

"AÑO DE LA INTEGRACIÓN NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA



(Creada por Ley N°25265)



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
ZOOTECNIA

TESIS

"EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL, PESO Y LONGITUD DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) ALIMENTADAS EN ESTIÉRCOL Y COMPOST DE BOVINO Y OVINO".

PRESENTADO POR LAS BACHILLERES:

CCASANI MULATO, Norma
POMA ENRIQUEZ, América

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA

HUANCAVELICA - PERU

2012



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 07 días del mes de marzo del año 2012, a horas 8:30 a.m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Dr. Alfonso Gregorio CORDERO FERNÁNDEZ (PRESIDENTE)**, **Dr. Manuel CASTREJON VALDEZ (SECRETARIO)**, **Ing. Blas REYMUNDO CÓNDOR (VOCAL)**, designados con la resolución N° 106-2012-FCI-COG-UNH, de fecha 24-02-2012, y ratificados con la Resolución de Decano N° 040-2012-FCI-COG-UNH de fecha 02 de marzo del 2012, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL, PESO Y LONGITUD DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) ALIMENTADAS CON ESTIÉRCOL Y COMPOST DE BOVINO Y OVINO", presentada por los Bachilleres **Norma Ccasani Mulato** y **América Poma Enríquez**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Zootecnista**; en presencia del **M.Sc. William Herminio SALAS CONTRERAS** Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizada la evaluación a horas...*10:00*...; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

Norma CCASANI MULATO

APROBADO POR...*Mayoría*...

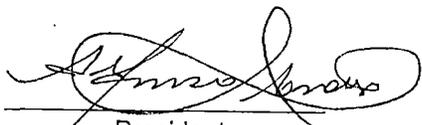
DESAPROBADO

América POMA ENRÍQUEZ

APROBADO POR...*Mayoría*...

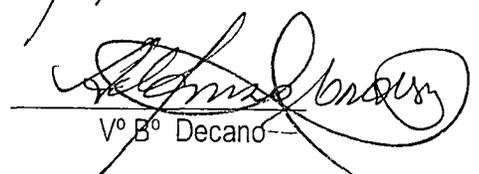
DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos a continuación:


Presidente


Secretario


Vocal


Vº Bº Decano

*Al poderoso por guiar
nuestros pasos y seguir
adelante.*

*A nuestros padres por darnos el
don de la vida, familiares por
darnos fuerzas para seguir y
encaminarnos por el bien.*

AGRADECIMIENTOS:

Al M.Sc. Ing. William H. Salas Contreras por su asesoramiento para la culminación de la presente tesis.

Al Ing. Javier H. Contreras Rodríguez, Coordinador de la Área de Zootecnia de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo – UNCP, por su asesoramiento de la parte experimental del trabajo.

Al Ing. Cayo Parra Vásquez, Administrador de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo – UNCP, por brindarnos las facilidades en dicha Institución para la ejecución de este trabajo.

A los trabajadores de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo – UNCP del Área de Zootecnia por su apoyo incondicional.

Al Ing. Marcelo Oyague, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias Satipo – UNCP, en especial a la Escuela Académico Profesional Zootecnia Tropical.

A los profesionales que nos brindaron su apoyo moral para emprender este trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
I. REVISIÓN LITERARIA	10
1.1. Generalidades	10
1.1.1. La lombriz roja californiana	10
1.1.2. Origen e importancia de la lombriz	11
1.1.3. Variedad de la Lombriz	12
1.1.4. Características generales de la lombriz roja californiana	13
1.1.5. Reproducción	17
1.1.6. Alimentación y nutrición	19
1.1.7. El estiércol	23
1.1.7.1 Características del estiércol del bovino	25
1.1.7.2 Características del estiércol del ovino	26
1.1.8. El compost	27
1.1.8.1. Manejo del compost	28
1.1.8.2. Tiempo de compostaje	30
1.1.9. Siembra de lombrices	30
1.1.10. Humus de lombriz	31
1.1.11. Cosecha de humus	32
1.2. Densidad poblacional	32
1.3. Peso individual	33
1.4. Longitud de la lombriz	34

