

.UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
ESCUELA DE AGRONOMÍA



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL
INICIAL Y DOS AMBIENTES SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA
LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) EN LA IX
REGIÓN”**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Forestales como parte de los
requisitos para optar al título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

DANIEL ALEJANDRO AGUILERA LÓPEZ

TEMUCO – CHILE
2004

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a en primer lugar a mis profesores que me ayudaron en el desarrollo de este trabajo de título y a aquellos que fueron mis guías haciendo extensiva su labor incluso en el ámbito personal durante el transcurso de mi carrera.

Hago extensivo este agradecimiento a Don Juan Carlos Almarza quien fue esencial por su información, participación y disposición, que permitieron llevar a buen término las diferentes actividades que se desarrollaron en su empresa.

DEDICATORIA

Debo dedicar esta tesis a mi polola Carola por su amor, compañía y apoyo incondicional durante toda mi carrera ya que fue mi sustento y mi razón en los momentos difíciles y en aquellos que no lo fueron tanto.

A mis padres y hermanos ya que el amor, apoyo y fuerza que me entregaron hicieron que la distancia no fuera motivo de tristeza sino de esperanza en el regreso.

A mis amigos Sole, Vale, Dany, Elito, Karin, Varela, Sapete y Joseph por darme un lugar en sus corazones, acompañándome y apoyándome sin mas interés que el ser mis amigos.

A Don José Vergara y su familia por abrirme las puertas de su hogar sin esperar nada a cambio. Gracias por los consejos, ayuda y confianza que surgieron en los momentos que mas los necesité.

Por último a todos los Cochraninos que lograron acercar mi tierra Patagona ya sea en nuestros encuentros, conversaciones o simplemente con un mate en silencio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivos	12
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Generalidades	13
2.2 Características generales de <i>Eisenia foetida</i> (Savigny, 1826)	16
2.3 Reproducción	18
2.4 Alimentación	21
2.5 Características del estiércol	24
2.6 Proteína de lombriz	28
2.7 Dinámica de <i>Eisenia foetida</i> en el estiércol	29
2.8 Peso individual y densidad poblacional	30
III. MATERIAL Y MÉTODO	34
3.1 Lugar de estudio	34
3.2 Fecha y duración	34
3.3 Materiales	34
3.3.1 Invertebrado utilizado	34

3.3.2	Estiércol utilizado	35
3.3.3	Instrumentos	37
3.3.4	Equipos	38
3.3.5	Reactivos	39
3.3.6	Análisis químico	40
3.4	Método	42
3.4.1	Tratamientos	42
3.4.1.1	Densidad poblacional	42
3.4.1.2	Ambiente de crecimiento	43
3.4.2	Diseño experimental	43
3.4.3	Criterios y técnicas de evaluación	45
3.4.3.1	Variables en estudio	45
3.5	Análisis estadístico	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1	Peso individual	48
4.2	Longitud	51
4.3	Diámetro del clitelio	53

4.4	Cocones producidos	55
4.5	Biomasa	57
4.6	Mortalidad	58
V.	CONCLUSIONES	61
VI.	RESUMEN – SUMMARY	63
VII.	LITERATURA CITADA	65
VIII.	ANEXO	70

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Superficie anteroventral de la lombriz de tierra	19
2	Vista dorsal de estructuras internas anteriores de la lombriz de tierra	23
3	Composición de las fuentes productoras de estiércol en la Novena Región	27
4	Peso medio individual de <i>Eisenia andrei</i> (Bouché, 1972) en estiércol de cerdo a diferente densidad poblacional inicial.	33
5	Disposición de las excretas de bovino para ser sometidas al proceso de compostaje.	35
6	Temperatura registrada durante el proceso de compostaje.	36
7	Disposición de los recipientes con medio de cultivo.	43
8	Forma de medición variable peso individual.	45
9	Forma de medición variable longitud individual.	46
10	Forma de medición variable diámetro del clitelio.	46

11	Variación del peso individual observado en <i>Eisenia foetida</i> criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.	49
12	Variación de la longitud observada en <i>Eisenia foetida</i> criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.	52
13	Porcentaje de presencia del clitelio observado en <i>Eisenia foetida</i> criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.	54
14	Variación del diámetro del clitelio observado en <i>Eisenia foetida</i> criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.	54
15	Promedio de cocones producidos por <i>Eisenia foetida</i> criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.	56
16	Promedio de Biomasa registrada en <i>Eisenia foetida</i> criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.	59

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Clasificación taxonómica de <i>Eisenia foetida</i> .	16
2	Composición química de los principales desechos biodegradables usados en la alimentación de la lombriz <i>Eisenia foetida</i> .	26
3	Composición de la harina de lombriz ajustado en base seca.	28
4	Composición aminoacídica de la proteína de lombriz.	29
5	Valores de algunos parámetros fisicoquímicos registrados en el compost.	37
6	Densidades poblacionales obtenidas al incluir distintas cantidades de lombrices.	42
7	Pesos y longitudes individuales iniciales por tratamiento.	44
8	Tratamientos del estudio	44
9	Promedio de cocones por individuo registrado en <i>Eisenia foetida</i> en los distintos tratamientos.	56
10	Porcentaje de ganancia de biomasa respecto a la biomasa inicial y relación comparativa del tiempo necesario para obtener el máximo de biomasa entre tratamientos.	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Existencia de algunos recursos animales y producción diaria de estiércol y purines en la Novena región.	70
2	Ganancia de peso individual registrado en <i>Eisenia foetida</i> en los distintos tratamientos.	70
3	Tasa de incremento de peso individual (mg/día) registrado en <i>Eisenia foetida</i> en los distintos tratamientos.	71
4	Longitud (mm.) registrada en <i>Eisenia foetida</i> en los distintos tratamientos.	71
5	Diámetro del clitelio (mm.) registrado en <i>Eisenia foetida</i> en los distintos tratamientos.	72
6	Temperatura ambiental media diaria y precipitaciones registradas en Temuco desde Diciembre de 2003 hasta Febrero de 2004.	72
7	Temperatura semanal registrada en el campo experimental, al interior del invernadero y en los medios de cultivo.	74
8	Temperatura ambiental registrada en Temuco desde el 15 al 20 de Diciembre de 2003.	74
9	Radiación Solar registrada en Temuco desde el 15 al 20 de Diciembre de 2003.	75
10	Peso fresco de recipientes registrado en los distintos tratamientos dentro del invernadero el día 19 de Diciembre.	75

I. INTRODUCCIÓN

La lombricultura ha sido definida como una disciplina zootécnica preocupada de estudiar a algunas especies de oligoquetos que desempeñan roles ecológicos de primera importancia y por sobre todo, como recursos económicos capaces de transformar desechos en compuestos de gran riqueza biológica mineral y orgánica como el humus, y excedentes cárneos de alto valor proteico.

Dentro del gran número de especies de lumbricidos existentes en el mundo, probablemente la lombriz, comúnmente denominada, Roja Californiana (*Eisenia foetida*) ha sido la más estudiada y explotada comercialmente.

Los excedentes generados por *Eisenia foetida* posibilitan la obtención de ingresos económicos alternativos para quienes se dedican al rubro de la agricultura constituyéndose, además, como una solución para la gestión e integración de los procesos agrícolas y la disminución de las externalidades ambientales inherentes al rubro.

Es en este sentido que, se deben realizar los mayores esfuerzos para lograr que la lombricultura sea una actividad eficiente en el uso de los recursos y en la maximización de los beneficios.

En la Novena Región se han efectuado trabajos evaluando distintos excedentes silvoagrícolas y de procesos urbanos en la alimentación de *Eisenia foetida*, mostrando importantes resultados respecto del comportamiento productivo y de las propiedades transformadoras de esta lombriz. Por otro lado, se han registrado y evaluado algunas características ecológicas y del comportamiento de

este anélido bajo las condiciones climáticas de la Novena Región. No obstante, existe actualmente el imperativo de aumentar el conocimiento de algunos factores de manejo que no han sido estudiados y que cobran relevancia al tomar en cuenta la condición agro – ecológica y climática en que se enmarca la Región. Se debe considerar, además, la existencia de una cantidad importante de micro – empresas que se dedican al rubro de la lombricultura, y la potencialidad de su aplicación a la agricultura de subsistencia quienes demandarían esta información para alcanzar la necesaria eficiencia en la producción.

La presente investigación pretende ser un aporte para aumentar el conocimiento respecto de algunos factores de manejo que influyen en la reproducción, crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana. Los factores que han sido seleccionados son densidad poblacional y ambiente de crecimiento (aire libre e invernadero) ya que han mostrado en múltiples investigaciones una directa y comprobada acción sobre las tasas de reproducción, crecimiento y desarrollo de *Eisenia foetida*. Se pretende encontrar las relaciones que puedan tener estos factores, bajo las condiciones particulares de la Novena Región, sobre las variables que se han escogido como las más relevantes para la investigación. Estas variables son peso individual, longitud individual, diámetro del clitelio, número de cocones y biomasa y tienen real importancia en la producción de excedentes proteicos, de humus de lombriz en calidad y cantidad demandada por el mercado y, por último, de individuos para carnada de pesca.

1.1 Objetivos

Objetivo general

Evaluar del efecto de la densidad poblacional y el ambiente en el crecimiento, desarrollo, y reproducción de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Savigny, 1826).

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la densidad poblacional inicial sobre el crecimiento, desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Savigny, 1826).
2. Comparar el efecto de dos ambientes de crecimiento (invernadero y aire libre) sobre el crecimiento, desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Savigny, 1826).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades

Normalmente la lombriz roja es conocida en el ámbito comercial con el nombre de “californiana” porque fue en éste Estado de los EE.UU. donde se desarrollaron, a partir de los años 50, los primeros criaderos intensivos de lombrices (FERRUZZI, 1988).

Las bondades y habilidades de este anélido, no obstante ya habían sido descritas por Charles Darwin en 1882 en su último libro “La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices” y que él mismo describió en su autobiografía como “extraordinariamente apasionante”.

Posteriormente muchos investigadores han dedicado todos sus esfuerzos a crear de la *lombricultura*, definida por BASAURE (1995) como una iniciativa orientada a colaborar en el restablecimiento del equilibrio y la armonía de la naturaleza, una técnica biológica destinada a domesticar este anélido, obtener una rápida y masiva reproducción animal, producir humus de calidad para las plantas, reciclar materiales orgánicos y producir carne con alto valor proteico, entre otras.

FERRUZZI (1988) señala que actualmente los tipos de lombrices mas utilizados en la lombricultura intensiva son tres:

- Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida*
- Lombriz Roja *Lombricus rubellus*
- Rojo Híbrido o negra africana *Eudrillus eugeniae*

Entre estas lombrices señala como la más versátil y rentable a la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*. Las razones en que se fundamenta la mayor rentabilidad que origina esta lombriz roja, son las siguientes:

- Longevidad: vive aproximadamente unos 16 años
- Prolificidad: la lombriz roja puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.500 pequeñas lombrices anualmente.
- Deyecciones: abono orgánico con una riqueza en flora bacteriana de prácticamente el 100% (2×10^{12} colonias/g) con dos billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de humus producido.

DELGADO (1987) citado por BENAVIDES y VARGAS (1989) señala que las lombrices son animales saprófagos, es decir, se alimentan de desechos orgánicos que se encuentran o llegan al suelo, siendo esto, alimentos de tipo tradicional, como las hojas secas, plantas en descomposición, guano y cadáveres de animales. Por lo anterior juegan un papel importante en los procesos de mineralización de la fase orgánica y en la transformación de los minerales, creando condiciones óptimas para la nutrición y desarrollo vegetal, siendo menor el impacto ecológico en los ecosistemas debido a que oxigenan el suelo y sus excrementos se presentan como un abono fino (humus) para las plantas y semillas (CALLEJAS *et al.*, 1989).

Son múltiples los alimentos que las lombrices pueden utilizar para satisfacer sus necesidades de crecimiento y reproducción. Según GUNADI y EDWARDS (2003) existen tres principales clases de desechos orgánicos usados en la lombricultura; desechos animales, desechos vegetales y desechos urbanos. Entre los desechos animales que han sido utilizados como principales substratos alimenticios para *Eisenia foetida* se pueden mencionar: estiércol bovino (JADRIJEVIC *et al.*, 1991; LEÓN *et al.*, 1992; GUNADI y EDWARDS, 2003), estiércol ovino (EDWARDS *et al.*, 1985), estiércol de conejo (JADRIJEVIC *et al.*, 1989), estiércol de cerdo (GUNADI y EDWARDS, 2003; JADRIJEVIC *et al.*, 1989;

LEÓN *et al.*, 1992), estiércol caprino (JADRIJEVIC *et al.*, 1991), estiércol de caballo (HARTENSTEIN, 1981), estiércol de ave (LEÓN *et al.*, 1992), contenido ruminal y sangre de vacuno (BENAVIDES y VARGAS, 1989), entre otros. También se han realizado estudios en los cuales se han utilizados residuos vegetales como restos de hortalizas (CASTILLO *et al.*, 2000; GUNADI y EDWARDS, 2003), y mezclas de estiércoles de ave, vacuno, conejo, cerdo y caballo con aserrín de *Pinus radiata* deslignificado (CALLEJAS *et al.*, 1989). Otras mezclas de residuos animales y vegetales para la alimentación de *Eisenia foetida* fueron evaluadas por CASTILLO *et al.* (2000). DOMÍNGUEZ *et al.* (2000), por su parte, alimentaron a *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) con papel y SANTAMARÍA - ROMERO *et al.* (2001) utilizaron estiércol de conejo, residuos de podas de jardín y paja de avena agotada en cultivos de hongos comestibles en la alimentación de este anélido.

Eisenia foetida es un tipo de anélido con la capacidad de metabolizar los excedentes antes mencionados y convertirlos en humus y excedentes cárneos. La biomasa de excedentes cárneos puede ser extraída y transformada en una rica fuente de proteína no tradicional. En Chile la carne de lombriz se utiliza, aunque en forma experimental, en dietas animales en forma de harina. En otros países con mayor adelanto tecnológico (Japón, Taiwan, entre otros), se ha incorporado la harina al consumo humano, siendo muy cotizada por su alto valor biológico. La harina también ha sido utilizada en las industrias para la elaboración de antibióticos, antidotos y constrictores vaso sanguíneos (CALLEJAS *et al.*, 1989).

2.2 Características generales de *Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

CUADRO 1. Clasificación taxonómica de *Eisenia foetida*

Phylum	Anélidos
Clase	Chaetopoda
Orden	Oligoquetos
Sección	Celomados
Familia	Lumbricidae
Nombre científico	<i>Eisenia foetida</i> (Savigny, 1826)

Fuente: STORER *et al.*, 1982.

SILVA (1985) citado por BENAVIDES y VARGAS (1989) señala que experimentos realizados en un buen número de lumbricidos presentes en Europa, Estados Unidos, Australia y Europa demuestran que *Eisenia foetida* es una especie eurífaga, esto es que se ubica dentro del conjunto de especies de más amplio rango alimentario, desde el detritus orgánico vegetal hasta los coprolitos animales (estiércol vacuno, de cerdo, oveja, cabra, etc.).

Las lombrices de tierra pueden ser clasificadas en tres grupos morfo - ecológicos. *Eisenia foetida* se clasifica dentro del grupo de especies de denominadas epígeas las cuales viven en horizontes orgánicos e ingieren una gran cantidad de litera descompuesta. Estas especies producen madrigueras momentáneas en el suelo sólo por algunos intervalos de tiempo. Además están relativamente expuestas a las fluctuaciones climáticas y presiones de depredación, y tienden a ser pequeñas con altas tasas de reproducción (WERNER, 1990).

Eisenia foetida es de color rojizo en su parte superior y blanquecina en su vientre. Su cuerpo es cilíndrico y alargado, adelgazándose a ambos lados y terminando en un extremo romo, siendo ligeramente deprimido en la zona posterior, y el lado ventral es aplanado en relación a la superficie dorsal y no tiene cabeza definida (STORER *et al.*, 1982). La parte exterior de su cuerpo esta formada por una cutícula que recubre la epidermis. En ella se observan glándulas que secretan mucus, el cual permite mantener húmeda y flexible la cutícula, en la cual se encuentran los poros de numerosas células sensitivas (BASAURE, 1995).

Anatómicamente la característica central de *Eisenia foetida*, como de todo el phylum anélido, es la división del cuerpo en segmentos. Tanto los órganos como la pared corporal adquieren la forma de segmentos separados en tabiques transversales. En varios segmentos se repiten órganos corporales como musculatura, nervios e incluso órganos de excreción y gónadas, el único sistema no afectado es el digestivo, ya que se extiende atravesando cada uno de los segmentos (CALLEJAS *et al.*, 1989).

