mayo	Sy	Junio	Sy
333 kg/ha	30.00	± 3.50	30.73	± 3.55	58.83	± 4.90	66.59	± 5.21
778 kg/ha	70.00	± 5.35	72.73	± 5.45	77.99	± 5.64	78.26	± 5.65
1222 kg/ha	110.00	± 6.70	72.65	± 5.60	64.61	± 5.23	64.84	± 5.21
1667 kg/ha	150.00	± 7.83	101.16	± 6.43	81.90	± 5.78	75.80	± 5.56

Figura 14.



Cuadro 19. Promedios de los cambios de la población de lombrices para los tratamientos con periodicidad de alimentación de 9 días.

Densidad	Marzo	Sy	Abril	Sy	Mayo	Sy	Junio	Sy
333 kg/ha	30.00	± 3.50	25.90	± 3.26	63.55	± 5.10	68.86	± 5.30
778 kg/ha	70.00	± 5.35	71.82	± 5.42	74.92	± 5.54	77.40	± 5.63
1222 kg/ha	110.00	± 6.70	71.92	± 5.57	68.19	± 5.35	69.57	± 5.35
1667 kg/ha	150.00	± 7.83	81.34	± 5.77	76.11	± 5.58	63.31	± 5.09

## V. CONCLUSIONES



## V. CONCLUSIONES

Del presente estudio se concluye que:

1. El rendimiento de carne de lombriz esta afectado por el tipo de alimento que se ofrece.
2. Los contenidos de humedad de la carne de lombriz, y por lo tanto el rendimiento en términos de materia seca, están más afectados por el tipo de fuente de celulosa que por el tipo de sustrato de alimentación.
3. El rendimiento en MS no siempre es igual al rendimiento en MF. esto depende de la humedad de la carne y esta a su vez esta afectada por el tipo de alimentación que recibieron las lombrices.
4. La variación en el contenido protéico, aunque fue mínima estuvo marcadamente influenciada, por tipo de alimentación de las lombrices, en especial por el tipo de sustrato utilizado.
5. La digestibilidad de la proteína cruda fue para todos los tratamientos mayor a 92 %, no se presentaron diferencias significativas en este valor.
6. Los contenidos de grasa, estuvieron significativamente afectados por el tipo de alimentación que recibieron las lombrices.
7. Los contenidos de cenizas de la harina de lombriz, estuvieron afectados significativamente por el tipo de sustrato de alimentación utilizado.

8. Los contenidos de Calcio fueron afectados tanto por el tipo de sustrato de alimentación utilizado como por la fuente de celulosa.

9. El contenido de Fósforo fue afectado en mayor proporción por el tipo de sustrato de alimentación utilizado.

10. La periodicidad de alimentación no afecta a la productividad de las lombrices, aunque es de especial importancia calcular la cantidad de alimento a ofrecerse por día.

11. La densidad de siembra inicial, afectara el rendimiento final del cultivo, y el tiempo necesario para llegar al momento de cosecha.

12. Cuando se utilizan densidades de siembra altas (mayores de 800 kg lombrices vivas/ha), hay una elevada mortalidad, hasta que el cultivo llega al máximo de su capacidad de alimentar a las lombrices, en este punto el crecimiento o decrecimiento de la población se detiene y se mantiene estable, principalmente por inhibición de la actividad sexual de los individuos.

## VI. RECOMENDACIONES

## VI. RECOMENDACIONES

El potencial de producción de esta nueva actividad, así como la factibilidad financiera de la implementación de proyectos lombrícolas de regular tamaño, se ha encontrado una tasa interna de retorno de 22.89 %, y una relación beneficio costo de 1.08 (Cordon, 1991), deben de ser un punto de partida para continuar e intensificar los estudios concernientes al desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de lombrices, áreas como la determinación de requisitos nutricionales, serán de especial importancia así como el perfeccionamiento y desarrollo de técnicas más eficiente de cosecha, procesamiento y almacenamiento de los dos productos obtenidos en esta actividad.