II. MATERIALES Y MÉTODOS	36
2.1. Ubicación del experimento.	36
2.2. Duración del experimento	36
2.3. Sustrato orgánico y lombriz utilizada	36
2.4. Tratamiento en estudio.	37
2.5. Fase de acondicionamiento (compostaje)	38
2.6. Fase experimental (siembra de lombrices)	39
2.7. Toma de datos	39
2.8. Variables en estudio	41
2.9. Análisis estadístico	41
III. RESULTADOS	43
3.1. Densidad poblacional (m ³)	43
3.2. Peso de la lombriz (g.)	46
3.3. Longitud de la lombriz (cm.)	47
IV. DISCUSION	48
4.1. Densidad poblacional (m ³)	48
4.2. Peso de la lombriz (g.)	49
4.3. Longitud de la lombriz (cm.)	49
V. CONCLUSIÓN	
VI. RECOMENDACIÓN	
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	
ANEXO	

5

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Composición química de los principales desechos biodegradables usados en la alimentación de la lombriz californiana.	25
2. Composición química del compost de bovino	28
3. Composición química del humus.	32
4. Tratamientos en estudio.	37
5. Repeticiones por tratamiento.	38
6. Medias de la densidad poblacional de la lombriz roja californiana alimentada con estiércol fresco y compost.	44
7. Interacción para la densidad poblacional de la lombriz californiana en el tipo de estiércol frente a la condición del estiércol.	45
8. Interacción para la densidad de la lombriz californiana en condiciones de estiércol fresco y compost frente al tipo de estiércol.	46
9. Medias del peso de la lombriz roja californiana en el estiércol de bovino y ovino, en función a la condición del estiércol fresco y compost.	47
10. Medias de la Longitud de la lombriz californiana en el estiércol de bovino y ovino, en función a la condición del estiércol.	47

RESUMEN

En la Estación Experimental Agropecuaria Satipo de la Universidad Nacional del Centro del Perú, se evaluó la densidad poblacional, peso y longitud de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia foétida*) alimentada con estiércol y compost de bovino y ovino. El experimento tuvo una duración de 90 días, instalado en una superficie plana de 30 m², techado con calamina y dividido en 4 tratamientos (estiércol fresco de bovino, compost de bovino, estiércol fresco de ovino y compost de ovino), 16 unidades experimentales, las cuales fueron distribuidas en volúmenes de 0,2 m³ (1m x 1m x 0,2m), que alojaron 800 lombrices por lecho es decir, utilizando 12,800 lombrices al inicio de la siembra. El estudio fue sometido a un diseño completamente aleatorio, con arreglo factorial de 2x2, y las medias fueron contrastadas con la prueba de Tukey. Luego de 90 días de sembrado se encontraron densidades diferentes de la lombriz roja californiana ($p < 0,05$) a causa del estiércol utilizado y por la condición del estiércol; resultando valores mayores ($p < 0,05$) para el estiércol de bovino (202 149,38 lombrices/m³) frente al estiércol ovino (87 836,22 lombrices/m³). Para el peso y la longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) a causa del estiércol utilizado, condición del estiércol; registrándose valores medios en general de 0,76 gr/lombriz y 7,58 cm/lombriz para el peso y longitud, respectivamente.

INTRODUCCIÓN

Las lombrices, proveen abono orgánico que mejora tanto las propiedades químicas del suelo, como las propiedades físicas y biológicas, contribuyendo igualmente a la solución del problema de la contaminación del ambiente. En forma paralela a la producción de abono, constituye en una actividad que también puede generar ingresos económicos, ya sea en forma de harina o bien de pie de cría; por su alto contenido de proteína, la lombriz puede ser utilizada en la alimentación animal y humana Duran y Henríquez, (2009)

En la Selva Central tenemos fuentes de residuos vegetales y estiércol de diferentes especies animales, los mismos que se vienen desperdiciando al no aprovecharlos eficientemente. Estos residuos orgánicos pueden ser utilizados como alimento para la crianza intensiva de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*), las cuales transformaran el estiércol o compost en un abono de alta calidad (humus) para aprovechar estos sustratos orgánicos, tiene que estar en condiciones óptimas; por ello, es necesario someter a un proceso de estabilización conocido como compostaje Castillo *et al.*, (2000). El proceso de compost se realiza en un periodo

considerable de 17 días. En este sentido, el objetivo es efecto del estiércol fresco y compost de los animales, sobre el comportamiento de la *Eisenia foétida*. El objetivo específico del presente trabajo consistió en evaluar la densidad poblacional, peso y longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) alimentadas con estiércol fresco y compost de bovino y ovino.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Generalidades

1.1.1. La Lombriz roja californiana.

La lombriz roja californiana 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).