El cuerpo de la lombriz adulta esta constituido por un total de 95 anillos o somitos (BASAURE, 1995) aunque STORER *et al.* (1982) señalan que el cuerpo del gusano maduro esta dividido en unos 115 a 200 segmentos. POBLETE y RUIZ (1989), por su parte, contaron en la Novena Región, 94 (? 12) segmentos. Cada anillo, salvo en el primero y en el último se distinguen cuatro pares de diminutas quetas o cerdas que le permiten su desplazamiento. Entre el anillo 32 y el 37 se observa un ensanchamiento corporal denominado clitelio (ver Figura 1), el cual cumple importantes funciones en el proceso reproductivo (BASAURE, 1995). El clitelio o *clitellium* sólo se puede observar en las lombrices adultas y da fe de que estas han llegado a su madurez sexual (FERRUZZI, 1988). En el momento de la expulsión de los huevos o cocones el clitelio secreta una sustancia para alojar los huevos (STORER *et al.*, 1982).

2.3 Reproducción

Esta variedad de anélidos es hermafrodita dependiente y alcanza la madurez sexual entre el tercer y quinto mes de edad (VELÁSQUEZ, 1987) alcanzando, según estudios realizados por POBLETE y RUIZ (1989), en la Novena Región una longitud de 47,4 (? 7,5) mm y un peso de 0,406 (? 0,140) gr. El hecho de ser hermafrodita implica que cada lombriz esta dotada de un aparato genital masculino y de un aparato genital femenino (FERRUZZI, 1988).

El aparato reproductor masculino comprende dos pares de testículos alojados en el segmento 10 y 11. Los testículos comunican con tres pares de voluminosas vesículas seminales, en las cuales completan su desarrollo los espermios. El aparato reproductor femenino, está formado por un par de ovarios alojados en el anillo 13. Una vez maduros los óvulos caen dentro de las boquillas ciliadas que se prolongan por dos oviductos, los cuales se abren hacia el exterior a través de los orificios genitales femeninos o gonoporos, situados en el anillo 14 (STORER *et al.*, 1982).

La cópula en los oligoquetos es la transferencia mutua y dirigida del esperma. Las superficies ventrales de los gusanos se ponen en contacto, con la parte anterior de uno de ellos dirigida hacia la parte posterior del otro. Durante la copula, en los lumbricidos, el clitelio de uno de los gusanos, situado posteriormente se fija a los segmentos que contienen las espermatecas del otro individuo. La fijación se realiza mediante un tubo viscoso y las sedas genitales. Con la emisión del esperma, ciertos músculos de la pared del cuerpo de los segmentos posteriores a los gonoporos masculinos se contraen y forman un par de surcos espermáticos ventrales que se extienden posteriormente hasta el clitelio (ver Figura 1). Puesto que estos tubos están cubiertos por un tubo viscoso, el esperma pasa a través de un canal cerrado (RUPERT y BARNES, 1996).

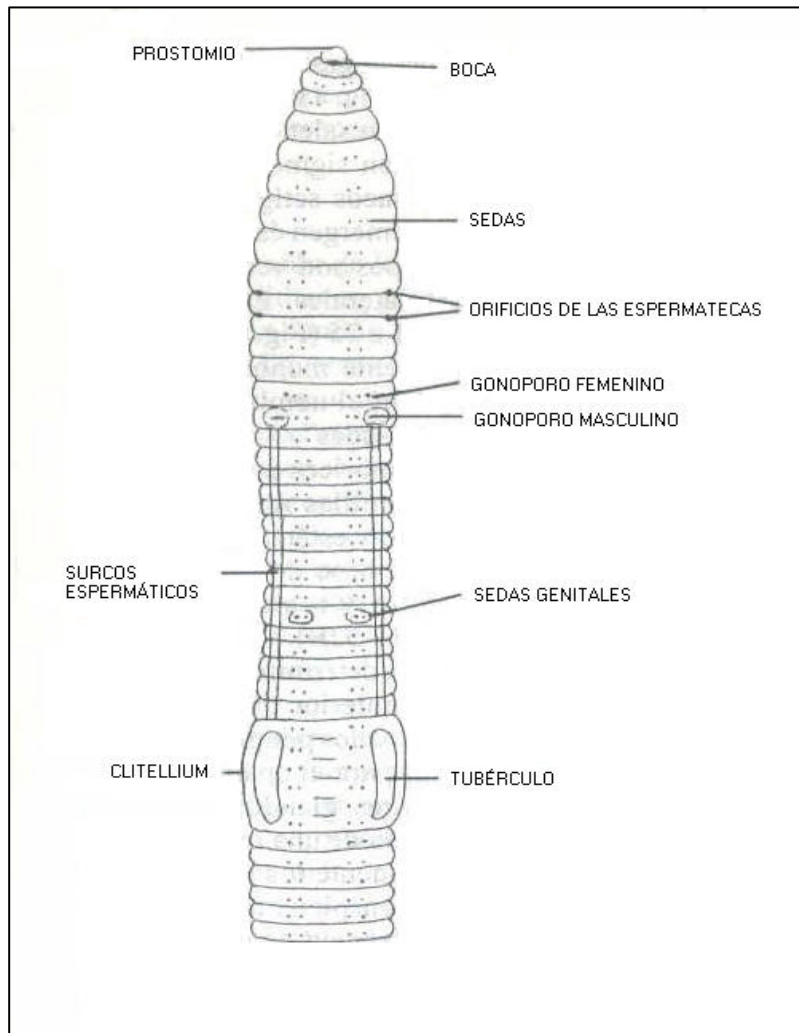


FIGURA 1. Superficie anteroventral de la lombriz de tierra. Fuente: RUPERT y BARNES, 1996.

Esta copulación tiene un periodo de duración de dos (HERNÁNDEZ *et al.*, 1997) a cuatro horas (BASAURE, 1995) y sólo se realiza durante las horas nocturnas, aunque también se ha observado que pueden copular en horas diurnas. Posteriormente cada lombriz expulsa una cápsula o huevo la cual eclosiona aproximadamente a los 17 días (HERNÁNDEZ *et al.*, 1997) teniendo un rango de 14 a 21 días (VELÁSQUEZ y HERRERA, 1985 ; FERRUZZI, 1988). POBLETE y RUIZ (1989) encontraron que en la Novena Región *Eisenia foetida*

presentó una media de eclosión a los 47 (? 10) días. En este sentido conviene señalar que *Eisenia foetida* deposita la mayoría de sus huevos o cocones en las capas superficiales del sustrato (REINECKE y VILJOEN, 1990). Al menos el 82% de los cocones producidos en los experimentos realizados por REINECKE y VILJOEN (1991), fueron depositados en los 6 cm superiores del sustrato y el 93% de todos los cocones producidos fueron colectados en los 10 cm superiores. Esto se relaciona con la condición epígea de la lombriz y por ende los huevos se ven evidentemente expuestos a las condiciones ambientales.

HERNÁNDEZ *et al.* (1997) citando a GALVIS (1991) señala que cada huevo contiene un promedio de 12 lombrices, no obstante el mismo autor trabajando bajo condiciones de clima cálido, encontró un promedio de 2,3 lombrices por cápsula. Esta cifra coincide con lo encontrado por POBLETE y RUIZ (1989) en condiciones del clima mediterráneo de la Novena Región quien obtuvo un promedio de 2,5 (? 1,5) lombrices por huevo.

FUENTES (1982) citado por HERNÁNDEZ *et al.* (1997) señala que la máxima actividad sexual se logra cuando la temperatura del medio donde habita oscila alrededor de los 20° C. ya que el calor excesivo es perjudicial para la lombriz. Al respecto SANTAMARÍA – ROMERO *et al.* (2001) encontraron que la temperatura del medio varía de acuerdo con la temperatura promedio diaria dependiendo del avance del proceso de descomposición. BENAVIDES y VARGAS (1989) trabajando con lombrices alimentadas con sangre y contenido ruminal bajo las condiciones climatológicas de la Novena Región, encontraron que en la época de primavera – verano los ejemplares de *Eisenia foetida* tienen su mayor periodo de reproducción. Similares resultados fueron obtenidos por POBLETE y RUIZ (1989) quienes señalan que *Eisenia foetida* presenta una ovipostura en verano y primavera (enero – marzo y septiembre – noviembre), con mayor frecuencia en marzo y septiembre con una media de 86 ootecas por periodo reproductivo.

Este phylum no presenta fase larvaria, por lo tanto la ruptura de los huevos dará lugar a lombrices plenamente formadas y totalmente suficientes pesando menos de 1 mg, considerados ejemplares inmaduros hasta el tercer a quinto mes de eclosionado el huevo (VELÁSQUEZ, 1987).

2.4 Alimentación

Como se señaló anteriormente estos animales son saprófagos, ya que su alimentación se basa en residuos biodegradables, consumiendo desde el detritus orgánico hasta las coprólitas animales, teniendo máxima preferencia por estas últimas, lo que las individualiza de las demás especies (CALLEJAS *et al.*, 1989). La mezcla de restos orgánicos ingeridos por las lombrices, se ve sometida a diversos procesos durante el paso intestinal y luego evacuada en forma de heces (VELÁSQUEZ, 1987).

El aparato digestivo es recto y relativamente simple. La boca situada por debajo del prostomio, se abre en una pequeña cavidad bucal, que a su vez se comunica con una faringe más amplia. La pared dorsal de la cámara faríngea es muscular y glandular, y forma un bulbo o cojinete que constituye el principal centro de ingestión. En las lombrices de tierra la faringe actúa como una bomba aspirante. Las glándulas faríngeas producen una secreción salival que contiene sustancias mucosas y enzimas (RUPERT y BARNES, 1996). La faringe se sitúa en los anillos 4º y 5º; el esófago entre los anillos 6º y 14º y corresponde a un órgano recto y alargado en el cual desembocan a cada lado tres pares de glándulas calcíferas denominadas “glándulas de Morren” (BASAURE, 1995) que son órganos especiales de regulación de los equilibrios iónicos del medio interno del oligoqueto. A menudo ellas regulan el equilibrio ácido – base y en presencia de exceso de CO₂ lo combina con el calcio presente en la sangre, para formar cristales insolubles de carbonato de calcio, los cuales son secretados en el

esófago. Este proceso es conocido como mineralización (BENAVIDES y VARGAS, 1989) y provee a las lombrices de la capacidad de influir en el pH de los medios corrigiendo valores de pH muy altos o manteniendo la neutralidad en aquellos medios que la presentan (JADRIJEVIC *et al.*, 1991).

El esófago esta modificado en diferentes niveles para formar un buche (RUPERT y BARNES, 1996). En el buche el alimento se almacena temporalmente, pasando a la molleja para ser triturado mediante una acción muscular y con la ayuda de granos de arena (ver Figura 2). Finalmente la materia orgánica ingerida pasa al tubo digestivo donde la acción de enzimas secretadas por la propia lombriz y de mas de 500 mil millones de microorganismos que se encuentran presentes, permiten que aproximadamente un 20% de los materiales digestivos sean absorbidos para la mantención corporal del animal y un 80% sean transformados en humus, material que es excretado por la lombriz (BASAURE, 1995). Otras investigaciones, citadas por BENAVIDES y VARGAS (1989), han demostrado que alrededor de un 40% del alimento entregado a las lombrices es convertido en humus.

El humus, cuyo significado etimológico en griego antiguo es “cimiento”, está compuesto principalmente por C, O, H, N y en menos proporción de oligoelementos, no presenta una composición química cuantitativamente estable (VELÁSQUEZ, 1987).

Químicamente el humus de lombriz presenta características coloidales, debido al pequeño tamaño de sus partículas, gran área de dispersión por unidad de masa y la presencia en su superficie de cargas eléctricas negativas. A causa de la acción coersiva que las cargas eléctricas generan a su alrededor, los cationes y las moléculas de agua son fácilmente retenidas por estos coloides. Esta retención se realiza a bajo nivel energético, lo cual hace posible que las plantas puedan absorber fácilmente, desde la superficie de los coloides, agua y elementos

nutritivos. Por otra parte, la existencia de cargas eléctricas en la superficie de las partículas húmicas, sirve de puente de contacto entre los agregados de suelo, ayudando de esta manera a mantener una estructura granular estable, tan deseable por el aspecto poroso y facilidad de laboreo que le confiere al suelo (BASAURE, 1995).

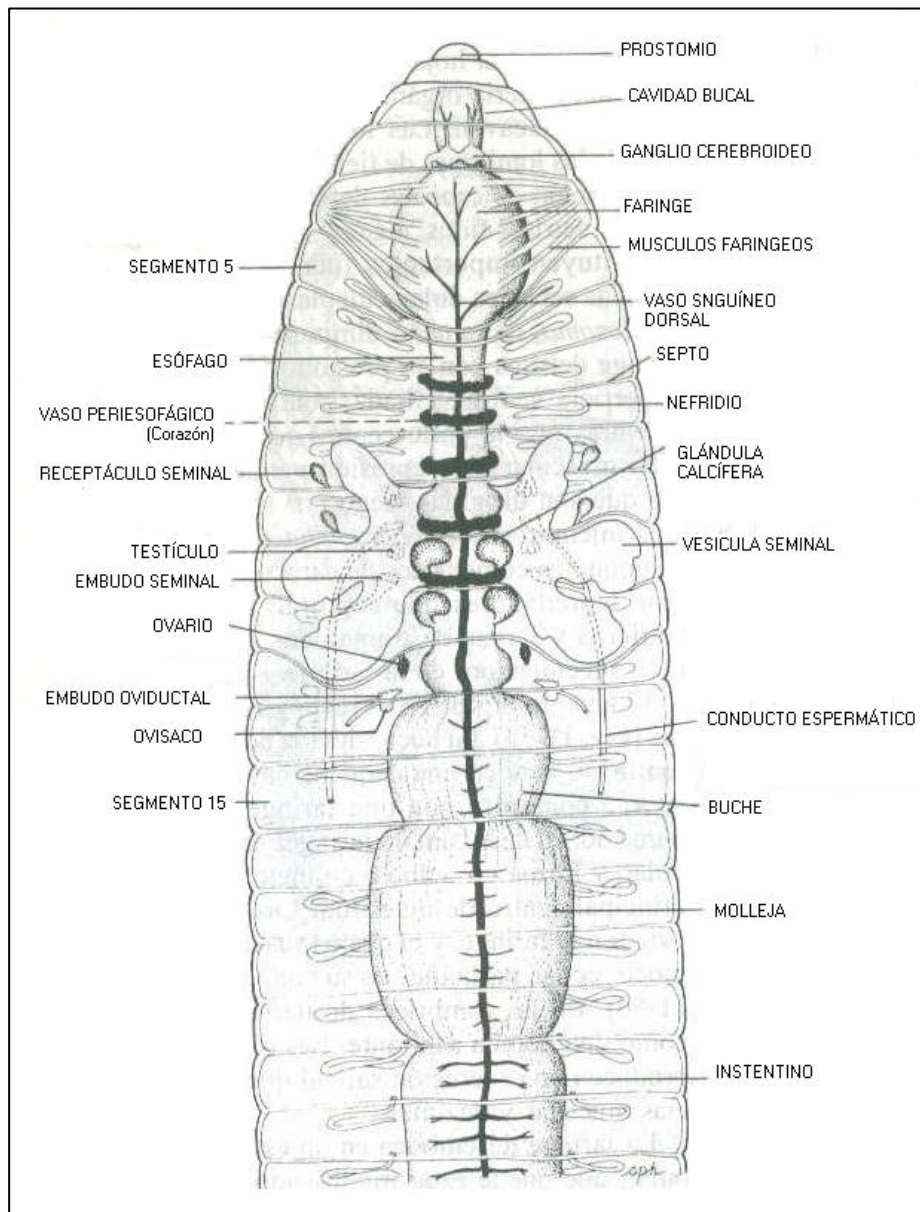


FIGURA 2. Vista dorsal de estructuras internas anteriores de la lombriz de tierra

El humus de lombriz por su perfecto equilibrio e inmediata disponibilidad que ofrece de los macroelementos N – P – K a los vegetales, la gran cantidad de microelementos que posee, sobre todo, la gigantesca carga bacteriana que contiene, se caracteriza por ser un enriquecedor de suelos (BASAURE, 1995). Además el humus se caracteriza por comportarse como una hormona estimuladora del crecimiento vegetal, ya que se conoce que 1 mg/l de humus es equivalente en actividad a 0,01 mg/l de A.I.A. (Ácido indol acético) (VELÁSQUEZ y HERRERA, 1985).

2.5 Características del estiércol

El estiércol (guano) es una rica y compleja sustancia formada principalmente por: celulosa (apetecible y degradable por las lombrices) y agua. También contiene una variada población de microorganismos, los cuales intervienen en la descomposición del estiércol, traduciéndose en bióxido de carbono, nitratos, nitritos, amoníaco, metano y agua, acompañado por la síntesis de compuestos húmicos de alto peso molecular, en cuyos procesos también participan pequeños animales invertebrados, larvas e insectos. (CALLEJAS *et al.*, 1989).