## VII. RESUMEN

## VII. RESUMEN

Durante la primera fase del ensayo, el objetivo fue evaluar el efecto, sobre la producción y la composición química de la carne de lombriz, de tres tipos de sustrato alimenticio y cuatro fuentes adicionales de celulosa, con lo que se tuvieron 12 combinaciones-tratamiento, que se repitieron cuatro veces, totalizando 48 unidades experimentales (u.e. bandejas de plástico de 30 por 30 cm), conteniendo 2,27 kg de sustrato inicial (estiércol vacuno envejecido). Las bandejas plásticas habían sido perforadas en su base y cubiertos los hoyos con malla milimétrica, para favorecer el drenaje y evitar la salida de las lombrices. Se sembraron (mil lombrices por cada u.e.), con un peso promedio de 0.152 g (n=4570). Noventa y nueve gramos del tipo de sustrato correspondiente a cada tratamiento y once gramos del material celulósico fueron alimentados cada siete días; ambos alimentos se extendían sobre una de las mitades de la bandeja, alternando las mitades semanalmente. El día de cosecha se extrajeron las lombrices manualmente, se las limpio, midió el rendimiento y se les extrajo el líquido celomático, finalmente fueron secadas, molidas y se procedió a hacer el análisis bromatológico. La producción promedio fue de 13.60 ton de lombrices vivas (MF)/ha, (16.05 ton MF/ha para la combinación equino-pasto y 11.77 ton MF/ha en la combinación ovino-cartón), rendimiento de harina de carne de lombriz de 2.64 ton harina de carne de lombriz (MS)/ha, o 1.75 ton PC/ha con una digestibilidad promedio de la proteína cruda de 92.55%.

Se encontró la siguiente composición promedio expresada en porcentaje de la materia seca, humedad 80.58%, materia seca de 19.42%, materia orgánica 89.29%, proteína cruda de 66.30%, grasa de 11.04%, cenizas 10.75%, calcio 0.61% y fósforo 1.0%. La composición química vario significativamente, de un tratamiento a otro por efecto del tipo de alimento ofrecido. La segunda fase tuvo como objetivo fue evaluar el efecto de, la densidad de siembra inicial y la periodicidad de alimentación sobre la producción final de carne de lombriz. Se observaron muertes masivas en las densidades de siembra inicial 110 y 150 g lombrices vivas por 0.09 m<sup>2</sup>, muy poco incremento en la densidad de 70 y 30 g lombrices vivas por 0.09 m<sup>2</sup>. La periodicidad de alimentación no afecto rendimiento de carne de lombriz, ni presenta interacciones con la densidad de siembra

## VIII. BIBLIOGRAFIA

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- ARIAS, M. 1987. Monografía sobre la lombriz de tierra. sin referencias.
- BARNES, R. 1969. Zoología de los invertebrados. 2da ed. México, D.F. Interamericana 263-280.
- BARNES, R. 1989. Zoología de los invertebrados. Anélidos 4ta ed. México, D.F. Interamericana.
- BOLIVIA. MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS (MACA). PROYECTO "LOMBRICULTURA PREFECTURA DEPARTAMENTAL DE TARIJA" 1990. Producción experimental de matrices de lombriz colorada californiana *Eisenia foetida* Tarija. M.A.C.A. 3 p.
- BOLLO, E. 1989. Lombricultura. AFABA-9 (Ec.) 37-41.
- \_\_\_\_\_. 1992. Lombricultura. Lombricultura S.C.I.C. centro de investigación y desarrollo. Quito, Ecuador. (comunicación personal)
- BONNET, J.A. 1968. La ciencia del suelo: La materia orgánica del suelo (humus) y los procesos biológicos de los microorganismos. San Juan, Puerto Rico. Colegio de Ingenieros arquitectos y Agrimensores de Puerto Rico. 83-106.
- BOOLOOTIAN, R. 1985. Fundamentos de zoología; gusanos segmentados. Argentina. Limusa. 167-178.
- COCKRUM, E.; Mc. CAULEY, W. 1967. Zoología. México, D.F. Interamericana. 224-231.
- COMPAGNONI, L.; PUTZOW, G. 1985. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Barcelona, España. De Vicchi 127 p.
- CORDON, O. 1991. Estudio de factibilidad para la producción y venta de lombriz roja de california (*Eisenia phoetida*), como fuente complementaria de ingresos de la ceba de ganado en confinamiento. Tesis Ingeniero Agrónomo. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 120 p.
- CULTIVO DE lombrices. Fertilizante orgánico para los pequeños productores. 1991. Procampo. (Bol.). 39.