La lombriz roja californiana es un animal hermafrodita e incompleto. Es hermafrodita porque cada lombriz posee dos órganos sexuales (macho y hembra) separados, o sea, produce óvulos y espermatozoides a la vez. Es incompleto porque a pesar de tener dos órganos sexuales no puede auto fecundarse y para propagar su propia especie tiene que copular (acoplarse) e intercambiar óvulos y espermatozoides con otra lombriz, Sánchez, (2003).

Es capaz de soportar grandes densidades de crianza, hasta 50 000 lombrices por metro cuadrado. El medio óptimo donde la

lombriz se desarrolla está ubicado en zonas donde la temperatura promedio es de 19° a 20 °C. La lombriz se inactiva tanto al frío (0°C) como al calor elevado (42 °C). Se alimenta de materia orgánica en descomposición, y sólo necesita que este alimento se encuentre húmedo y blando. Consume diariamente 1 gramo de materia orgánica descompuesta y excreta el 60 % de lo consumido en forma de humus, ONGPE, (2009).

La lombricultura engloba las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento, por medio de éstas, a los residuos orgánicos, EEMASL, (2000); convirtiéndose así, en una tecnología moderna que transforma los desechos orgánicos (estiércol, restos de plantas, etc.) en abonos (humus) y proteínas en cantidades por hectárea como ninguna otra actividad zootécnica lo logra, Sánchez, (2003).

1.1.2. Origen e importancia de la lombriz

Según Compagnoni (1983), el cultivo de lombrices nació y se desarrolló en Norteamérica con Hugh Carter en 1947. Así se va extendiendo por Europa, Asia y América. En 1973, gracias a una dedicada selección, la Universidad Agrícola de California encuentra otra especie de lombriz, con una capacidad superior a la tradicional: la lombriz roja californiana, Ferruzzi, (1987).

La lombriz es el animal que adopta el rol más importante dentro de las creaciones, porque cierra el circuito entre la vida y la muerte.

Este animal consume materia orgánica muerta y la convierte en vida (humus), Bergquiel, (1987); es así, como transforma los residuos agrícolas, industriales, urbanos y estiércoles, en productos de gran valor económico y ecológico tales como: carne, harina y humus de lombriz, que contribuyen a la conservación del medio ambiente, Cañari, (2002).

A través de esta actividad, también se puede obtener otros productos base para la industria farmacéutica. A partir del líquido celomático, se han producido antibióticos para uso animal y humanos. Características como el no sangrar al producirse un corte, ser inmune al medio contaminado en el cual vive y la elevada capacidad de regeneración de sus tejidos, son motivos de investigación, Sánchez, (2003).

1.1.3. Variedad de la Lombriz.

En la lombricultura intensiva, actualmente los tipos de lombrices más utilizados son tres: la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*), la lombriz roja (*lombricus rubellus*) y la lombriz rojo híbrido o negra africana (*Eudrillus eugeniae*). Entre estas lombrices la más versátil y rentable es la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*), por ser longeva, estas viven 16 años y son prolíficas (1,500 lombrices/año) y sus deyecciones rica en flora bacteriana (prácticamente el 100%, 2 x 100¹² colonias /g con dos billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de humus producido), Ferruzzi, (1987).

A demás, se ha experimentado en diferentes condiciones de clima y altitud, en cautiverio sin fugarse de su lecho, alimentándose con mucha voracidad de todo tipo de residuos orgánicos, Sánchez, (2003).