De acuerdo con EDWARDS (1988), las condiciones óptimas para el cultivo de *Eisenia foetida* en un rango de residuos animales y vegetales son temperaturas de entre 15 – 20° C, un contenido de humedad de 80 a 90%, condiciones aeróbicas, contenidos amoniacales inferiores a 0,5 mg/g, contenidos en sales inferiores a 0,5% y un pH de 5 a 9. BASAURE (1995) agrega que el nivel de proteínas adecuado se encuentra entre 7,5 a 13% con un óptimo de 13% y que la conductividad eléctrica encuentra su óptimo en los 2,5 mmhos/cm presentándose peligro de muerte con niveles superiores a 8,0 mmhos/cm. Para lograr las condiciones óptimas se requiere someter al alimento a un proceso de

estabilización en las cuales se obtengan los niveles tolerables para las lombrices (CASTILLO *et al.*, 2000). A este proceso de estabilización se le conoce como compostaje y consiste en un proceso de descomposición biológica oxidativa de los constituyentes orgánicos de los materiales de desecho, que se lleva a cabo bajo condiciones controladas sobre sustratos sólidos orgánicos heterogéneos, originando un producto que representa grandes beneficios cuando es adicionado al suelo (Compost). El compostaje intenta recrear las condiciones que podrían ocurrir en un sistema no perturbado, donde la materia orgánica se acumula sobre la superficie del suelo. Dependiendo de las variaciones en la temperatura del sistema el proceso puede ser dividido en cuatro etapas: mesofílica, termofílica, enfriamiento y madurez. Ya que el compostaje es un proceso exclusivamente biológico, puede afirmarse que resulta afectado por todos los factores que influyen directa o indirectamente en el metabolismo microbiano; así los aspectos más importantes que deben ser considerados para llevar a cabo el proceso de compostaje son: El sustrato, la aireación, la temperatura, la humedad, el pH y la relación C/N (FARÍAS *et al.*, 1999).

Los residuos pre – compostados podrían ser más aceptables y causar menos mortalidad a las lombrices, debido a que pueden contener menos componentes potencialmente tóxicos tales como amonio o sales en los estiércoles animales, o taninos y ácidos en desechos verdes. El pre – compostaje agrega algo más de tiempo al proceso pero podría salvaguardar el crecimiento y sobrevivencia de las lombrices, no obstante, este proceso podría decrecer la cantidad de alimento disponible para el crecimiento y reproducción de *Eisenia foetida* (GUNADI *et al.*, 2002).

Cuando el proceso de compostaje involucra la participación de lombrices como *Eisenia foetida* o *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) u otras denominadas composteras se llama entonces proceso de vermicomposteo o lombricomposteo (SANTAMARÍA - ROMERO *et al.*, 2001).

GUNADI *et al.* (2002) señalan que existe poca información concerniente al crecimiento y fecundidad de *Eisenia foetida* en estiércoles animales después de diferentes tiempos de compostaje. Estos autores no encontraron un patrón claro del efecto del pre – compostaje en el crecimiento y reproducción de *Eisenia foetida*, no obstante señalan que pre – compostajes por tiempos limitados aparecen como favorables para el crecimiento de las lombrices.

La composición de los diferentes residuos biodegradables utilizados en la alimentación de *Eisenia foetida* principalmente del estiércol depende de parámetros como: Humedad, orina incluida, grado de descomposición, pérdidas sufridas a través del manejo y almacenamiento, tipo de animal, edad, clase de alimento que ingiere, etc. (CALLEJAS *et al.*, 1989). Una aproximación de la composición de los distintos estiércoles se presenta en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Composición química de los principales desechos biodegradables usados en la alimentación de la lombriz *Eisenia foetida*

Materia orgánica	% Proteína	% Fibra bruta	% Ceniza
Estiércol de bovino	7,1	28,0	20,9
Estiércol de conejo	22,6	39,9	9,7
Estiércol de gallina	24,1	20,0	23,7
Estiércol de ovino	15,6	28,6	12,3
Estiércol de porcino	13,3	4,3	19,7

Fuente: BASAURE, 1995.

Respecto de la disponibilidad de este recurso, CALLEJAS *et al.* (1989) señalan que la cantidad de guano excretado por un animal depende de la cantidad y digestibilidad del forraje y del agua que contienen las fecas. En la Novena Región

la presencia de una gran producción diaria de estiércol bovino que alcanza a las 22.431 toneladas (Anexo 1) hace que este recurso sea de completa disponibilidad para la crianza de lombrices (Figura 3).

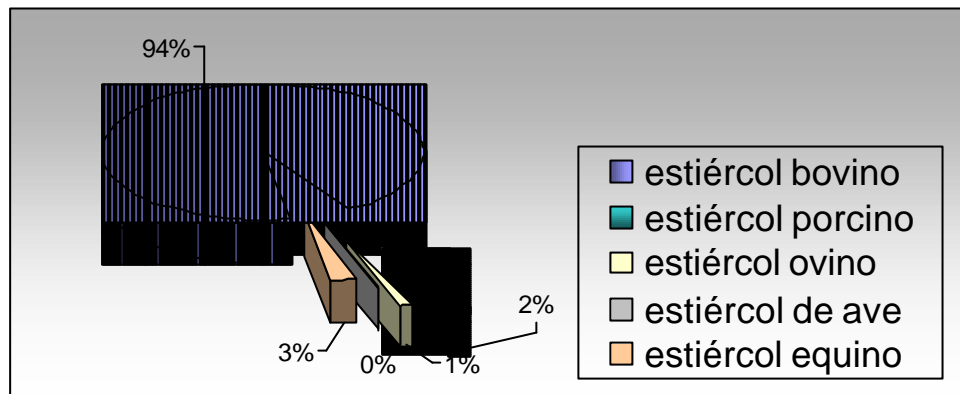


FIGURA 3. Composición de las fuentes productoras de estiércol en la Novena Región. Elaboración propia

La existencia de problemas colaterales debido a la presencia de estiércol en vacas de lechería ha sido bien analizada por CALLEJAS *et al.* (1989). Estos autores señalan que el área cubierta por guano por vaca al día puede variar de 0,45 a 1,1 m², dependiendo del consumo de alimento, asumiendo que no hay descomposición, traslapeo ni distribución de bostas. Por otra parte, manifiestan que el área cubierta por guano en un año variará entre los 160 – 400 m² no obstante, el área de pradera rechazada por el animal es mucho mayor pudiendo ser dos veces más, según la presión de pastoreo. Además, señalan que se ha encontrado que el porcentaje de pradera rechazada es mayor a fines de primavera que al término del otoño. Teóricamente existirían 12.882 a 31.498.6 hás. en la Novena Región que estaría siendo cubierta anualmente por bostas, si no se descompusieran y fueran traslapadas.

2.6 Proteína de lombriz

Como se señaló anteriormente, *Eisenia foetida* es capaz no tan sólo de producir humus de calidad sino que en el proceso se generan excedentes cárneos de alto valor proteico. Según FERRUZZI (1988) la carne de lombriz contiene del 64% al 82 % de proteína. Estos valores de proteínas están dentro del rango observado por CALLEJAS *et al.* (1989) quienes, al alimentar a *Eisenia foetida* con diferentes residuos silvoagropecuarios de la Novena Región, encontraron un porcentaje de 72% de proteínas con una variación del 2,6 % (Cuadro 3). Estos autores, al comparar sus resultados con los obtenidos por VELÁSQUEZ (1986) señalan que no hay diferencias significativas en el nivel de proteínas y de otros componentes de la harina de lombriz al alimentar a *Eisenia foetida* con diferentes alimentos y en distintas condiciones climáticas (Novena Región y Región Metropolitana). Sin embargo LEÓN *et al.* (1992) señalan rangos del nivel de proteína más austeros de entre el 58% al 71%. Estos investigadores observan que en la proteína de la lombriz existe un alto contenido de aminoácidos esenciales. CALLEJAS *et al.* (1989) señalan que los aminoácidos esenciales son incluso mayores a las requeridas por el ser humano. En los Cuadros 3 y 4 se presentan respectivamente la composición de la harina de lombriz y la composición aminoacídica de la proteína de lombriz.

CUADRO 3. Composición de la harina de lombriz ajustado en base seca

COMPONENTES	BASE SECA %
Proteínas	72,06
Lípidos	9,48
Cenizas	9,05
F. cruda	1,4
Carbohidratos	1,29
N no Proteico	6,15

Fuente: CALLEJAS *et al.* (1989).

CUADRO 4. Composición aminoacídica de la proteína de lombriz

COMPONENTES	gr. Aminoácidos en 100 gr. De Proteína
Lisina	12,51
Histidina	2,51
Arginina	7,03
Triptófano	0,29
Acido aspártico	11,01
Treonina	3,7
Serina	3,3
Acido glutámico	13,57
Prolina	4,47
Glicina	5,22
Alanina	5,54
Cisteína	4,23
Valina	6,14
Metionina	1,53
Leucina	7,39
Tirosina	3,23
Fenilalanina	3,54

Fuente: BASAURE, 1995.

2.7 Dinámica de *Eisenia foetida* en el estiércol

La cantidad de excedente carneo está lógica y directamente relacionado con la biomasa que se obtiene del sistema. La biomasa consiste en la masa de lombrices (expresada en unidades de peso) en una determinada cantidad de medio (expresada en unidades de peso o de volumen). A medida que aumenta el número de individuos la relación biomasa: número de lombrices se hace mas

estrecha (SANTAMARÍA – ROMERO *et al.*, 2001). Es bien sabido, además que el recurso alimenticio influye no sólo en el tamaño de las lombrices sino también su tasa de crecimiento y reproducción (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2000). NEUHAUSER *et al.* (1980) encontraron que *Eisenia foetida* gana peso a tasas dependientes del tipo de alimento y de la densidad de población. Al respecto conviene señalar que en los trabajos realizados en la Novena Región se han observados densidades de entre 15.600 a 16.800 individuos/m² en estiércol bovino y de ave con valores intermedios para el estiércol de cerdo (CALLEJAS *et al.*, 1989) y 9.525 individuos/m² en mezcla de estiércol Bovino y contenido ruminal (BENAVIDES y VARGAS, 1989)

La disponibilidad de alimento a sido explicada por HARTENSTEIN (1981) quien señala que para *Eisenia foetida* la capacidad de carga (máxima biomasa que puede soportar el sistema) es alrededor de 6,4 g/110 ml de medio de cultivo, utilizando una biomasa promedio inicial de 1,82 gr.. NDEGWA *et al.* (2000) trabajando con diferentes densidades iniciales y distintas tasas de alimentación obtuvieron que una densidad inicial de 1,6 Kg. de lombrices/m² y una tasa de alimentación de 1,25 kg. de alimento/kg. de lombrices/día resulta en la más alta bioconversión de sustrato en biomasa de lombrices.

2.8 Peso individual y densidad poblacional.

Por otro lado, como ya se ha señalado las condiciones de Humedad y temperatura son determinantes en las tasas de reproducción (FERRUZZI, 1988) crecimiento (DOMÍNGUEZ y EDWARDS, 1997) y desarrollo (SANTAMARÍA – ROMERO *et al.*, 2001). Con respecto a estas variables algunas investigaciones han demostrado que el peso individual de *Eisenia foetida* disminuye cuando utiliza energía en la reproducción (CLUZEAU *et al.*, 1992; LEÓN *et al.*, 1992). SANTAMARÍA – ROMERO *et al.*, (2001) confirman esta relación en *Eisenia andrei* (Bouché, 1972). HARTENSTEIN (1979) citado por LEÓN *et al.* (1992) indica que

otro aspecto que podría influir en el crecimiento y la fecundidad de *Eisenia foetida* es la perturbación semanal o bisemanal de los medios de cultivo sin afectar seriamente la sobrevivencia de los individuos.

El peso individual ha sido estudiado por diversos autores. FERRUZZI (1988) señala que la lombriz adulta pesa casi un gramo. POBLETE y RUIZ (1989), han encontrado que la longitud y el peso *Eisenia foetida* bajo condiciones naturales en la Novena Región presentan un crecimiento lineal a través del tiempo llegando a estabilizarse a partir de la 24ava semana de vida. Como se señaló anteriormente, estos investigadores registraron una longitud media de 47,4 mm y un peso medio de 0,406 gr.. Además señalan que la máxima longitud media registrada es de 64 mm. y el máximo peso medio registrado alcanzó los 0,585 gr.

BARLEY (1959) citado por JADRIJEVIC *et al.* (1991) señala que las lombrices consiguen su mayor ganancia de peso en guanos animales. DOMÍNGUEZ *et al.* (2000) citan a varios autores con respecto a las tasas de crecimiento de *Eisenia foetida*, de éstos, los valores más relevantes son rangos de entre 7 a 19 mg/lombriz/día cuando las lombrices fueron criadas en 250 con estiércol de caballo a densidades de 3 a 16 por contenedor. LEÓN *et al.* (1992) obtuvo un aumento de 2,5 veces el peso inicial en *Eisenia foetida* al cabo de 12 semanas en mezclas de compost y excreta de cerdo y de bovino, es decir, de entre 0,325 a 0,525 gramos aproximadamente. El mayor peso individual se obtuvo en el tratamiento con excreta de cerdo al 50% con una renovación del medio a la 5ª semana. GUNADI *et al.* (2002) trabajaron con distintos tiempos de pre – compostaje de estiércol bovino, evaluando su efecto en el crecimiento y fecundidad de *Eisenia foetida* durante seis meses. Según sus resultados el más rápido crecimiento se obtuvo en el medio sin pre – compostaje y fue de 7,9 mg/lombriz/día logrando el mayor peso medio individual (332,8 ? 42,7 mg) con un 20% de mortalidad. No obstante, tuvieron similares tasas de crecimiento después de 4 semanas de pre – compostaje con un 13% de mortalidad. Estos autores

además señalan que el máximo peso individual observado fue de 500 mg.. GUNADI y EDWARDS (2003) alimentando a *Eisenia foetida* con 8 diferentes residuos orgánicos durante 23 semanas, encontraron que los más rápidos crecimientos en los primeros tres meses de experimentación fueron de 8,5 mg/día en sólidos de cerdo adulto, y de 7,8 en sólidos de cerdo hembra obteniendo máximos pesos individuales medios de 784,7 ± 54,6 y 669,3 ± 87,9 mg y una mortalidad de 75 y de 22% respectivamente. Los estiércoles de bovino seleccionados y pre – compostado obtuvieron tasas de crecimiento de 4,6 y 4,7 mg/día con pesos máximos medios de 388,5 y 401,2 mg respectivamente. Por otro lado experimentaron la adición de un nuevo sustrato consiguiendo aumentar el peso individual hasta en sólidos de cerdo adulto. Sin embargo, una tercera adición de sustrato produjo la muerte de los individuos. Es importante señalar que el máximo peso individual registrado fue cercano a los 1200 mg en sólidos de cerdo adulto con la segunda adición de sustrato.

El peso individual es también afectado por la densidad poblacional inicial como fue demostrado por DOMÍNGUEZ y EDWARDS (1997) en *Eisenia andrei* (Bouché, 1972). En este estudio claramente se demostró que a diferentes densidades poblacionales iniciales las lombrices que se desarrollaron a altas densidades crecieron mas lentamente y con un menor peso corporal final, no obstante, el peso total de la biomasa producida por unidad de estiércol fue mayor que en densidades iniciales menores. Este estudio esta de acuerdo con los resultados de REINECKE y VILJOEN (1990). La maduración, por otro lado, también fue afectada por la densidad poblacional inicial mostrando, los individuos, un desarrollo del clitelio en diferentes tiempos, pese a ser de la misma edad. Un acercamiento más acabado al trabajo de DOMÍNGUEZ y EDWARDS (1997) se puede obtener al observar el Figura 4.

La densidad poblacional ha sido estudiada por BOHLEN *et al.* (1995) en gusanos de tierra como *Lombricus terrestris* y *Aporrectodea tuberculata*, en el

sentido de poder ser manipulada. Estos autores investigaron el método de golpes eléctricos y la colecta de gusanos desde el campo experimental encontrando que estos métodos son efectivos para controlar densidades poblacionales con resultados variables dependiendo de la humedad, tipo, pH y conductividad del suelo. Señalan, además, que la técnica de golpes eléctricos presenta ventajas sobre los tratamientos químicos ya que tienen un mínimo efecto sobre otros invertebrados que habitan el suelo y no deja residuos tóxicos.