- CRUZ, M.L. 1989. Las lombrices como fuente de proteína para sistemas de producción animal en los trópicos. [diskette]. Colombia. CIPAV. 1 diskette con varios artículos.
- DUQUE, R. 1988. La lombricultura ESSO Agrícola No.2 Colombia.
- FERRUZZI, C. 1987. Manual de lombricultura Madrid, España Mundi-Prensa 138 p.
- GENDRERO, L. 1971. Zoología hispanoamericana: invertebrados. México, D.F. Porrúa. 313-319.
- GOMEZ, J. 1988? Las lombrices de tierra y su importancia ecológica. s.n.t. 4.
- McGill, S. 1987. Nueva era de la microbiología agrícola El Surco. EE.UU. 5(92): 12-14.
- RINCON, O. 1974. La lombriz de tierra INCORA Bogotá, Colombia Boletín técnico 20: 62-67.
- RIOJA, E.; RUIZ, M.; RODRIGUEZ, I. 1955. Tratado elemental de zoología: phylum Annelida. 3era ed. México, D.F. Porrúa. 268-288.
- SOTO, I. 1987. Invitación a criar lombrices Carta Ganadera Buga, Colombia.
- \_\_\_\_ I. 1988. Algunos aspectos importantes sobre la producción de lombriz roja Revista nacional de Zootecnia Colombia 32(5): 7-9.
- \_\_\_\_ I. 1991. Lombricultura. Rancho "J". Buga-Valle, Colombia. (comunicación personal).
- SYD, D. 1985. Aprovechando los microorganismos del suelo El surco EE.UU. 4(90): 12-14
- VILLEE, C.; WALKER JUNIOR, W.; SMITH, F. 1958. General zoology: phylum Annelida. Philadelphia. W.B. Saunders Cia. 267-283.
- \_\_\_\_ C.; WALKER JUNIOR, W.; BARNES, R. 1987. Zoología: Anélidos. Trad. por Ramon Alizondo: Francisco Javier Castro; Michael Carroll; Ed. por Gabriel González-Loyola. 6ta ed. México, D.F. Interamericana. 620-641.

- WILLE, J. 1960. Zoología agrícola. Barcelona. Salvat.  
268-270.
- YAGUE, J. 1987. La crianza de la lombriz roja Madrid,  
España. Ministerio de Agricultura y Alimentación. 127  
p.

## IX. ANEXOS

## IX. ANEXOS

## A. PRIMERA FASE

Anexo 1. Aumento de la cantidad de alimento suministrado por semana, en g MS por bandejas de 0.09 m<sup>2</sup>

Semana No.	Substrato	Fuente de celulosa	Total g MS
1	90.0	10.0	100.0
2	90.0	10.0	100.0
3	93.6	10.4	104.0
4	93.6	10.4	104.0
5	93.6	10.4	104.0
6	97.2	10.8	108.0
7	99.0	11.0	110.0
8	100.8	11.2	112.0
9	108.0	12.0	120.0
10	117.0	13.0	130.0
11	117.0	13.0	130.0
12	126.0	14.0	140.0
13	135.0	15.0	150.0
14	153.0	17.0	170.0
15	162.0	18.0	180.0
16	162.0	18.0	180.0
17	162.0	18.0	180.0
18	171.0	19.0	190.0
19	171.0	19.0	190.0
20	180.0	20.0	200.0

Anexo 2. Composición de la harina de carne de lombriz, promedio de las cuatro repeticiones, expresado en Porcentaje de la MS.