1.1.4. Características de la lombriz roja californiana

La clasificación zoológica de la lombriz roja californiana la ubica en el Reino: animal; Tipo: anélido; Clase: oligoqueto; Orden: opistoporo; Familia: lombricidae; Género: eisenia y Especie: *E. foétida*, Sánchez, (2003).

Esta especie se adapta a un amplio rango de temperaturas, su óptima 22°C y sus niveles críticos oscilan entre 0 y 42°C, en la medida que se aleja del óptimo se reduce la ingestión de alimento y su función reproductora, Galvis, (1991).

La *Eisenia foétida* presenta una coloración rojo oscura, respira por la piel, mide de 6 a 10 cm de largo, de 3 a 5 mm de diámetro y pesa de 0,24 a 1g. Sánchez, (2003); Coronel, (2001); tiene una vida útil de 4 a 16 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1300 lombrices por año; la incubación es de 14 a 21 días, maduran sexualmente a los 90 días, Sánchez, (2003), donde se visualiza un anillo de mayor espesor o diámetro que el resto del cuerpo llamado clitelium. Ferruzzi, (1987).

Estas lombrices alcanzan la máxima capacidad reproductiva a temperaturas que van de 14 a 27°C. Sánchez, (2003). Sin embargo se

ha comprobado que bajo temperaturas de 31°C promedio, esta lombriz roja mantiene un adecuado ritmo de crecimiento y reproducción, Hernández *et. al.*, (1997).

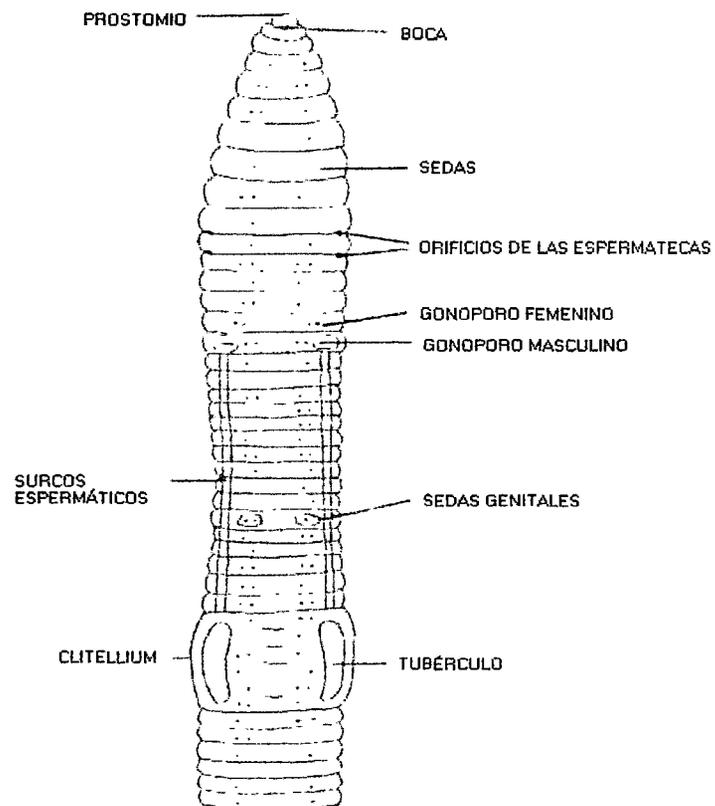
Las lombrices recién nacidas son de color blanco, se vuelven rosadas a los 5 ó 6 días y se convierten definitivamente a rojo oscuro de los 15 a 20 días el tamaño del individuo adulto se alcanza a la edad de 7 meses ; su temperatura corporal oscila entre 19°C y 20°C y presenta una humedad de 82%. Fuentes, 1982; Ferruzzi, (1987).