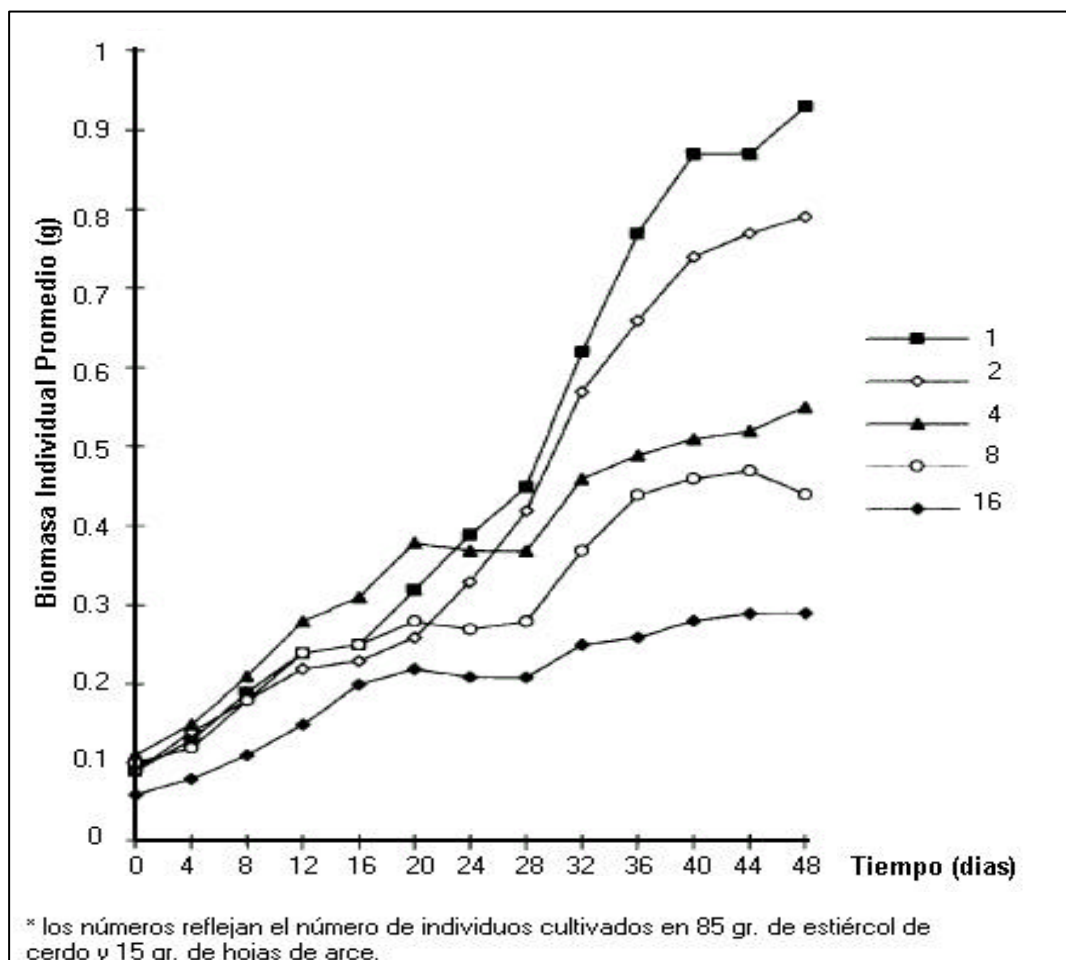


FIGURA 4. Peso medio individual de *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) en estiércol de cerdo a diferente densidad poblacional inicial. Fuente: DOMÍNGUEZ y EDWARDS (1997).

III. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Lugar de estudio

El estudio se realizó en el Predio de la empresa de lombricultura ANWANDTER y CIA. LTDA. ubicada a 23 kilómetros de Temuco camino a Cunco. Los análisis químicos se llevaron a cabo en el laboratorio bromatológico de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Temuco y en el laboratorio de Análisis de Suelos de la misma Institución.

3.2 Fecha y duración

El experimento se realizó en los meses de primavera y verano del año 2003 (Noviembre – Febrero) por un periodo de cuatro meses considerando el acondicionamiento del alimento (compostaje) y la evaluación del crecimiento del anélido.

3.3 Materiales

3.3.1 Invertebrado utilizado

El invertebrado utilizado corresponde a *Eisenia foetida*, denominado comúnmente “lombriz roja californiana”. Los anélidos fueron facilitados por la empresa ANWANDTER y CIA. LTDA. Se eligieron individuos juveniles utilizando como criterio la presencia o ausencia del clitelio (FERRUZZI, 1988).

3.3.2 Estiércol utilizado

El estiércol correspondió a excretas de bovino frescas recogidas sobre piso de tierra de una explotación agrícola privada vecina al lugar de estudio. Los animales correspondieron a vacunos de distintas edades alimentados con pradera natural. El estiércol bovino es el principal recurso alimenticio utilizado por la empresa.

El estiércol se sometió a un proceso de compostaje con el objeto de lograr su estabilización (CASTILLO *et al.*, 2000). La disposición de las excretas se hizo amontonando 85 kilogramos de estiércol agregándole 15 kilogramos de ballica (*Lolium multiflorum*) para proveer de fibra al alimento y espolvoreando cal agrícola para conseguir una neutralización del pH (EDWARDS, 1988). El estiércol fue aireado para favorecer el proceso de compostaje cada 5 días (FARÍAS *et al.*, 1999). El proceso de compostaje duró 17 días, periodo en el cual se controló la humedad regando periódicamente mediante aspersiones con agua de pozo de manera de mantenerla cercana al 75% (CALLEJAS *et al.*, 1989).



FIGURA 5. Disposición de las excretas de bovino para ser sometidas al proceso de compostaje.

La temperatura fue registrada diariamente y el compost se consideró estabilizado cuando ésta declinó alrededor de los 15° C después de haber presentado las etapas mesofílica durante 2 días, termofílica durante 10 días y de enfriamiento – maduración en los 5 días restantes (CASTILLO *et al.*, 2000) tal como se aprecia en la Figura 6.

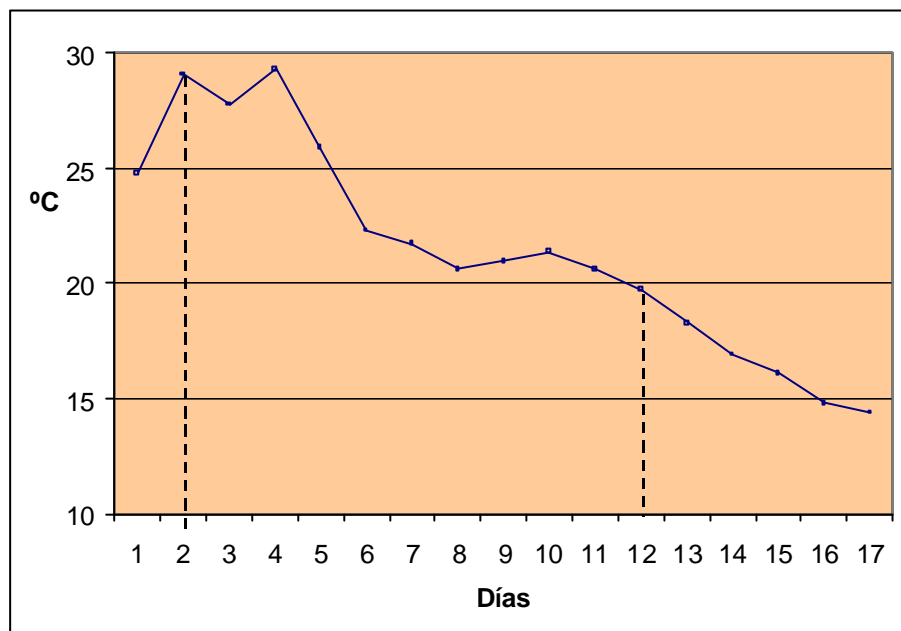


FIGURA 6. Temperatura registrada durante el proceso de compostaje.

Las líneas señalan el término de cada etapa.

Al final del proceso de compostaje se tomaron muestras para determinar en laboratorio los valores de Humedad, Materia orgánica, N total, N amoniacal, pH, Fósforo total, y conductividad eléctrica con el objeto de obtener un perfil del medio en que se desarrollaron las lombrices. Estos valores se describen en el Cuadro 5.

CUADRO 5. Valores de algunos parámetros fisicoquímicos registrados en el compost.

Parámetro Fisicoquímico	Resultados Análisis Laboratorio*
Humedad (%)	85,32
PH	8,19
Nitrógeno total (%)	0,45
Nitrógeno amoniacal (%)	0,038
Fósforo total (%)	0,064
Materia orgánica (%)	13,25
Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	3,1

*Resultados expresados en Base Materia Seca.

3.3.3 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en las mediciones de las variables de crecimiento y para realizar los análisis químicos de los medios se detallan a continuación:

- Balanza analítica : Marca JS-100 con un máximo de 110 gr. y una sensibilidad de 0,0001 gr.
- Balanza analítica : Marca Sartorius, máximo 100 gr. y sensibilidad de 0,01g
- Balanza común : Máximo 10 Kg.
- Papel pH : Marca Whatman, con un rango de viraje de 1 – 14.
- Pie de metro : Marca Vernier de 0,01 cm.
- Escalímetro : 30 cm
- Peachímetro : Marca Extech
- Termómetro digital : Sensibilidad de 0,5 °C
- Tubos de digestión : De 50-100 ml de capacidad.
- Desecador con agente secante activo

Mantillas de calentamiento
Matraces balón de 300 ml
Perlas de ebullición
Vasos de precipitados de 230 ml
Matraz erlenmeyer
Electrodos : De vidrio y de referencia o combinado
Set de envases para vacío con embudos Büncher
Crisoles o cápsulas de porcelana, cuarzo o metal de 20ml.
Pipetas
Gradillas de acero inoxidable
Recipientes de metal con tapa hermética de 25 ml a 100 ml
Recipientes de plástico de 250 ml de capacidad
Palas y Rastrillos de jardinería
Regaderas

3.3.4 Equipos

Estufa de secado : Marca Memmert con ventilación forzada de aire y un rango de temperatura de 0 a 250° C.
Espectrofotómetro colorimétrico: marca Spectronic 20D⁺ con celdas de longitud de paso de luz de 10 mm.
Bomba de vacío : Marca Thomas
Conductivímetro : Marca Accumet exactitud 0,01 dS/m (10 μS/cm)
Destilador por arrastre de vapor : Marca Labconco.
Destilador Kjeldahl
Digestor de tubos : Marca Labconco capacidad de mas de 380°C
Mufla : Marca Thermolyne con un rango de temperatura de 0 a 1000°C.
Agitador Vortex

3.3.5 Reactivos

- Acido clorhídrico : HCL 37% d=1,19 kg./L
HCL 32% d=1,16 kg./L
- Ácido nítrico : HNO₃ 69% d=1,41 kg./L
HNO₃ 100% d=1,52 kg./L
- Vanadato de amonio (NH₄VO₃)
- Molibdato de amonio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O)
- Cloruro de potasio (KCl)
- Cloruro de calcio dihidrato (CaCl₂.2H₂O)
- Solución estándar de Fósforo : 1000mg/L de P
- Fosfato dihidrógeno de potasio (KH₂PO₄)
- Disodio tetraborato decahidrato (Na₂B₄O₇.10H₂O)
- Potasio dihidrógeno ftalato (C₈H₆K)
- Mezcla catalítica
- Sulfato de Potasio (K₂SO₄)
- Soluciones Tampón : pH 4,00
pH 7,00
pH 9,22
- Potasio dihidrógeno fosfato (KH₂PO₄)
- Disodio hidrógeno fosfato (Na₂HPO₄)
- Acido Sulfúrico (H₂SO₄) : 98% d=1,84 Kg./l.
- Sulfato de Cobre (CuSO₄)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Verde de bromocresol
- Etanol
- Acido Bórico (H₃BO₃)
- Rojo de metilo
- Sulfato de amonio ((NH₄)₂SO₄)
- Acido Salicílico (C₇H₆O₃)
- Selenio en polvo

- Molibdeno
- Agua oxigenada (H₂O₂)
- Oxido de magnesio
- Antiespumante

3.3.6 Análisis químico

La determinación del contenido Humedad se realizó por el método de secado¹ a 105 ± 5 °C obteniéndose la diferencia de peso y relacionando esta pérdida con el porcentaje de agua existente en la muestra.

El pH del compost se obtuvo por el método de suspensión y determinación potenciométrica² de 20 gr. de medio.

La determinación de la materia orgánica se realizó por el método de pérdida de peso por calcinación³ donde una muestra de 5 a 10 gr. se seca a 105 °C durante dos horas, se pesa y luego se calcina a 360 °C por 2 horas y se determina la pérdida de peso⁴ relacionando esta pérdida con un porcentaje del peso una vez secada la muestra.

La determinación de Fósforo total se hizo por el método de calcinación y determinación por colorimetría del fosfo-vanado-molibdicó⁵ que consiste en leer la absorbancia en el Espectrofotómetro colorimétrico contra agua a 466 nm de una

¹ Basado en ISO 11465: (1993). Soil quality. Determination of dry matter and water content on a mass basis-gravimetric method

² Basado en ISO 10390: (E). Soil quality. Determination of pH.

³ Basado en la Comisión Chilena de Normalización y Acreditación. Sociedad chilena de la Ciencia del Suelo (1998). Suelos. Método 7.II

⁴ La calcinación volatiliza otras sustancias además de la materia orgánica

⁵ Basado en el procedimiento indicado por COTENNIE, A .1984. Los análisis de suelos y de plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Boletín de suelos de la FAO 38/2, Roma, Italia, 116 p.

solución de 1ml de filtrado de la muestra, 4 ml de solución de nitro-vanado-molibdico más una serie de soluciones estándares de P.

El Nitrógeno total se determinó mediante el método de digestión y determinación por destilación y titulación manual¹. El método de digestión en tubo con H₂SO₄ – ácido salicílico – catalizador consiste en someter una muestra de 0,1 a 0,5 gr con ácido sulfúrico y una mezcla catalítica a digestión en tubos a una temperatura de 380 °C durante 2 horas para luego filtrar el contenido de los tubos. La destilación y titulación manual consiste en someter a destilación los tubos provenientes de la digestión, previa dilución y adición de Hidróxido de Sodio procediendo seguidamente a titular manualmente con Ácido Clorhídrico.

Los valores de conductividad eléctrica de los medios se determinaron mediante el método de extracto de saturación y conductivimetría². El extracto de saturación se obtiene agregando agua a una muestra de entre 100 a 400 gr. de medio hasta saturar la muestra³ para luego dejarla reposar. Luego se transfiere la pasta obtenida a un embudo Büchner provisto de un filtro fino. Seguidamente, previo ajuste del Conductímetro, se mide la conductividad eléctrica de los filtrados la que se expresa en milimhos por centímetro (mmhos/cm).

Por último se determinó el contenido de nitrógeno amoniacal mediante el procedimiento de Kjeldahl⁴ que consiste en destilar 3 gr. de una muestra con agua destilada, óxido de magnesio, antiespumante y perlas de ebullición. El destilado

¹ Basado en KALRA, Y. P. (Ed) 1998. Handbook of reference methods for plant analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press, USA: 300p.

WALINGA, I.; VAN DER LEE, J. J.; HOUBA, V.J.G.; VAN VARK, W. And NOVO-ZAMSKY, I. 1995. Plant analysis manual. Kluwren Academic Publisher, Dordrecht, The netherlands, 253p.

² Basado en la Comisión Chilena de Normalización y Acreditación. Sociedad chilena de la Ciencia del Suelo (1998). Suelos. Método 9.I

³ El punto de saturación se obtiene mediante criterios que se detallan en el procedimiento. (Ver fuente)

⁴ Basado en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994, bienes y servicios. materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. colorantes orgánicos naturales. especificaciones sanitarias. Disponible en <http://www.ssa.gob.mx/nom/119ssa14.html>

debe ser titulado con NaOH (el vaso receptor debe contener HCl e indicador) a pH 6,2. el resultado se calcula mediante fórmula.

3.4 Método

3.4.1 Tratamientos

El estudio corresponde a un experimento factorial con 5 densidades poblacionales y 2 condiciones ambientales de crecimiento y se detallan a continuación.

3.4.1.1 Densidad poblacional: En cinco envases de 250 ml de capacidad (10,5 cm ancho X 16 cm largo X 6 cm alto) se colocaron 100 gr. de medio. Los tratamientos consistieron en la adición de diferentes cantidades de lombrices cuyos pesos y longitudes iniciales se señalan en el Cuadro 7. Con la adición de las lombrices se obtuvieron las distintas densidades poblacionales expresadas en individuos por gramo de medio como se describe en el Cuadro 6.

CUADRO 6. Densidades poblacionales obtenidas al incluir distintas cantidades de lombrices.