Trat.	Hento% g/0.9 m2	Proteína Dig			Materia		Materia			P.
		cruda	PC	Grasa	Cenizas	orgánica	Humedad	seca	Ca.	
Equino cartón	130.04	64.87	92.59	11.78	11.09	88.91	84.79	15.22	0.62	0.91
Equino olote	122.07	65.14	92.75	11.69	11.45	88.55	83.15	16.85	0.60	0.89
Equino pasto	145.95	65.04	92.80	11.80	11.20	88.80	81.82	18.19	0.60	0.88
Equino Rastrojo	130.61	64.95	92.58	11.74	11.32	88.68	81.06	18.95	0.61	0.92
Promedio	132.17	65.00	92.68	11.75	11.36	88.74	82.71	17.30	0.61	0.90
Ovino cartón	107.02	65.83	92.43	11.64	11.30	88.70	79.95	20.05	0.60	0.95
Ovino olote	108.30	66.25	92.43	11.14	10.58	89.42	80.02	19.98	0.60	0.99
Ovino pasto	107.58	66.33	92.41	10.88	10.55	89.45	79.53	20.47	0.61	1.03
Ovino rastrojo	107.63	67.13	92.61	10.55	10.34	89.66	78.84	21.16	0.61	1.05
Promedio	107.63	66.39	92.47	11.05	10.69	89.31	79.59	20.42	0.61	1.01
Vacuno cartón	122.71	67.36	92.74	9.64	10.25	89.75	79.68	20.32	0.63	1.08
Vacuno olote	120.72	67.68	92.54	10.13	10.43	89.57	79.37	20.63	0.61	1.09
Vacuno pasto	145.55	67.74	92.49	10.51	10.03	89.97	79.18	20.83	0.58	1.11
Vacuno rastrojo	134.89	67.58	92.22	11.05	10.04	89.96	79.49	20.51	0.56	1.10
Promedio	130.97	67.59	92.50	10.33	10.19	89.81	79.43	20.57	0.60	1.10

-----  
 Anexo 3. Rendimiento de carne de lombriz en materia fresca (g MF/0.09 m<sup>2</sup>)  
 -----

Substrato	Fuentes de celulosa				Promedio
Repeticiones					
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	Prom.
Equino	111.74	135.28	144.38	149.54	135.24
Equino	120.29	150.06	142.08	146.28	139.68
Equino	140.20	116.14	150.54	127.06	133.49
Equino	147.94	86.79	146.80	99.55	120.27
Prom	130.04	122.07	145.95	130.61	132.17
C.V. <sup>4</sup>	12.97	22.37	2.48	17.58	6.32
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	Prom.
Ovino	106.76	105.45	111.12	99.60	105.73
Ovino	108.42	117.78	109.78	119.23	113.80
Ovino	95.84	110.96	107.32	109.72	105.96
Ovino	117.07	99.02	102.08	101.98	105.04
Prom.	107.02	108.30	107.58	107.63	107.63
C.V.	8.15	7.37	3.71	8.23	3.84
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	Prom.
Vacuno	138.77	120.76	140.38	146.78	136.67
Vacuno	133.36	127.23	138.60	135.40	133.65
Vacuno	123.42	111.30	160.06	134.60	132.35
Vacuno	95.28	123.60	143.16	122.76	121.20
Prom	122.71	120.72	145.55	134.89	130.97
C.V.	15.78	5.65	6.77	7.27	5.16

4 El coeficiente de variación (C.V.), se calculo independientemente para cada uno de los tratamientos en base a sus cuatro repeticiones.

---

 Anexo 4. Rendimiento de carne de lombriz en materia fresca  
 (ton MF/ha)
 

---

Substrato Repeticiones	Fuentes de celulosa				Promedio
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	Prom.
Equino	12.29	14.88	15.88	16.45	14.88
Equino	13.23	16.51	15.63	16.09	15.36
Equino	15.42	12.78	16.56	13.98	14.68
Equino	16.27	9.55	16.15	10.95	13.23
Prom	14.30	13.43	16.05	14.37	14.54
C.V.	12.97	22.37	2.48	17.58	6.32
Ovino	11.74	11.60	12.22	10.96	11.63
Ovino	11.93	12.96	12.08	13.12	12.52
Ovino	10.54	12.21	11.81	12.07	11.66
Ovino	12.88	10.89	11.23	11.22	11.55
Prom	11.77	11.91	11.83	11.84	11.84
C.V.	8.15	7.37	3.71	8.23	3.84
Vacuno	15.26	13.28	15.44	16.15	15.03
Vacuno	14.67	14.00	15.25	14.89	14.70
Vacuno	13.58	12.24	17.61	14.81	14.56
Vacuno	10.48	13.60	15.75	13.50	13.33
Prom	13.50	13.28	16.01	14.84	14.41
C.V.	15.78	5.65	6.77	7.27	5.16
Promedio por fuente de celulosa					
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	
	13.17	12.87	14.63	13.68	