Una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso: el 60% se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Se acopla regularmente cada 7 días, desde los tres meses de edad, si la temperatura y la humedad del medio son adecuadas. Coronel, (2001).

a) Características externas

La lombriz tiene un color rojizo en el dorso y rojo pálido en la parte ventral, tiene un total de 95 anillos, la boca se encuentra en el anillo 1, no presentan dientes ni mandíbulas (succiona), lóbulo carnoso o Prostomio (espolón), la cutícula es la pared exterior que recubre la epidermis posee glándulas en todos los anillos que secretan Mucus, lo que permite su humedad y flexibilidad, presentan quetas o cerdas dos ventrales y dos laterales entre el anillos 2 y 94, el nefridioporo es una abertura excretora que esta ubicada en la parte lateroventral a cada lado de los anillos 4 a 94, el

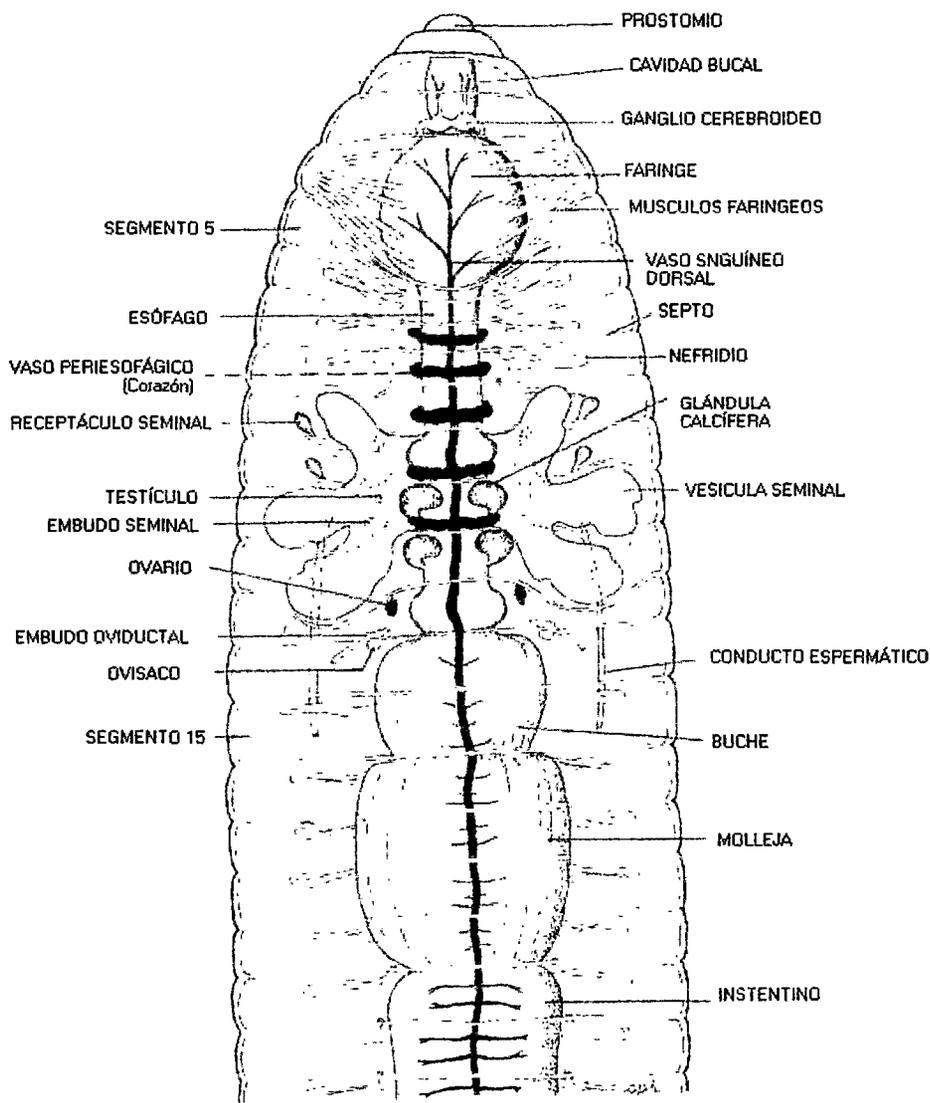
poro dorsal esta ubicado entre los anillos 8 - 9 y 95 que comunica la cavidad del cuerpo y el exterior del surco de cada anillo, tiene un receptáculos seminales ubicados en la parte lateral de los surcos entre los anillos 9 - 10 y 10 - 11, los conductos espermáticos son pares que están ubicados ventralmente en el anillo 15, los poros de células sensitivas ubicadas en todos los anillos, el clitelio es el órgano que cumple funciones reproductivas, ubicado entre los anillos 32 y 37 y el ano es una abertura oval y vertical ubicada en el anillo 95.