Tratamiento	Número de lombrices	Densidad poblacional Individuos/gr. de medio
D1	1	0,01
D2	2	0,02
D3	4	0,04
D4	8	0,08
D5	16	0,16

El número de lombrices adicionadas se estableció en base al estudio realizado por DOMÍNGUEZ y EDWARDS (1997) con *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) con el objeto de poder realizar comparaciones respecto de estos anélidos. El experimento contó con cuatro repeticiones por tratamiento.

3.4.1.2 Ambiente de crecimiento: Se evaluaron dos condiciones ambientales de crecimiento de las lombrices, bajo plástico (**BP**) y aire libre (**AL**). Los tratamientos bajo plástico fueron realizados en un invernadero de 4 m X 3 m X 2 m (Largo, ancho y alto). Los tratamientos al aire libre fueron dispuestos entre las camas de cría de la empresa.

Tanto en el tratamiento Bajo plástico como al Aire libre los recipientes conteniendo los medios de cultivo y las lombrices fueron dispuestos aleatoriamente dentro de una caja plástica (Figura 7), la cual se envolvió en malla rachel negra. Cada recipiente fue tapado con una porción de visillo con el objeto de evitar fugas de los individuos.

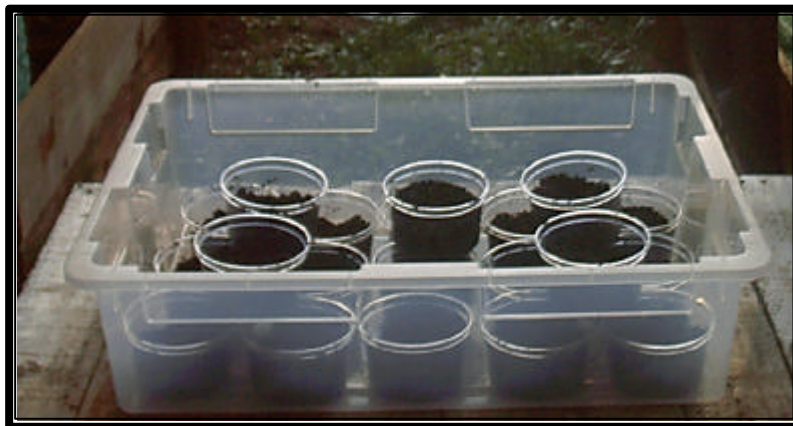


FIGURA 7. Disposición de los recipientes con medio de cultivo.

3.4.2 Diseño Experimental

El diseño experimental correspondió a un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento como se aprecia en el Cuadro 8.

CUADRO 7. Pesos y longitudes individuales iniciales por tratamiento.

Tratamiento	Peso promedio (mg)	Longitud promedio (mm.)
ALD1	75,0 (± 23,8)	32,26 (± 6,31)
ALD2	63,8 (± 22,0)	32,38 (± 6,65)
ALD3	75,0 (± 22,2)	36,40 (± 7,50)
ALD4	73,1 (± 22,5)	32,93 (± 6,84)
ALD5	68,7 (± 18,6)	29,28 (± 5,59)
BPD1	62,5 (± 26,3)	32,20 (± 5,69)
BPD2	65,0 (± 09,3)	33,52 (± 7,46)
BPD3	53,1 (± 16,2)	27,93 (± 6,79)
BPD4	67,2 (± 19,7)	32,71 (± 9,16)
BPD5	66,7 (± 19,2)	33,95 (± 7,40)

CUADRO 8. Tratamientos del estudio

		DENSIDAD POBLACIONAL				
		0,01ind /gr. D1	0,02 ind /gr. D2	0,04 ind /gr. D3	0,08 ind /gr. D4	0,16 ind /gr. D5
CONDICIÓN AMBIENTAL	BAJO PLÁSTICO BP	BP D1	BP D2	BP D3	BP D4	BP D5
	AIRE LIBRE AL	AL D1	AL D2	AL D3	AL D4	AL D5

3.4.3 Criterios y Técnicas de Evaluación

3.4.3.1 Variables en estudio: Las principales variables en estudio y sus correspondientes técnicas de evaluación se detallan a continuación:

Variable peso individual: Se determinó por el promedio de pesos individuales registrados por los individuos quincenalmente. Esta variable se midió con una balanza analítica con un máximo de 110 gr. y una sensibilidad de 0,0001 gr. (Figura 8).



FIGURA 8. Forma de medición variable peso individual.

Variable longitud individual: Se determinó por el promedio de longitudes individuales registrados por los individuos quincenalmente por un periodo de tres meses. Esta variable se midió con un pie de metro vernier digital de una sensibilidad de 0,01 cm. (Figura 9).

Variable diámetro del clitelio: Se determinó por el promedio de medidas de los diámetros del clitelio registrados por los individuos quincenalmente por el periodo en que el clitelio fue visible. Se midió con un pie de metro vernier de una sensibilidad de 0,01 cm. (Figura 10).



FIGURA 9. Forma de medición variable longitud individual.



FIGURA 10. Forma de medición variable diámetro del clitelo.

Variable número de cocones producidos: Se determinó por el promedio de cocones producidos por los individuos durante el desarrollo del estudio.

Variable biomasa: Se determinó por el promedio de las sumatorias de los pesos individuales durante el desarrollo del estudio.

3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico considera el siguiente modelo:

$$X_a = \mu + A + B + AxB + e \quad (1.3)$$

Donde:

X_a = Variable de respuesta

μ = Promedio poblacional

A = Efecto del factor densidad poblacional

B = Efecto del factor ambiental

AxB = Efecto de la interacción de los factores densidad poblacional y condición ambiental.

e = Error total.

Los datos fueron analizados a través del programa estadístico SPSS 10,0 y Microsoft Excel 97. Se realizó un análisis paramétrico mediante un ANOVA y Test de comparación múltiple de Tukey HSD. No obstante, en aquellos casos en que no se cumplieron los supuestos estadísticos de homocedasticidad y normalidad, se realizó un tratamiento no paramétrico de los datos. Este análisis consideró la prueba de Kruskal – Wallis y el Test de Mann – Withney para dos muestras independientes con la correspondiente corrección de Bonferroni.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso individual

El peso individual registró considerables diferencias cuando las lombrices fueron mantenidas al aire libre a diferentes densidades poblacionales durante la duración del experimento. Se puede señalar que el incremento de peso individual se ve afectado por densidades iniciales altas, tal como se aprecia en la Figura 11. Respecto de la evaluación del crecimiento de los individuos bajo plástico se debe señalar que sólo se registraron los pesos y longitudes hasta el día 15 ya que transcurridos 28 días desde el inicio del experimento se produjo una mortalidad del 100% de los individuos. Los resultados obtenidos bajo invernadero no permiten realizar un análisis confiable y una comparación entre tratamientos.

La ganancia de peso reflejó diferencias significativas al aire libre ($p \leq 0,005$) a partir del día 30 lográndose una mayor diferenciación entre los tratamientos a medida que aumentaba el tiempo transcurrido desde el inicio del experimento. En el Anexo 2 se presentan los promedios registrados en la ganancia de peso de *Eisenia foetida* cultivadas a diferentes densidades en ambientes bajo plástico y al aire libre.

La máxima ganancia de peso individual promedio registrado se obtuvo en el tratamiento ALD1 en el día 90 con 765 mg. sin embargo, ésta ganancia no fue significativamente diferente al tratamiento ALD2 ($p \leq 0,005$) el cual registró 454 mg. Por otra parte se observó que, exceptuando en el tratamiento ALD1, se registraron pérdidas de peso individual en las lombrices durante el periodo evaluado.

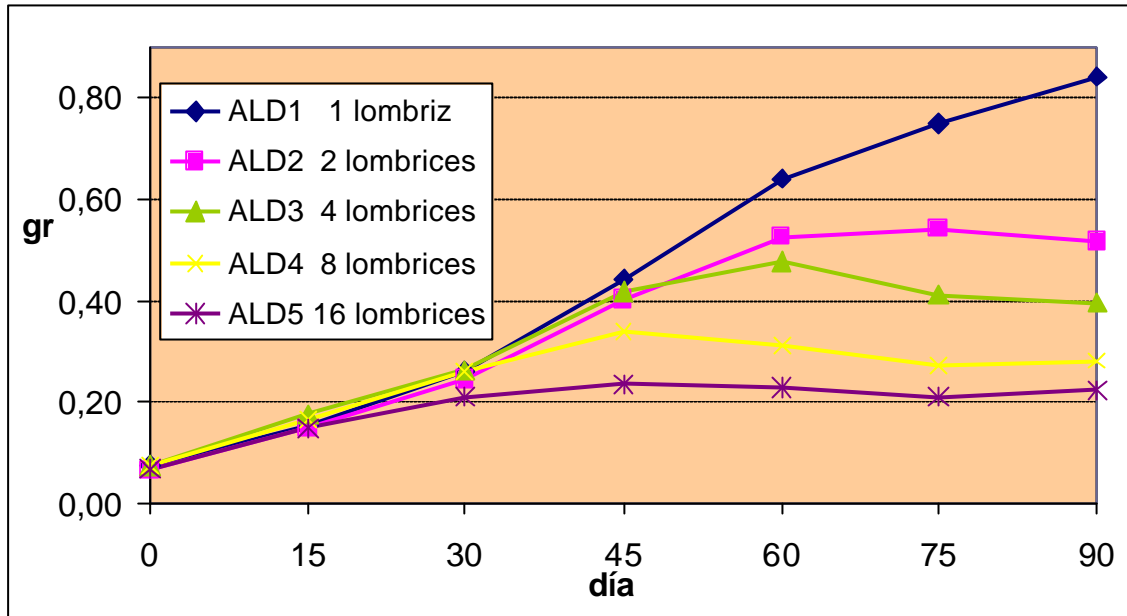


FIGURA 11. Variación del peso individual observado en *Eisenia foetida* criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.

Las pérdidas de peso individual fueron más precoces a medida que aumentaba la densidad poblacional inicial registrándose pérdidas de peso a los 60 días en los tratamientos al aire libre con 8 y 16 lombrices por recipiente. No obstante lo anterior, estos tratamientos registraron un leve aumento de peso individual en la última quincena de evaluación. El registro de peso individual mas alto alcanzado por una lombriz durante todo el periodo fue de 1,04 gramos en el tratamiento ALD1 en el día 90 (Anexo 2).

En este experimento se encontró que la estabilización del peso individual es dependiente de la densidad poblacional inicial, siendo anticipada a densidades poblacionales mayores alrededor de 13 a 6 semanas en los tratamientos ALD5 y ALD1 respectivamente, acortando el periodo de 24 semanas encontrado por POBLETE y RUIZ (1989) en la Novena Región en lechos compartidos con otras especies de oligoquetos.

La diferencia de pesos individuales se explica por la disponibilidad de alimento de acuerdo con DOMÍNGUEZ y EDWARDS (1997) quienes observaron en *Eisenia andrei* diferencias significativas de peso a los 48 días de crecimiento. Estos autores encontraron un máximo crecimiento de 930 miligramos cuando las lombrices fueron mantenidas a densidades de 1 individuo por recipiente, difiriendo de *Eisenia foetida* que a la misma fecha y en similares condiciones presentó pesos medios de 368 miligramos.

Los resultados obtenidos de un peso máximo de 341 ± 95 miligramos a una densidad de 8 individuos por contenedor al aire libre y bajo las condiciones particulares de la Novena Región, concuerda con lo encontrado por GUNADI y EDWARDS (2003) quienes, bajo condiciones de temperatura controlada a los $20 \pm 1^\circ\text{C}$, observaron que *Eisenia foetida* puede alcanzar 401 ± 62 miligramos. No obstante difieren en las tasas de reproducción de 3,3 y 7,6 cocones por individuo en el primer y segundo estudio.

La tasa de incremento de peso individual mostró diferencias significativas a partir de la segunda quincena y registró un valor máximo de 13,17 miligramos por día en el tratamiento ALD1 entre los 45 y 60 días. Igualmente la máxima tasa de ganancia promedio de peso registrada durante todo el periodo se observó en este tratamiento, con un valor de 8,49 miligramos por día. Esta tasa estaría concordando con lo señalado por GRAFF (1974) citado por DOMÍNGUEZ *et al.* (2001) quien registró una tasa máxima en *Eisenia foetida* de 8,57 pero muy por debajo de la tasa máxima de 11,4 miligramos por día encontrada por WATANABE y TSUKA-MOTO (1976) citados por el mismo autor.

Como se ha señalado anteriormente, el tiempo de compostaje puede influir en la cantidad de alimento disponible para el crecimiento y reproducción de *Eisenia foetida*. Al realizar comparaciones con otros estudios con tiempos de pre – compostaje similares, existe una coincidencia entre la tasa de ganancia de peso

individual promedio de 5,04 miligramos por día en el tratamiento ALD2 (2 individuos en 100 gramos de medio de cultivo al aire libre) y de 5,1 miligramos por día promedio encontrada por GUNADI *et al.* (2002), en tratamientos con densidades de 3,3 individuos en 100 gramos de alimento. La diferencia de ganancias de peso puede explicarse por el efecto de la temperatura ya que en la Novena Región se registró una temperatura promedio de $17,5 \pm 1,9$ °C (Anexo 6) durante los tres meses de experimento mientras que el autor anteriormente citado realizó su experimento a temperaturas controladas a 20 ± 1 °C. Cabe recordar que EDWARDS (1988) señala como temperaturas óptimas para el desarrollo de *Eisenia foetida* de entre 15 a 20° C mientras que DOMÍNGUEZ *et al.* (2001) indica una temperatura óptima de 25 °C.

Al igual que en lo observado en la ganancia individual de peso, se registraron tasas negativas en todos los tratamientos exceptuando el tratamiento ALD1. La menor tasa registrada se observó en el tratamiento ALD3 entre los 60 y 75 días con un valor de $-4,25$ mg/día (Anexo 3). Por otra parte se observó que las máximas tasas de crecimiento individual fueron anticipadas por densidades iniciales altas.

4.2 Longitud

La longitud registró diferencias significativas cuando las lombrices fueron mantenidas al aire libre a densidades de 1, 2, 4, 8 y 16 por recipiente durante la duración del experimento. En la Figura 12 se observa que, al igual que el peso individual, la ganancia de longitud individual se ve afectada por densidades iniciales altas. Como ya se señaló la evaluación del crecimiento de los individuos bajo plástico no pudo ser registrada mas allá del día 15 debido a la mortalidad de los individuos.

Las diferencias de longitud fueron significativas al aire libre ($p \leq 0,005$) a partir del día 45, no obstante estas diferencias fueron acrecentadas a partir del día 60. En el Anexo 4 se presentan los promedios registrados en la longitud de *Eisenia foetida* cultivadas a diferentes densidades en ambientes bajo plástico y al aire libre.

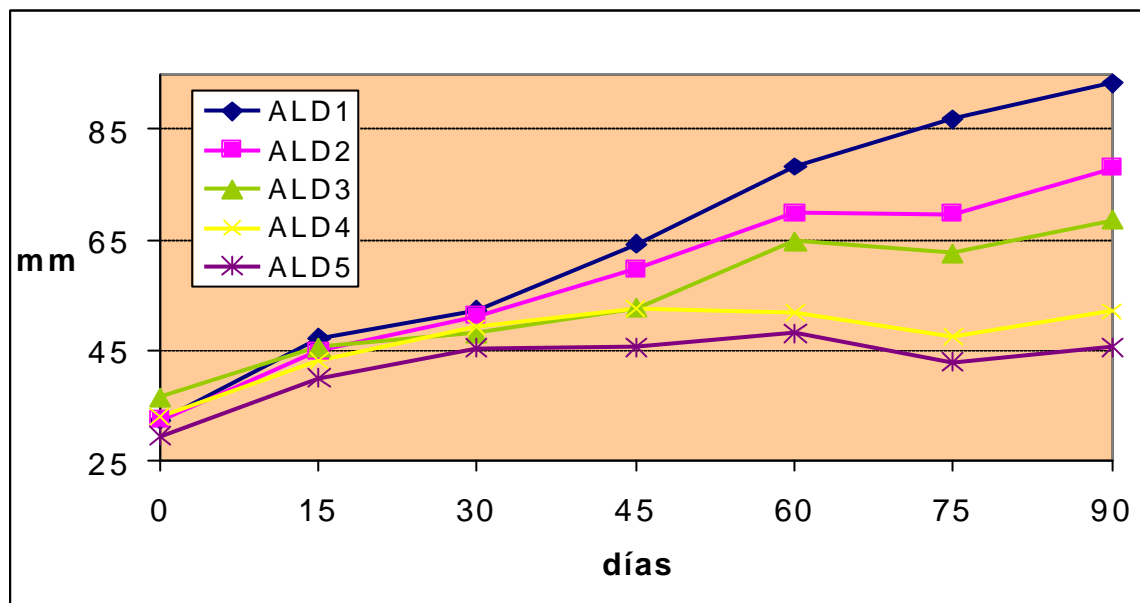


FIGURA 12. Variación de la longitud observada en *Eisenia foetida* criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.