---

-----  
 Anexo 5. Análisis de varianza para la variable dependiente:  
 rendimiento (ton MF/ha).  
 -----

FV <sup>4</sup>	GL <sup>5</sup>	S.C. <sup>6</sup>	C.M. <sup>7</sup>	Valor F <sup>8</sup>	Pr > F <sup>9</sup>
Trat.	11	8925.2	811.4	4.02	0.0007
A	2	6121.5	3060.7	15.18	0.0001
B	3	1753.1	584.4	2.90	0.0483
A x B	6	1050.5	175.1	0.87ns	0.5274
Error	36	7257.8	201.6		
-----					
Total	47	16183.0			

C.V. = 11.50

Varianza = 14.20

Rendimiento (ton MF/ha) promedio = 2.60  
 -----

-----  
 Anexo 6. Prueba de la diferencia mínima significativa para la  
 variable. rendimiento (ton MF/ha). Probando los niveles de  
 sustratos.  
 -----

Grupos	Medias	n	sustratos
A	14.54	16	Equino
A	14.41	16	Vacuno
B	11.84	16	Ovino

Diferencia mínima significativa= 10.18  
 -----

-----  
<sup>4</sup> Fuente de variación

<sup>5</sup> Grados de libertad

<sup>6</sup> Suma de cuadrados

<sup>7</sup> Cuadrado medio

<sup>8</sup> Valor F observado para la variable estudiada

<sup>9</sup> Valor F al cual, la variable observada es  
 significativa.



-----  
 Anexo 7. Prueba de la diferencia minima significativa para la variable. rendimiento (ton MF/ha). Probando los niveles de fuentes de celulosa.  
 -----

Grupos	Medias	n	Fuentes de celulosa
A	14.63	12	Pasto
A	13.68	12	Rastrojo
B	13.17	12	Cartón
B	12.87	12	Olote

Diferencia minima significativa= 1.29  
 -----

Valor alfa= 0.05

Grados de libertad= 36

Varianza= 201.60

Valor crítico de la Prueba= 2.03  
 -----

-----  
 Anexo B. Rendimiento de carne de lombriz en materia seca.  
 (g MS/0.09 m<sup>2</sup>)  
 -----

Substrato	Fuentes de celulosa				Promedio
Repeticiones					
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	Prom.
Equino	15.97	28.18	29.67	32.58	26.60
Equino	15.71	27.61	28.94	30.92	25.80
Equino	21.56	21.39	31.87	25.28	25.03
Equino	26.82	19.57	28.19	19.67	23.56
Prom.	20.02	24.19	29.67	27.12	25.25
C.V.	26.38	17.98	5.35	21.63	17.84
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	Prom.
Ovino	22.12	21.27	20.27	20.17	20.96
Ovino	21.61	24.04	19.63	23.27	22.14
Ovino	19.74	23.07	18.52	21.19	20.63
Ovino	23.84	21.28	19.78	20.18	21.27
Prom.	21.83	22.41	19.55	21.20	21.25
C.V.	7.72	6.13	3.77	6.89	6.13
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	Prom.
Vacuno	26.12	23.96	27.26	28.55	26.47
Vacuno	24.04	26.04	28.04	25.47	25.90
Vacuno	22.64	23.66	30.64	24.71	25.41
Vacuno	15.64	24.84	26.69	23.18	22.59
Prom.	22.11	24.63	28.16	25.48	25.09
C.V.	20.56	4.34	6.19	8.87	9.99

-----

---

 Anexo 9. Rendimiento de carne de lombriz en materia seca (ton MS/ha)
 