b) Características internas

La boca – cavidad bucal comprende entre los anillos, 1 al 3, la faringe bomba succionadora ubicada entre los anillos 4 y 5, posee glándulas que lubrican el alimento y fibras musculares externas, el esófago esta ubicado entre los anillos 6 y 14, posee tres pares de glándulas calcíferas a cada lado llamadas Glándulas de Morren cuya función es neutralizar con carbonato cálcico los ácidos orgánicos (alimento digerido se vuelve alcalino), el buche es un órgano ubicado entre los anillos 15 y 16 que cumple la función de almacenamiento del alimento, la molleja es un órgano que esta ubicado entre los anillos 17 y 18, constituido de firmes paredes musculares tapizadas interiormente por una cutícula. Su función es triturar el alimento con ayuda de granos de arena en su interior el tubo digestivo, su acción la realiza a través de enzimas y microorganismos, el celoma que contiene un líquido acuoso fétido, lo que permite humedecer el exterior del cuerpo de la lombriz a través de poros dorsales, el peritoneo es una tela exterior que recubre el celoma.

Sistema digestivo de la lombriz



1.1.5 Reproducción

La lombriz de tierra es hermafrodita dependiente y alcanza la madurez sexual entre el tercer y quinto mes de edad (Velásquez, 1987), con una longitud y peso de 47,4 mm y 0,406 g respectivamente, como lo indica Pobletey Ruiz, (1989).

El hecho de ser hermafrodita implica que cada lombriz está dotada de un aparato genital masculino y de otro femenino. El aparato reproductor masculino comprende dos pares de testículos alojados en el segmento 10 y 11. Los testículos se comunican con tres pares de voluminosas vesículas seminales, en las cuales completan su desarrollo los espermios, Ferruzzi, (1988).

El aparato reproductor femenino está formado por un par de ovarios alojados en el anillo 13. Una vez maduro los óvulos se ubican dentro de la boquilla ciliada que se prolonga por dos oviductos, los cuales se abren hacia el exterior a través de los orificios genitales femeninos (gonoporos), situados en el anillo 14 Storer *et. al.*, (1982).

La cópula en los oligoquetos consiste en 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 lombricidos, el clitelio de uno de los gusanos, situado posteriormente, se fija a los segmentos que contienen las espermatecas del otro individuo, Rupert y Barnes, (1996).

La copula dura de dos a cuatro horas y sólo se realiza durante la noche, aunque también se ha observado que pueden copular durante el día Basaure, (1995). Posteriormente cada lombriz expulsa una capsula o huevo que eclosiona aproximadamente a los 17 teniendo un rango de 14 a 21 días Velásquez y Herrera, (1985); Ferruzzi, (1988). Sin

embargo, Poblete y Ruiz (1989) encontraron que la *Eisenia foétida* presentó una media de eclosión igual a 47 días.

Características reproductivas

Gutiérrez *et. al.*, (2007), al utilizar estiércol fresco de bovino y ovino observó que el 100% de las lombrices murieron al tercer día, lo que coincide con el reporte de Gunadi y Edwards, (2003) en el sentido de que la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) no puede sobrevivir en sólidos frescos de ganado a nivel de laboratorio. Contrariamente, Sophary *et. al.*, (2002) y Manh, (2003), señalan que la lombriz *Eisenia foétida* si sobrevive en el estiércol fresco de ganado, cabe señalar que estos trabajos fueron realizados bajo sombra con diferentes proporciones de estiércol y densidad de lombriz, Sophary *et. al.* (2002) recomienda que debe incluirse de 5 a 25 g de lombriz por kg de estiércol fresco, y en los futuros experimentos sobre esta línea de investigación considerar los intervalos para proporcionar el estiércol.

1.1.6. Alimentación y nutrición

Las lombrices son saprófagos, ya que su alimentación se basa en residuos biodegradables, desde el detritus orgánico hasta las coprolitos animales, teniendo preferencia por estas últimas lo que las individualiza de las demás especies, Callejas *et. al.*, (1989).