El máximo promedio de longitud se obtuvo en el tratamiento ALD1 en el día 90 con 93,51 milímetros. Estudios realizados por POBLETE y RUIZ (1989) en la Novena Región en lechos compartidos con otras especies de oligoquetos registraron una máxima longitud media de 64,3 milímetros a las 29 semanas de vida.

Al igual que lo sucedido con la ganancia de peso la longitud no fue significativamente diferente al tratamiento ALD2 ($p \leq 0,005$) en el día 90, el cual registró 78,00 milímetros. Se observó además que, exceptuando en el tratamiento ALD1, en el intervalo entre los 60 y 75 días se registraron pérdidas de longitud de

los individuos. Otra pérdida de longitud se registró en el tratamiento ALD4 en el intervalo entre los 45 y 60 días. Sin embargo se evidenció una recuperación de la longitud en los últimos días del estudio. (Figura 12 y Anexo 4). El registro de longitud mas alto alcanzado por una lombriz en el periodo evaluado fue de 101,57 milímetros en el día 90 en el tratamiento ALD1.

4.3 Diámetro del clitelio

El clitelio sólo fue evidente a partir del día 30 para todos los tratamientos al aire libre mientras que en los tratamientos bajo plástico no alcanzó a registrarse la aparición de esta porción corporal. La presencia del clitelio se vio favorecida por densidades poblacionales bajas alcanzando un 100 por ciento en los tratamientos ALD1, ALD2 y ALD3 mientras que en el tratamiento ALD4 se mantuvo en el 84 por ciento de presencia y en el tratamiento ALD5 decayó hasta un 23 por ciento de presencia después de haber alcanzado sólo un máximo de 71 por ciento de presencia (Figura 13).

El diámetro del clitelio presentó diferencias evidentes entre los diferentes tratamientos viéndose favorecido por densidades iniciales menores tal como se aprecia en la Figura 14. Los distintos tratamientos mostraron diferencias significativas a partir del día 45 siendo el tratamiento ALD1 predominante sobre los demás tratamientos registrando, además, el mayor diámetro del clitelio con 5,47 milímetros en el día 75. No obstante, este tratamiento no difirió estadísticamente del tratamiento ALD2 que registró 4,66 mm. El registro de diámetro del clitelio más alto alcanzado por una lombriz en el periodo evaluado fue de 5,84 milímetros en el día 90 en el tratamiento ALD1. Por otra parte en todos los tratamientos se registró una disminución del diámetro de esta porción corporal siendo, estas disminuciones, anticipadas por densidades iniciales mayores (Anexo 5).

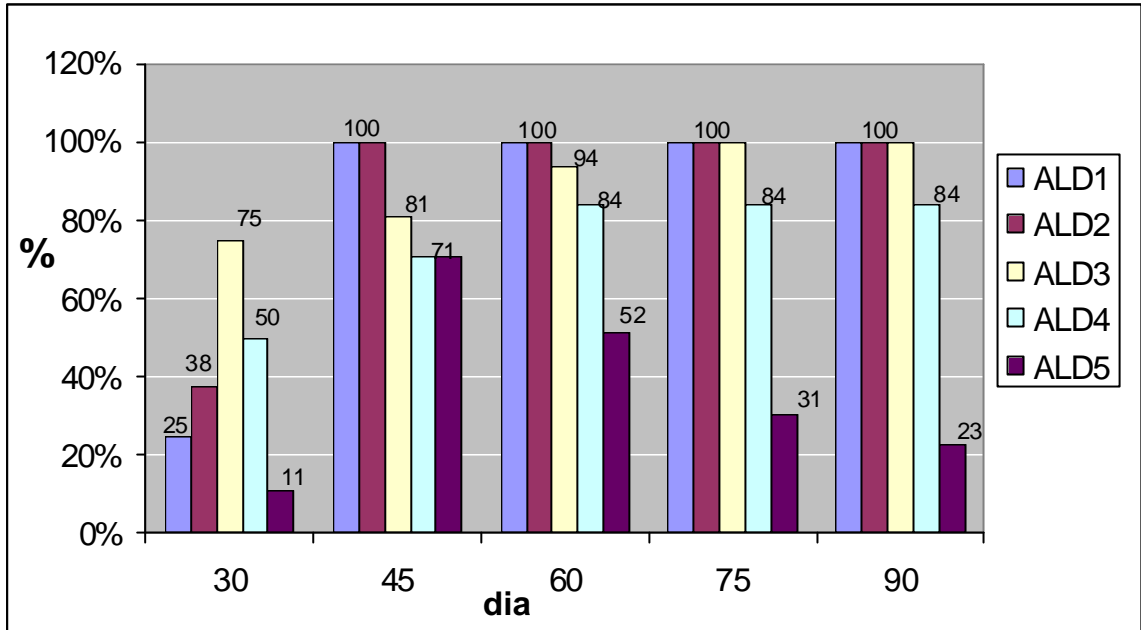


FIGURA 13. Porcentaje de presencia del clitelio observado en *Eisenia foetida* criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.

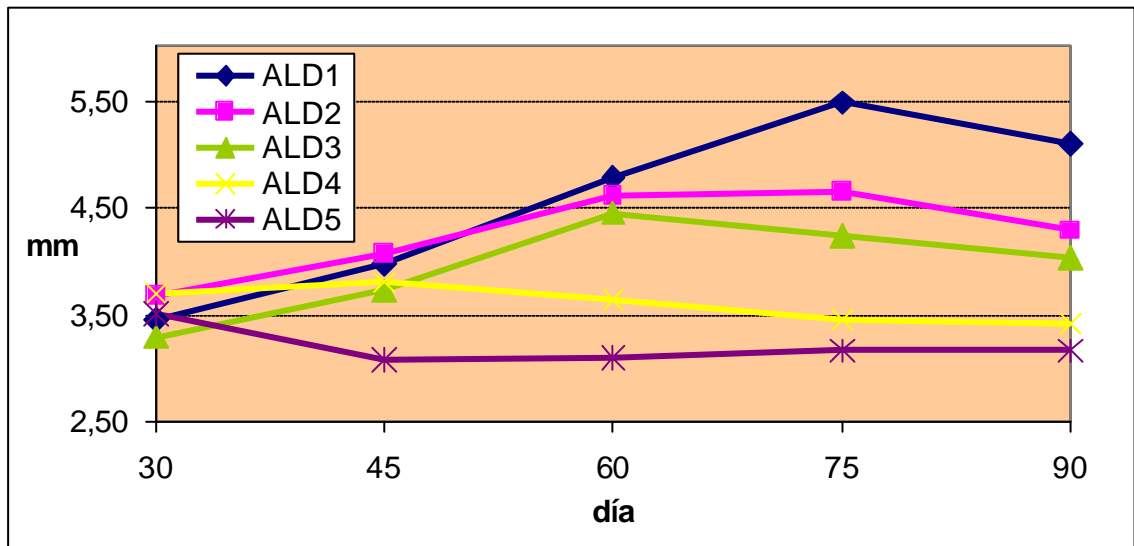


FIGURA 14. Variación del diámetro del clitelio observado en *Eisenia foetida* criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.

No existe suficiente información en trabajos anteriores respecto del diámetro del clitelio como para poder hacer comparaciones respecto de la influencia de la densidad inicial sobre esta porción del individuo. Los valores encontrados concuerdan con FERRUZZI (1988) quien señala que el tamaño de esta porción corporal oscila entre los 3 y 5 milímetros mientras que HERNÁNDEZ *et al.* (1997) señala que el diámetro promedio por individuo es de $5 \pm 0,44$ milímetros con un rango de 4,5 a 5,5 milímetros.

4.4 Cocones producidos

La cantidad de cocones producidos durante el periodo evaluado registró diferencias entre los distintos tratamientos viéndose favorecida por densidades medias. De esta manera el tratamiento ALD3 registró la más alta reproducción sumando en promedio $28,75 (\pm 6,9)$ cocones (Figura 15) durante el periodo evaluado. Sin embargo la producción individual de cocones se vio favorecida por densidades iniciales bajas mostrando la máxima ovipostura en la quincena entre los 60 y 75 días en el tratamiento ALD2 con un promedio de $3,63 \pm 1,3$ cocones por individuo. Esta cifra se encuentra muy por debajo del valor de 3,8 cocones/lombriz/semana reportado como máximo por EDWARDS (1988). Lógicamente el tratamiento ALD1 no presentó ovipostura debido a la presencia de un individuo por recipiente. Los resultados de producción total e individual de cocones entre los distintos tratamientos no difirieron estadísticamente ($p \leq 0,008^1$) (Cuadro 9).

GUNADI *et al.* (2002) trabajando con periodos de pre – compostaje similares a este estudio y con densidades equivalentes al tratamiento ALD3 encontró que el promedio de cocones producidos por *Eisenia foetida* en seis meses fue de 12,4, lo cual es semejante a los 7,19 cocones por individuo recolectados en tres meses en el tratamiento ALD3.

¹ Test Mann-Whitney corrección de Bonferroni ?/6

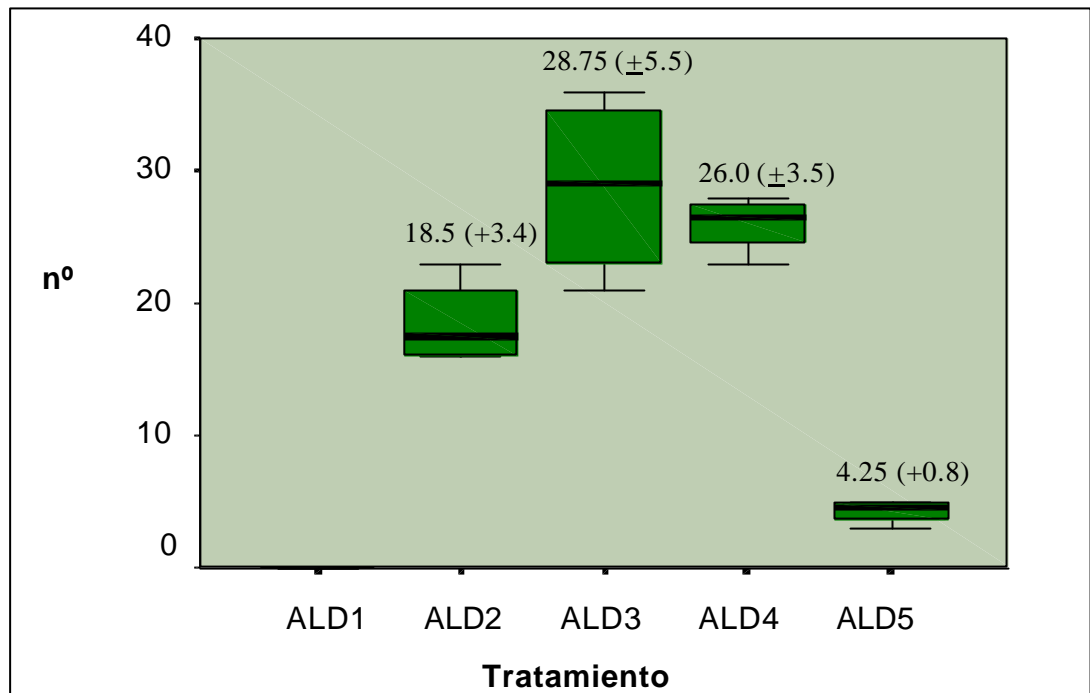


FIGURA 15. Promedio de cocones producidos por *Eisenia foetida* criada a diferentes densidades poblacionales al aire libre.

CUADRO 9. Promedio de cocones por individuo registrado en *Eisenia foetida* en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Dia					Total
	30	45	60	75	90	
ALD1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALD2	0,00	0,13	2,25	3,63	3,25	9,25
ALD3	0,13	0,06	2,44	1,88	2,69	7,19
ALD4	0,06	0,34	1,16	0,81	0,88	3,25
ALD5	0,08	0,08	0,11	0,00	0,00	0,27
BPD1	nr	nr	nr	nr	nr	nr
BPD2	nr	nr	nr	nr	nr	nr
BPD3	nr	nr	nr	nr	nr	nr
BPD4	nr	nr	nr	nr	nr	nr
BPD5	nr	nr	nr	nr	nr	nr

nr = no registrado

Los resultados respecto de la ovipostura quincenal presentados en el Cuadro 9, indican que bajo las condiciones climáticas de la Novena Región las lombrices podrían producir de 0,5 a 1,8 cocones semanalmente bajo las condiciones de densidad poblacional que permite la mayor reproducción (ALD2). HERNÁNDEZ *et al.* (1997) señala que la mayoría de los trabajos realizados indican que *Eisenia foetida* puede colocar 1 cocón por semana, existiendo ciertos trabajos que indican mas de 1 cocón semanal. El mismo autor citando a EDWARDS y BATER (1992) indica que la colocación de cocones aumenta con el incremento de la temperatura señalando que al evaluar temperaturas de entre 10 a 25 °C se registra una ovipostura apreciable de cápsulas a partir de los 15 °C con 1,8 hasta 3,8 cocones/lombriz/semana a 25 °C. En el presente estudio la temperatura promedio durante los tres meses de crecimiento fue de $17,5 \pm 1,9$ °C (Anexo 6) explicando en parte la baja producción de cocones por individuo. Por otro lado se tiene que a los 75 días de crecimiento se alcanza la máxima producción de cocones coincidiendo con el máximo peso individual (Figura 11) y diámetro del clitelio (Figura 14), por lo que la falta de alimento podría estar influyendo no sólo en la disminución del crecimiento sino también en la reproducción de este anélido, tal como lo ha señalado GUNADI *et al.* (2002).

4.5 Biomasa

La biomasa total registrada presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los distintos tratamientos durante todo el periodo evaluado. De esta manera los tratamientos en que se encontraron mayores registros de Biomasa correspondieron a los tratamientos con mayores densidades poblacionales iniciales haciendo mas estrecha la relación biomasa: número de lombrices concordando con lo reportado por SANTAMARÍA – ROMERO *et al.* (2001). Es importante señalar que en los tratamientos con alta densidad poblacional inicial, pese a que se registraron caídas de los valores de biomasa, conservaron durante todo el experimento la relación de superioridad respecto de los tratamientos

inmediatamente inferiores. Se observó, por otra parte, que a densidades poblacionales mayores los valores máximos de biomasa fueron registrados más anticipadamente. Además, al igual que en el peso individual, se registró en todos los tratamientos una disminución de la biomasa exceptuando en el tratamiento ALD1 el cual mostró una leve estabilización de la biomasa al finalizar el estudio. La disminución de biomasa registrada en los tratamientos ALD4 y ALD5 fue seguida de un leve aumento de biomasa en el día 90. El valor máximo de biomasa alcanzada durante todo el experimento fue de 3,65 gr ($\pm 0,3$) y se registró el día 45 en el tratamiento ALD5 (Figura 16).

Los resultados mostrados en la Figura 16 indican que a densidades poblacionales mayores se obtiene una mayor producción de excedente cárneo por unidad de alimento aportado al sistema. No obstante, el porcentaje de ganancia de biomasa respecto de la biomasa inicial fue mayor mientras mas bajas fueron las densidades iniciales y el tiempo necesario para alcanzar la máxima ganancia de biomasa fue menor comparativamente a densidades bajas respecto de las densidades mayores (Cuadro 10).

4.6 Mortalidad

La existencia de una mortalidad del 100% de los individuos mantenidos en invernadero podría explicarse principalmente por el efecto de la temperatura alcanzada al interior de éste. Cabe recordar que la temperatura óptima para la crianza de *Eisenia foetida* es entre 15 – 20° C (EDWARDS, 1988), lográndose una máxima actividad sexual alrededor de los 20 °C (FUENTES (1982) citado por HERNÁNDEZ *et al.*, (1997)), mientras que sus niveles críticos oscilan entre los 0 y 42 °C, reduciendo la ingestión de alimento y la función reproductora mientras se aleja del óptimo (HERNÁNDEZ *et al.* (1997) citando a GALVIS (1991)).