---

Substrato Repeticiones	Fuentes de celulosa				Promedio
	Cartón	Olote	Pasto	Rastrojo	
Equino	1.77	3.13	3.29	3.62	2.95
Equino	1.74	3.06	3.21	3.43	2.86
Equino	2.39	2.37	3.54	2.80	2.78
Equino	2.98	2.17	3.13	2.18	2.61
Prom.	2.22	2.68	3.29	3.01	2.80
10C.V	26.38	17.98	5.35	21.63	17.84
Ovino	2.45	2.36	2.25	2.24	2.29
Ovino	2.40	2.67	2.18	2.58	2.47
Ovino	2.19	2.56	2.05	2.35	2.32
Ovino	2.64	2.36	2.19	2.24	2.26
Prom.	2.42	2.49	2.17	2.35	2.33
C.V.	7.72	6.13	3.77	6.89	6.13
Vacuno	2.90	2.66	3.02	3.17	2.94
Vacuno	2.67	2.89	3.11	2.82	2.87
Vacuno	2.51	2.62	3.40	2.74	2.82
Vacuno	1.73	2.76	2.96	2.57	2.50
Prom.	2.45	2.73	3.12	2.83	2.78
C.V.	20.56	4.34	6.19	8.87	9.99

---

10 El coeficiente de variación (C.V.), se calculo independientemente para cada uno de los tratamientos, en base a sus cuatro repeticiones.

-----  
 Anexo 10. Análisis de varianza para la variable dependiente:  
 Humedad

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	11Pr > F
Trat	11	112.50	10.22	8.81	0.0001
A	2	4.67	2.33	2.01 <sub>ns</sub>	0.1485
B	3	42.35	14.12	12.17	0.0001
A x B	6	65.47	10.91	9.40	0.0001
Error	36	41.77	1.16		
Total	47	154.27			

C.V. = 1.33

Varianza = 1.07

Humedad promedio = 80.68

-----  
 Anexo 11. Prueba de diferencia minima significativa para la  
 variable: Humedad. Probando los niveles de Fuente de Celulosa

Grupos	Medias	n	Fuentes de celulosa
A	82.16	12	Cartón
B	80.71	12	Pasto
C	80.25	12	Rastrojo
C	79.60	12	Olote

Diferencia minima significativa= 0.89

-----  
 n = Número de repeticiones

Valor alfa = 0.05

Grados de libertad = 36

Error de la media = 1.16

Valor critico de T = 2.03

-----  
 11 Valor de probabilidad al que el valor de F encontrado es  
 significativo

-----  
 Anexo 12. Análisis de varianza para la variable dependiente, rendimiento (ton MS/ha)  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat.	11	463.15	42.10	4.17	0.0005
A	2	164.12	82.06	8.14	0.0012
B	3	129.04	43.01	4.26	0.0112
A x B	6	169.98	28.33	2.81	0.0240
Error	36	363.14	10.08		
Total	47	826.28			

C.V. = 13.31

Varianza = 3.17

Rendimiento (ton Ms/ha) promedio = 2.62  
 -----

-----  
 Anexo 13. Prueba de la diferencia minima significativa para la variable, rendimiento (ton MS/ha). Probando los niveles de substratos.  
 -----

Grupos	Medias	n	Substratos
A	2.78	16	Equino
A	2.76	16	Vacuno
B	2.34	16	Ovino

Diferencia minima significativa= 0.25  
 -----

-----  
 Anexo 14. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable, rendimiento (ton MS/ha). Probando los niveles de fuentes de celulosa.  
 -----

Grupos	Medias	n	Fuente de celulosa
A	2.84	12	Pasto
A	2.71	12	Rastrojo
B	2.61	12	Olote
B	2.35	12	Cartón

Diferencia mínima significativa= 0.29  
 -----

Grados de libertad= 36  
 Varianza= 10.08  
 Valor critico de la Prueba= 2.03  
 -----

-----  
 Anexo 15. Análisis de varianza para la variable dependiente, materia orgánica.  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat	11	31.92	2.90	5.44	0.0001
A	2	1.60	0.80	1.50 <sub>ns</sub>	0.2365
B	3	8.31	2.77	5.19	0.0044
A * B	6	22.00	3.67	6.87	0.0001
Error	36	19.22	0.53		

-----  
 Total                   47       51.14  
 C.V.                    = 0.81  
 Varianza = 0.73  
 Materia orgánica promedio = 89.39  
 -----

-----  
 Anexo 16. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable, materia orgánica. Probando los niveles de fuentes de celulosa.  
 -----

Grupos	Medias	n	Fuente de celulosa
A	90.11	12	Cartón
B	89.21	12	Olote
B	89.16	12	Pasto
B	89.08	12	Rastrojo

Diferencia mínima significativa= 0.60  
 -----

Valor alfa= 0.05  
 Grados de libertad = 36  
 Error de la media= 0.53  
 Valor crítico de T= 2.03  
 -----

-----  
 Anexo 17. Análisis de varianza para la variable dependiente: Proteína cruda.  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat	11	197.48	17.95	9.84	0.0001
A	2	114.49	57.25	31.39	0.0001
B	3	7.20	2.40	1.32 <sup>ns</sup>	0.2840
A * B	6	75.78	12.63	6.92	0.0001
Error	36	65.66	1.82		
Total	47	263.14			

C.V. = 2.06  
 Varianza = 1.35  
 Proteína cruda promedio = 65.26  
 -----

-----  
 Anexo 18. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable dependiente: Proteína cruda. Probando los niveles de substratos.  
 -----

Grupos	Medias	n	Substratos
A	66.36	16	Ovino
A	66.36	16	Equino
B	63.08	16	Vacuno

Diferencia mínima significativa= 0.97  
 -----

-----  
 Anexo 19. Análisis de varianza para la variable dependiente  
 digestibilidad de proteína.  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat	11	8.96	0.81	3.05	0.0056
A	2	3.56	1.78	6.67	0.0034
B	3	1.07	0.36	1.34 <sub>ns</sub>	0.2768
A * B	6	4.32	0.72	2.70	0.0287
Error	36	9.62	0.27		
Total	47	18.58			

C.V. = 0.56

Varianza = 0.51

Digestibilidad de la proteína cruda promedio = 92.03  
 -----

-----  
 Anexo 20. Prueba de diferencia mínima significativa para la  
 variable. digestibilidad de proteína. Probando los niveles de  
 substratos.  
 -----

Grupos	Medias	n	Substratos
A	92.39	16	Equino
B	91.98	16	Ovino
B	91.72	16	Vacuno

Diferencia mínima significativa = 0.37  
 -----

-----  
 Anexo 21. Análisis de varianza para la variable dependiente,  
 grasa.  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat.	11	35.11	3.19	9.79	0.0001
A	2	9.48	4.74	14.54	0.0001
B	3	12.44	4.15	12.72	0.0001
A x B	6	13.20	2.20	6.75	0.0001
Error	36	11.73	0.32		
Total	47	46.85			

C.V. = 5.33

Varianza = 0.57

Grasa promedio = 10.71  
 -----

-----  
 Anexo 22. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable, grasa. Probando los niveles de substratos.  
 -----

Grupos	Medias	n	Substratos
A	11.13	16	Equino
A	10.91	16	Vacuno
B	11.00	16	Ovino

Diferencia mínima significativa= 0.41  
 -----

-----  
 Anexo 23. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable, grasa. Probando los niveles de fuentes de celulosa.  
 -----

Grupos	Medias	n	Fuente de celulosa
A	11.29	12	Cartón
A	10.94	12	Rastrojo
B	10.71	12	Olote
C	9.91	12	Pasto

Diferencia mínima significativa= 0.47  
 -----

Valor alfa= 0.05  
 Grados de libertad= 36  
 Varianza= 0.32  
 Valor crítico de la Prueba= 2.03  
 -----

-----  
 Anexo 24. Análisis de varianza para la variable dependiente: Cenizas.  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat	11	31.92	2.90	5.44	0.0001
A	2	1.60	0.80	1.50 <sub>ns</sub>	0.2365
B	3	8.31	2.77	5.19	0.0044
A * B	6	22.01	3.67	6.87	0.0001
Error	36	19.22	0.53		
Total	47	51.14			

C.V. = 6.88  
 Varianza = 0.73  
 Cenizas promedio = 10.61  
 -----



-----  
 Anexo 25. Prueba de diferencia minima significativa para la variable. cenizas. Probando los niveles de fuentes de celulosa  
 -----