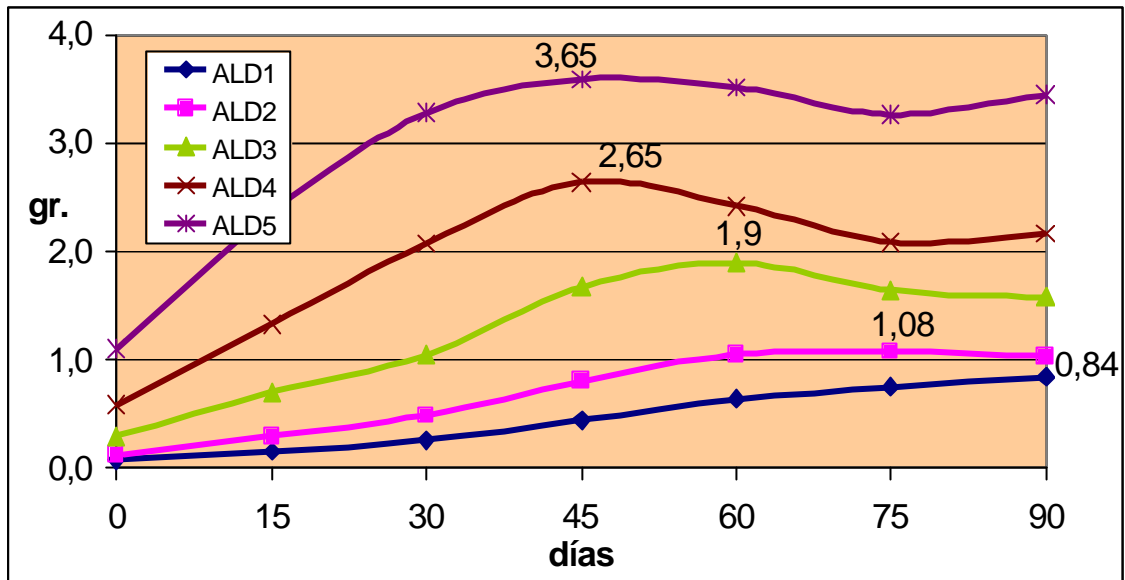


FIGURA 16. Promedio de Biomasa registrada en *Eisenia foetida* criada en diferentes densidades poblacionales iniciales al aire libre.

CUADRO 10. Porcentaje de ganancia de biomasa respecto a la biomasa inicial y relación comparativa del tiempo necesario para obtener el máximo de biomasa entre tratamientos.

Tratamiento	Biomasa Inicial	Máxima Biomasa registrada	Día (A)	Porcentaje de Ganancia (B)	A / B
ALD1	0,08	0,84	90	1120%	8,0
ALD2	0,13	1,08	75	847%	8,9
ALD3	0,30	1,90	60	633%	9,5
ALD4	0,59	2,65	45	452%	10,0
ALD5	1,10	3,59	45	326%	13,8

Debido a la metodología utilizada para el presente estudio no existe registro de temperatura alcanzada al interior del invernadero el día de la muerte de los individuos con fecha 19 de Diciembre de 2003. Por otra parte no se puede estimar adecuadamente la temperatura al interior del invernadero ya que ésta depende de muchos factores tales como: la energía radiante que ingresa y que sale del invernadero, la temperatura exterior, el volumen del invernadero, la superficie de las paredes, la renovación del aire, etc. (ALPI y TOGNONI, 1991).

Estos autores señalan, de todas formas, que la temperatura depende en su mayor parte de la radiación solar aumentando notablemente por efecto de ésta a más de 50° C. Se puede señalar que la temperatura semanal¹ registrada desde el inicio del experimento hasta el día 20 de Diciembre al interior del invernadero fue superior alrededor de 14 °C respecto de la temperatura ambiental alcanzado como promedio los 31,2 °C mientras que en los medios de cultivo fue inferior en alrededor de 1,3 °C respecto de la temperatura en el invernadero alcanzando como promedio 31,2 °C (Anexo 7). Por otra parte se tiene que, según registros meteorológicos obtenidos en la estación meteorológica de la Universidad Católica de Temuco, las temperaturas máximas registradas en los días anteriores a la muerte de los individuos superaron los 20° C llegando incluso a los 25 °C (Anexo 8) por lo que la temperatura podría haber superado los 40 °C el día de la muerte de los individuos. La radiación solar, por su parte, superó los 10 KW/m² cifra que, según ALPI y TOGNONI (1991) está por sobre la radiación incidente sobre las regiones ecuatoriales (Anexo 9).

El efecto de la temperatura podría, además, haberse visto potenciado por el color negro del compost que favorece la absorción del calor y además porque la relación de superficie/ volumen de los envases plásticos permiten un alto contacto y transmisión del calor circundante a los medios. Cabe destacar que la humedad de los medios de cultivo al momento de constatar la muerte se encontraba alrededor del 60% (Anexo 10) por lo que la falta de humedad no constituye una probable causal de mortalidad de lombrices.

Dentro de los tratamientos al aire libre se puede señalar que la mortalidad solamente alcanzó un 3,13 % en los tratamientos ALD4 y ALD5, mientras que en los demás tratamientos no se observó mortalidad de individuos.

¹ Temperatura registrada a las 15:00 horas

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio demostraron de manera concreta la relación existente entre la densidad poblacional y los distintos parámetros de crecimiento, desarrollo y reproducción de la lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida*, bajo las condiciones climatológicas particulares de la Novena Región durante la época estival. Sin embargo, no se pudo determinar el efecto del ambiente de crecimiento en invernadero ya que se produjo la muerte de la totalidad de los individuos, situación que se explica principalmente por el efecto de la temperatura alcanzada al interior de éste. Lo anterior es aplicable a la escala en que se realizó el presente estudio lo que no indica, necesariamente, que puedan producirse similares resultados en producciones extensivas.

Este trabajo permite concluir que, tanto el crecimiento y desarrollo, como la reproducción de *Eisenia foetida* se ven favorecidos por densidades poblacionales bajas, situación que se explica principalmente por la abundancia de alimento que permite altas tasas de ganancia de peso individual, de ganancia en longitud individual y del diámetro del clitelio de los anélidos. De esta manera, al encontrarse, los anélidos, en buenas condiciones de desarrollo se favorecen los parámetros reproductivos.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la mayor eficiencia en producción de excedentes cárneos por unidad de alimento aportado al sistema se obtiene a altas densidades poblacionales iniciales. No obstante la mejor respuesta productiva en biomasa total extraída del sistema respecto de la biomasa ingresada inicialmente a éste y en una relación de tiempo menor obtuvo a densidades poblacionales bajas.

En general, se concluye, que bajo las condiciones climatológicas de la Novena Región en época estival, se obtienen buenos índices de crecimiento desarrollo y reproducción siendo la densidad poblacional o, en su efecto, la tasa de alimentación, uno de los principales factores a controlar en orden a orientar la producción de excedentes cárneos ya sea como harina de lombriz o como individuos destinados a la producción de carnada de pesca.

Los resultados encontrados permiten un adecuado pronóstico del crecimiento, desarrollo y reproducción de *Eisenia foetida* al aire libre, bajo las condiciones particulares de la Novena Región durante la época estival, lo que permite una adecuada programación de las tareas inherentes al rubro de la lombricultura. No obstante se hace necesario realizar investigaciones en orden a establecer la respuesta productiva y reproductiva de éste anélido manipulando otros factores productivos y en diferentes épocas del año.

VI. RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento en orden a establecer el efecto de cinco densidades poblacionales iniciales y dos ambientes de crecimiento sobre el crecimiento, desarrollo y reproducción de *Eisenia foetida* (Savigny, 1826). En 5 envases plásticos de 250 ml. de capacidad conteniendo 100 gramos de estiércol bovino pre – compostado durante 17 días, se colocaron 1, 2, 4, 8 y 16 lombrices juveniles pesando entre 50 y 80 miligramos, obteniendo las cinco densidades poblacionales iniciales. Estos envases fueron colocados al aire libre en un predio ubicado a 23 km. al Este de Temuco en la IX Región de Chile. El experimento contó con 4 repeticiones. Paralelamente otros recipientes conteniendo las mismas densidades y con igual número de repeticiones fueron colocados al interior de un invernadero en el mismo predio. La humedad se mantuvo a un 80%. Quincenalmente y por un periodo de 3 meses (Diciembre de 2003 – Febrero de 2004) se registró el peso individual, longitud individual, diámetro del clitelio y número de cocones producidos. Transcurridos 29 días de cultivo se produjo la muerte del 100% de los individuos que crecían en el invernadero situación que se explica principalmente por la temperatura producto de la radiación incidente y por el tamaño de los envases. Al aire libre fue posible demostrar que densidades bajas resultan en las mas altas tasas de crecimiento y reproducción. Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos con 1 y 2 individuos. El mayor peso promedio registrado alcanzó los 765 mg con densidades de 1 lombriz por contenedor. Se demostró, además, que la mayor eficiencia en términos de biomasa por unidad de alimento se logra a densidades altas alcanzando un máximo 3,65 gramos en densidades de 16 lombrices por contenedor. No obstante, la mayor eficiencia en términos de porcentaje de biomasa lograda respecto de la biomasa inicial y en una relación de tiempo menor se obtuvo a densidades bajas.

SUMMARY

An experiment in order to establish the effect of five stocking rates and two environmental growing conditions over the growth, development and reproduction of *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) was developed. In five 250 ml capacity plastic boxes with 100 gr. added of pre – composted cattle manure during 17 days 1, 2, 4, 8 y 16 young earthworms weighing 50 to 80 milligrams were put in, obtaining so the five stocking rates. The boxes were placed under natural environmental conditions in a farm distant to 23 km. to east of Temuco, IX Region of Chile. There were four replications in each stoking rate. Parallely other plastic boxes containing the same stockings rates and with the same number of replications were placed into a green – house in the same farm. The moisture content was maintained at 80 %. Each fifteen days and for a period of three months (December 2003 – February 2004) the individual weight, individual length, clitellia diameter and number of cocoons produced were registered. At 29 days of growing the death of 100% of the earthworms placed into the green – house was registered. This situation can be principally explained because the temperature produced by the solar radiation incident and the size of the boxes. Under natural environmental conditions was shown that lower stocking rates results into highest growing and reproduction rates. Although there were no significantly differences in treatments with 1 and 2 earthworms. The highest weight mean registered reached 765 mg in treatments with 1 worm per dish. Moreover was shown that the maximum efficiency in terms of biomass per unit of food can be attained at high densities reached 3,65 grams at densities of 16 earthworms per dish. Although, the maximum efficiency in terms of the percentage of biomass obtained respect to initial biomass and in a smaller time relation was attained at lower densities.

VII. LITERATURA CITADA

- ALPI, A.; TOGNONI, F. 1991. Cultivo en Invernadero. Actual orientación científica y técnica. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. España. 347 p.
- BASAURE, P. 1995. “Lombricultura. Manual Técnico”. Agroflore Lombricultura. Loncoche. Chile. 43 p.
- BENAVIDES, K.; VARGAS, C. 1989. Algunas consideraciones de carácter biológico y cuantitativo en *Eisenia foetida* alimentadas con sangre y contenido ruminal de vacuno. Tesis para optar al título de profesor de estado en Biología, Química y Ciencias Naturales. Universidad de la Frontera. Temuco. Chile. 74 p.
- BOHLEN, P. ; PARMELEE, R.; BLAIR J.; EDWARDS, C.; STINNER, B. 1995. Efficacy of manipulating earthworm populations in large – scale field experiments in agroecosystems. Soil. Biol. Biochem. Vol 27. Nº8 pp. 993-999.
- CALLEJAS, C.; LEAL, E.; OBREQUE, R. 1989. Determinación de la composición química de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) y sus variaciones al usar como nutrientes excedentes agrícolas de la Novena Región. Tesis conducente al título de profesor en Ciencias Naturales y Biología. Pontificia Universidad Católica de Chile Sede regional Temuco. 49 p.

- CASTILLO, A.; QUARÍN, S.; IGLESIAS, M. 2000. Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes. Rev. Agricultura Técnica Chile. 60 (1) pp. 74 – 79. Enero – marzo 2000.
- CLUZEAU, D.; FAYOLLE, L.; HUBERT, M. 1992. The adaptation value of reproductive strategy and mode in three epigeous earthworm species. Soil Biol. Biochem. 24: pp. 1309-1315.
- DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C. 1997. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. Soil Biol. Biochem. Vol. 29 (3/4). pp. 743-746.
- DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C.; WEBSTER, M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of earthworm *Eisenia andrei*. Pedobiología 44, pp. 24-32.
- DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C.; ASHBY, J. 2001. The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Oligochaeta) in cattle wastes solids. Pedobiología 45, pp. 341-353.
- EDWARDS, C.A.; BURROWS, I.; FLETCHER, K.E.; JONES, B.A. 1985. The use of earthworms for composting farm wastes. In: Composting of agricultural and other wastes. Gasser, J.K.R. (ed.). Elsevier Applied Science. Oxford, England. Pp: 229-241.
- EDWARDS, C.A. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In: Edwards CA, Neuhauser, E. F. (eds) Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, pp. 21–31.

- FARÍAS, D.; BALLESTEROS, M.; BENDECK, M. 1999. Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje. Revista Colombiana de Química. Volumen 28 (1). 5 p.
- FERRUZZI, C. 1988. "Manual de Lombricultura". ED. MUNDT-PRENSA (Madrid). 136 p.
- GUNADI, B.; BLOUNT, C.; EDWARDS, C. A. 2002. The growth and fecundity of *Eisenia fetida* (Savigny) in cattle solids pre-composted for different periods. Pedobiología 46, pp.15–23.
- GUNADI, B.; EDWARDS, C. A. 2003. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). Pedobiología 47. 9 p.
- HARTENSTEIN, R. 1981. Production of earthworms as a potentially economical source of protein. Biotech. Bioeng. 23 (8) pp. 1797-1811.
- HERNÁNDEZ, J.; RINCÓN, M.; JIMÉNEZ, R. 1997 Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) bajo condiciones de clima cálido. Rev. Fac. Agron. Universidad de Zulia (LUZ). (14) pp. 387-392.
- JADRIJEVIC, D.; CARRASCO, M.; VARNERO, M. T.; VENEGAS, L. 1989. Utilización de la lombriz *Eisenia foetida* en la degradación del guano animal. I. Guano de cerdo y conejo. Avances en producción animal N° 14 (1-2) pp. 169-189.
- JADRIJEVIC, D.; VARNERO, M. T.; CARRASCO, M.; LÓPEZ-ALIAGA, R. 1991. Utilización de la lombriz *Eisenia foetida* en la degradación del guano animal. II. Guano de bovino y caprino. Avances en producción animal N° 16 (1-2) pp. 189-201.

- LEÓN, S.; VILLALOBOS, G.; FRAILE, J.; GONZÁLES, N. 1992. Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*) utilizando compost y excretas animales. *Agronomía Costarricense* 16(1) pp. 23-28.
- NDEGWA, P. M.; THOMPSON, S.A.; DAS, K.C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids, *Bioresource Technology* 71(1) pp. 5-12
- NEUHAUSER, E. F.; HARTENSTEIN, R.; KAPLAN, D. I. 1980. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing. *Oikos* 35, pp. 93–98.
- POBLETE, M.; RUIZ, M. 1989. Ecología de tres lumbricidos presentes en Temuco, IX Región de Chile. Tesis conducente al título de profesor en Ciencias Naturales y Biología. Pontificia Universidad Católica de Chile sede regional Temuco. Chile. 44 p.
- REINECKE, A. J.; VILJOEN, S. A. 1990. The influence of worm density on growth and cocoon production of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 27, pp. 221–230.
- REINECKE, A. J.; VILJOEN, S. A. 1991. Vertical deposition of cocoons by the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Pedobiología*, 35, pp. 147-152.
- RUPERT, E.; BARNES, R. 1996. Zoología de los invertebrados. Sexta edición. Ed. McGraw- Hill Interamericana. México. 1135 p.

- SANTAMARÍA-ROMERO, S.; FERRERA-CERRATO, R.; ALMARAZ-SUAREZ, GALVIS-SPINOLA, A.; BAROIS-BOULLARD, I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* vol.35 (4) julio-agosto. pp. 377-384.
- STORER, T.; USINGER, R.; STEBBINS, R.; NYBAKKEN, J. 1982. *Zoología General*. Ed. OMEGA, S.A. Barcelona. España. 955 p.
- VELÁSQUEZ, L.; HERRERA, C. 1985. Producción de proteínas, humus y otros productos a partir del anélido *Eisenia foetida*. *Rev. Alimentos*, Vol. 10. pp. 38-41.
- VELÁSQUEZ, L. 1987. Lombricultura. Utilización industrial del invertebrado, perspectivas futuras tanto industrial como contaminante. *Creces*, 7. Pp. 7- 11.
- WERNER, M. 1990. Earthworm ecology and sustaining agriculture. Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, University of California. Vol. 1. (4).

Referencias Electrónicas

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE) 2003. Estadísticas Agropecuarias. Fecha de acceso 25 marzo de 2004 en línea <http://www.ine.cl>
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO (UCT) 2003 – 2004. Registros meteorológicos. Mario Ramírez. Fecha de acceso 31 Agosto de 2004 en línea <http://www.uct.cl/meteorología/>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Existencia de algunos recursos animales y producción diaria de estiércol y purines en la Novena Región.