Grupos	Medias	n	Fuente de celulosa
A	10.91	12	Rastrojo
A	10.84	12	Pasto
A	10.79	12	Olote
B	9.89	12	Cartón

Diferencia minima significativa= 0.60  
 -----

Valor alfa= 0.05  
 Grados de libertad = 36  
 Error de la media= 0.53  
 Valor crítico de T= 2.03  
 -----

-----  
 Anexo 26. Análisis de varianza para la variable dependiente: calcio  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat.	11	0.19	0.01	19.95	0.0001
A	2	0.11	0.06	68.22	0.0001
B	3	0.02	0.01	7.81	0.0004
A x B	6	0.05	0.01	9.93	0.0001
Error	36	0.03	0.01		
Total	47	0.22			

C.V. = 4.50  
 Varianza = 0.03  
 Calcio promedio = 0.65  
 -----

-----  
 Anexo 27. Prueba de la diferencia minima significativa para la variable: calcio. Probando los niveles de substratos.  
 -----

Grupos	Medias	n	Substratos
A	0.72	16	Ovino
B	0.63	16	Vacuno
C	0.60	16	Equino

Diferencia mínima significativa= 0.021  
 -----

-----  
 Anexo 28. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable: calcio. Probando los niveles de fuentes de celulosa.  
 -----

Grupos	Medias	n	Fuente de celulosa
A	0.68	12	Pasto
B	0.66	12	Rastrojo
B	0.64	12	Olote
C	0.62	12	Cartón

Diferencia mínima significativa= 0.02  
 -----

Valor alfa= 0.05  
 Grados de libertad= 36  
 Varianza= 0.000858  
 Valor crítico de T= 2.03  
 -----

-----  
 Anexo 29. Análisis de varianza para la variable dependiente: fósforo.  
 -----

FV	GL	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat.	11	0.43	0.04	20.97	0.0001
A	2	0.04	0.02	10.45	0.0003
B	3	0.27	0.09	48.28	0.0001
A x B	6	0.12	0.02	10.81	0.0001
Error	36	0.06	0.01		
Total	47	0.49			

C.V. = 4.12  
 Varianza = 0.043  
 Fósforo Media = 1.04  
 -----

-----  
 Anexo 30. Prueba de la diferencia minima significativa para la variable: fósforo. Probando los niveles de substratos.  
 -----

Grupos	Medias	n	Substratos
A	1.07	16	Vacuno
A	1.05	16	Ovino
B	1.00	16	Equino

Diferencia minima significativa= 0.03  
 -----

-----  
 Anexo 31. Prueba de la diferencia minima significativa para la variable: fósforo. Probando los niveles de fuentes de celulosa.  
 -----

Grupos	Medias	n	Fuente de celulosa
A	1.12	12	Rastrojo
B	1.08	12	Pasto
B	1.04	12	Olote
C	0.92	12	Cartón

Diferencia minima significativa= 0.03  
 -----

Valor alfa= 0.05

Grados de libertad= 36

Varianza= 0.001852

Valor crítico de T= 2.03  
 -----

## B. SEGUNDA FASE.

-----  
 Anexo 32. Análisis de varianza para la variable: Rendimiento final (g ME/0.09 m<sup>2</sup>).  
 -----

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F
Trat.	11	1378.85	125.35	3.56	0.0019
A	2	22.54	11.27	0.32 <sup>ns</sup>	0.7281
B	3	996.00	332.00	9.43	0.0001
A x B	6	360.31	60.05	1.71 <sup>ns</sup>	0.1479
Error	36	1267.29	35.20		
Total	47	2646.14			

-----

C.V. = 8.42

Varianza = 5.93

Rendimiento(g ME/0.09 m<sup>2</sup>) promedio = 70.42  
 -----

-----  
 Anexo 33. Prueba de la diferencia mínima significativa para la variable: Rendimiento final (g ME/0.09 m<sup>2</sup>)  
 -----

Grupos	Media	n	Densidad de siembra.
A	78.21	12	2
B	68.97	12	4
B	67.39	12	1
B	67.11	12	3

Diferencia mínima significativa= 4.91  
 -----

Alfa= 0.05

Grados de libertad = 36

Varianza = 35.20

Valor crítico de T= 2.03  
 -----