Animal	Existencia (Miles cb.)	Producción (kg.) estiércol sólido.	Producción (lt.) purines líquidos	Producción diaria estiércol (Ton)	Producción diaria purines (lt.)
Bovinos	784,3	28,6	9,1	22.431	7.137.130
Porcinos	190,9	2,7	1,6	515	305.440
Ovinos	245,9	1,1	0,7	270	172.130
Aves	1.006,5	0,1	-	82	-
Caballar	37,7	16,1	3,6	607	135.720
TOTAL	2.265,3	48,6	15,0	23.905	7.750.420

Fuente: Elaboración propia a partir de distintos autores (www.inec.cl; BASAURE, 1995; CALLEJAS *et al.*, 1989; FERRUZZI, 1988)

ANEXO 2. Ganancia de peso individual registrado en *Eisenia foetida* en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Dia						
	0	15	30	45	60	75	90
ALD1	-	0,080	0,185 ab ¹	0,368 a	0,565 a	0,675 a	0,765 a
ALD2	-	0,086	0,181 ab	0,339 a	0,463 a	0,484 ab	0,454 a
ALD3	-	0,101	0,187 ab	0,344 a	0,400 a	0,336 b	0,320 b
ALD4	-	0,093	0,186 a	0,269 a	0,240 b	0,197 c	0,208 c
ALD5	-	0,078	0,144 b	0,168 b	0,162 c	0,143 d	0,155 d
BPD1	-	0,108	nr	nr	nr	nr	nr
BPD2	-	0,103	nr	nr	nr	nr	nr
BPD3	-	0,073	nr	nr	nr	nr	nr
BPD4	-	0,092	nr	nr	nr	nr	nr
BPD5	-	0,084	nr	nr	nr	nr	nr

¹ Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,005$, Mann-Whitney corrección de Bonferroni $?/10$)

nr = no registrado

ANEXO 3. Tasa de incremento de peso individual (mg/día) registrado en *Eisenia foetida* en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Intérvulo					
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
ALD1	5,30	7,00 a ¹	12,17 a ¹	13,17 a ²	7,33 a ²	6,00 a ²
ALD2	5,75	6,33 a	10,50 a	8,25 ab	1,42 abc	-2,00 abc
ALD3	6,71	5,75 a	10,46 a	3,75 b	-4,25 c	-1,08 c
ALD4	6,21	6,23 a	5,74 b	-1,91 c	-2,90 c	0,73 bc
ALD5	5,24	4,39 b	1,56 c	-0,37 d	-1,26 b	0,76 b
BPD1	7,16	nr	nr	nr	nr	nr
BPD2	6,83	nr	nr	nr	nr	nr
BPD3	4,83	nr	nr	nr	nr	nr
BPD4	6,15	nr	nr	nr	nr	nr
BPD5	5,59	nr	nr	nr	nr	nr

¹ Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$ ANOVA y Test de comparación múltiple de Tukey HSD)

² Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,005$, Mann-Whitney corrección de Bonferroni ? /10)

nr = no registrado

ANEXO 4. Longitud (mm.) registrada en *Eisenia foetida* en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Día						
	0	15	30	45	60	75	90
ALD1	32,26	47,27	52,23	64,11 a ¹	78,26 a ²	86,93 a ²	93,51 a ¹
ALD2	32,38	44,81	51,18	59,49 a	69,90 ab	69,60 b	78,00 a
ALD3	36,40	45,45	47,94	52,43 ab	64,71 b	62,65 b	68,64 b
ALD4	32,93	43,02	49,08	52,54 a	51,85 c	47,54 c	51,99 c
ALD5	29,28	39,96	45,17	45,42 b	47,93 c	42,82 c	45,49 d
BPD1	32,20	29,17	nr	nr	nr	nr	nr
BPD2	33,52	42,31	nr	nr	nr	nr	nr
BPD3	27,93	37,77	nr	nr	nr	nr	nr
BPD4	32,71	42,32	nr	nr	nr	nr	nr
BPD5	33,95	39,23	nr	nr	nr	nr	nr

¹ Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,005$, Mann-Whitney corrección de Bonferroni ? /10)

² Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$ ANOVA y Test de comparación múltiple de Tukey HSD)

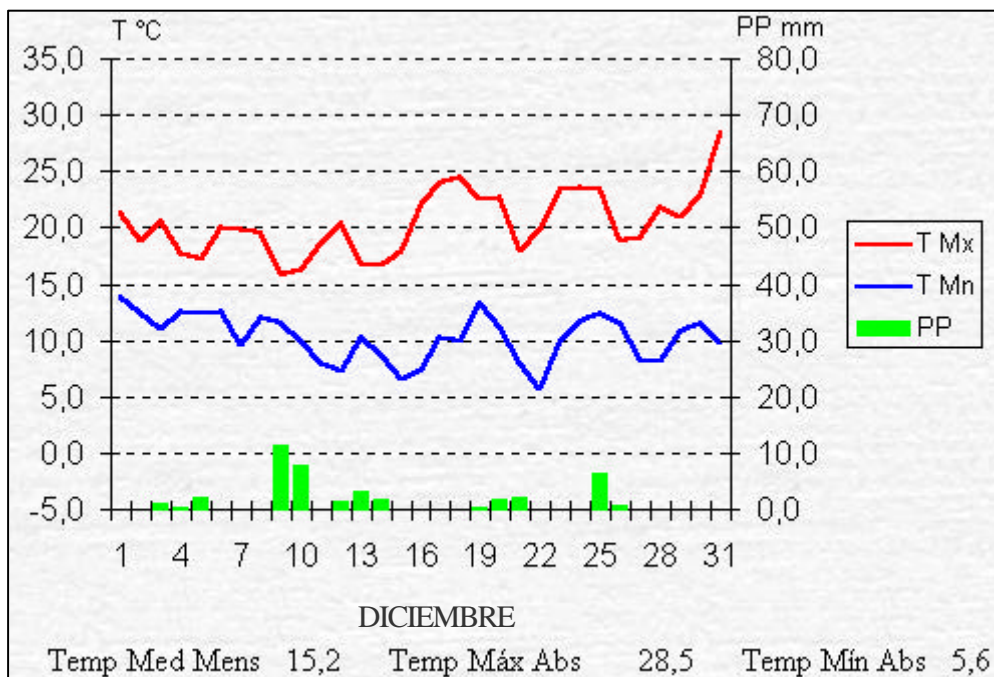
nr = no registrado

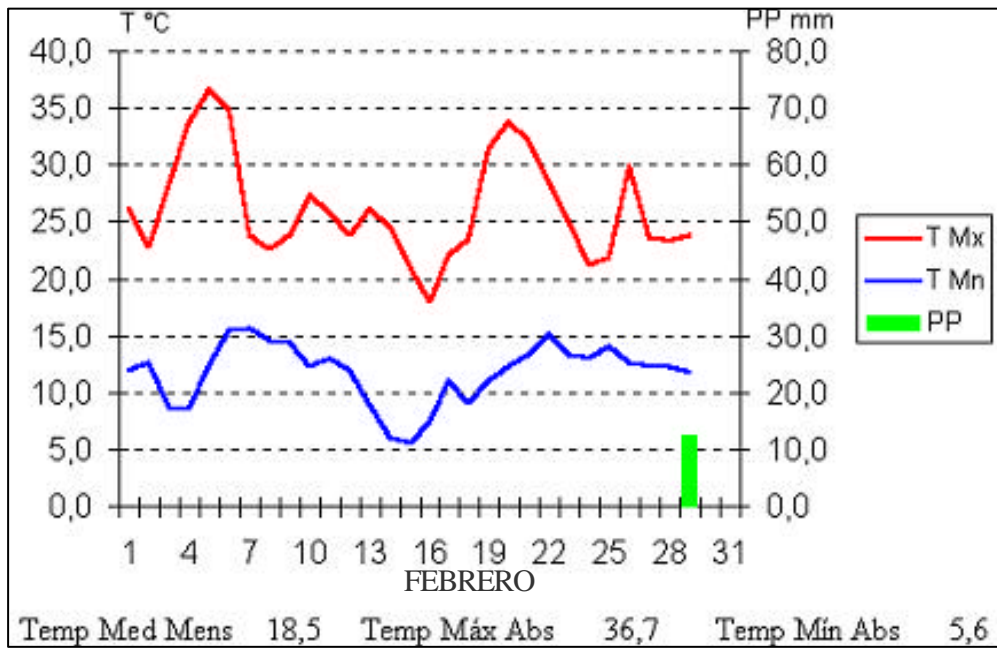
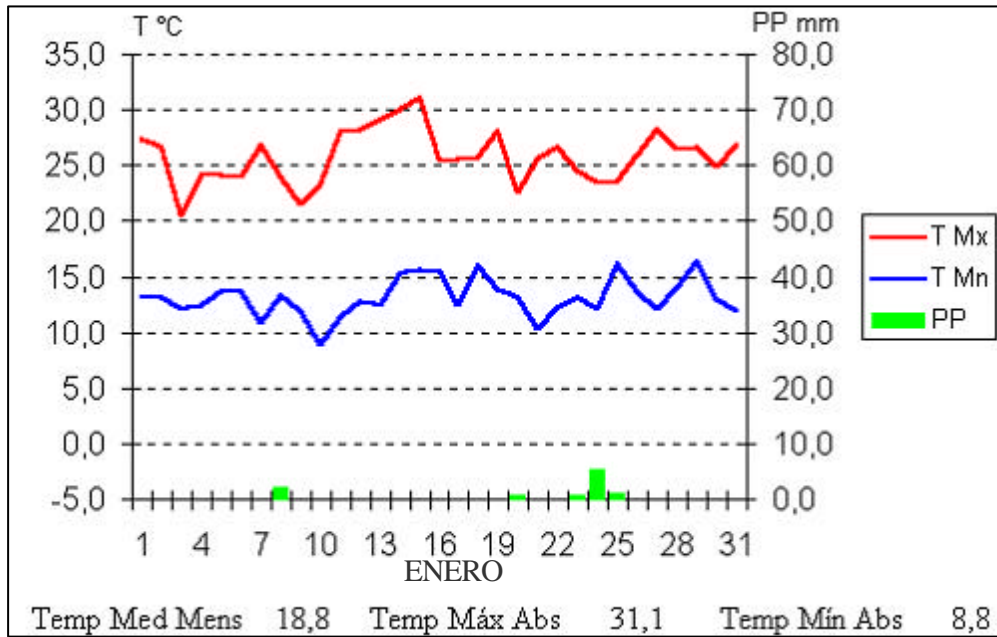
ANEXO 5. Diámetro del clitelio (mm.) registrado en *Eisenia foetida* en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Día				
	30	45	60	75	90
ALD1	3,46	3,97 a	4,77 a	5,47 a	5,10 a
ALD2	3,68	4,07 a	4,60 a	4,66 ab	4,28 a
ALD3	3,29	3,73 a	4,45 a	4,22 b	4,22 a
ALD4	3,70	3,80 a	3,64 b	3,45 c	3,42 b
ALD5	3,51	3,07 b	3,09 c	3,16 d	3,17 b
BPD1	nr	nr	nr	nr	nr
BPD2	nr	nr	nr	nr	nr
BPD3	nr	nr	nr	nr	nr
BPD4	nr	nr	nr	nr	nr
BPD5	nr	nr	nr	nr	nr

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$ ANOVA y Test de comparación múltiple de Tukey HSD)
nr = no registrado

ANEXO 6 .Temperatura ambiental media diaria y precipitaciones registradas en Temuco desde Diciembre de 2003 hasta Febrero de 2004. Fuente: <http://www.uct.cl/meteorología/>

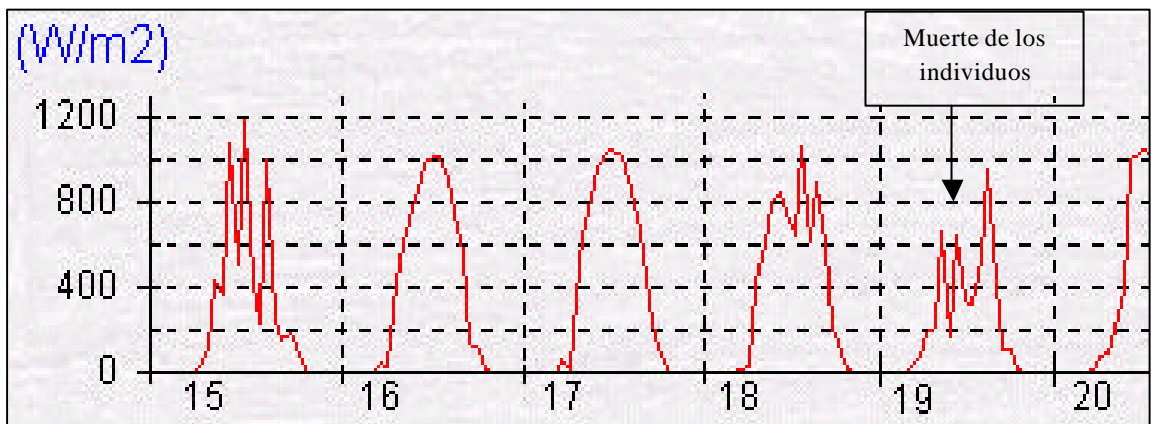




ANEXO 7 .Temperatura semanal registrada en el campo experimental, al interior del invernadero y en los medios de cultivo. Fuente: Elaboración propia

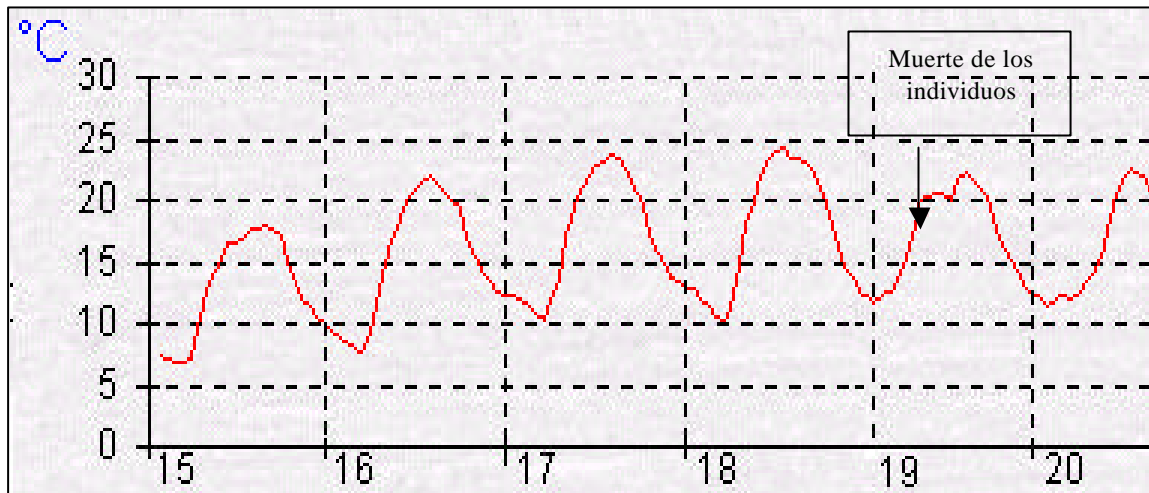
Fecha	Temperatura ambiental °C (A)	Temperatura interior invernadero °C (B)	Temperatura medios °C (C)	B - A	C - B
22-Nov-03	17,5	31,4	28,2	13,9	-3,2
29-Nov-03	18,3	32,2	31,5	13,9	-0,7
06-Dic-03	19,2	34,5	35,0	15,3	0,5
13-Dic-03	15,5	28,3	26,2	12,8	-2,1
20-Dic-03	21,0	35,8	35,0	14,8	-0,8
Promedio	18,3	32,4	31,2	14,1	-1,3

ANEXO 8 .Temperatura ambiental registrada en Temuco desde el 15 al 20 de Diciembre de 2003.



Fuente: <http://www.uct.cl/meteorología/>

ANEXO 9. Radiación Solar registrada en Temuco desde el 15 al 20 de Diciembre de 2003.



Fuente: <http://www.uct.cl/meteorología/>

ANEXO 10. Peso fresco de recipientes registrado en los distintos tratamientos dentro del invernadero el día 19 de Diciembre.

Tratamiento	Peso fresco registrado					Peso fresco Inicial (B)	(B - A) Pérdida Humedad (C)	Humedad Inicial (D)	Humedad Final (D-C)
	rep 1	rep 2	rep 3	rep 4	\bar{X} (A)				
BPD1	74,6	73,2	75,5	71,1	73,6	100,0	26,4%	85%	58,6%
BPD2	76,8	74,3	73,3	77,6	75,5	100,0	24,5%	85%	60,5%
BPD3	78,9	75,5	73,2	74,9	75,6	100,0	24,4%	85%	60,6%
BPD4	80,1	78,2	71,4	71,5	75,3	100,0	24,7%	85%	60,3%
BPD5	68,4	69,4	71,3	76,6	71,4	100,0	28,6%	85%	56,4%
Promedio					74,3	100,0	25,7%	85%	59,3%