El aparato digestivo de la lombriz roja californiana 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. 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”, 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 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 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 Basaure, (1995).

El esófago está 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. Finalmente la

materia orgánica ingerida pasa al tubo digestivo donde la acción de enzimas secretadas por la propia lombriz y de más de 500 mil millones de microorganismos que se encuentran presentes, permiten que aproximadamente el 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).

Las lombrices comen casi toda sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para los azúcares, consumen residuos orgánicos de mercado que contienen altos contenidos de sacarosa, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y por tanto, mayor será la producción de carne de lombriz y humus. Como las lombrices son muy voraces y les gusta la celulosa, aceptan el papel y el cartón, siempre y cuando estén bien humedecidos, el estiércol de bovino puede ser usado sin necesidad de mezclarlo, debido a su alto contenido de celulosa. El estiércol de ovino debe ser regado debido a su consistencia y compactación INDICAP, (1990).

En condiciones térmicas óptimas se añadirán entre 20 y 30 kilos de alimento por lecho, en una capa de 5 a 10 cm., cada 10 a 15 días, cuyo principal objetivo es mejorar la aireación y en el supuesto de que alguna porción del alimento no estuviera totalmente fermentada. El alimento que se les proporcionara será materia

orgánica parcial o totalmente descompuesta, así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75° C), mataran las lombrices Ferruzi, (1987).

Es importante conservar la humedad, pero cuidando que no se produzcan inundaciones. También debe controlarse el pH del alimento entre 5 y 9, aproximadamente, siendo 7 el ideal Benavides y Vargas, (1989).

El mejor método para comprobar si el alimento es apto, consiste en colocar en un pequeño recipiente el alimento, luego poner sobre el alimento unas cuantas lombrices y exponerlos a la luz del sol, si las lombrices se entierran rápidamente y no salen del recipiente en unos minutos, el alimento es apto para su consumo; pero si por el contrario, no se entierran y huyen rápidamente del recipiente, o mueren antes de las 48 horas en el medio de prueba, nos encontramos ante un alimento que aun no esta listo para ser consumido, se recomienda hacer esta prueba antes de darle a las lombrices cualquier alimento que sea nuevo para ellos. Los alimentos orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados destacando compost, desperdicios de mataderos, residuos vegetales procedentes de explotaciones agrícolas, estiércoles de especies domesticas, frutas y tubérculos no aptos para el consumo humano, residuos orgánicos en general Sánchez, (2003)

1.1.7. El estiércol

El estiércol es el excremento de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La calidad de los estiércoles depende de la especie animal, del tipo de cama y del manejo que se les brinde a las excretas antes de ser aplicados. El contenido promedio de elementos químicos es de 1,5% de nitrógeno, 0,7% de fósforo y 1,7% de potasio. Labrador, (2001).

El estiércol (guano) es una sustancia rica y compleja formada principalmente por celulosa (apetecible y degradable por las lombrices) y agua. También contiene una variada población de microorganismos, los que intervienen en la descomposición del estiércol, convirtiéndolo 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).

Para lograr las condiciones óptimas del medio se requiere someter al alimento a un proceso de estabilización, 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 de la temperatura del sistema el proceso puede ser dividido en cuatro etapas: hemofílica, hemofílica, 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 carbono/nitrógeno. 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 precompostaje agrega algo mas de tiempo al proceso pero podría salvaguardar el crecimiento y sobrevivencia de las lombrices, no obstante este proceso podría decrecer la cantidad de alimento para el crecimiento y reproducción de la *Eisenia foétida*. Gunadi *et. al.*, (2002).

La composición de los residuos biodegradables utilizados en la alimentación de la *Eisenia foétida* principalmente del estiércol, depende de parámetros como: Humedad, cantidad de orina incluida, grado de descomposición, pérdidas del manejo y almacenamiento, tipo del animal, edad, clase de alimento que ingiere, etc. Callejas *et. al.*, (1989).

Cuadro 1. Composición química de los principales desechos biodegradables usados en la alimentación de la lombriz (*Eisenia foétida*).

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).

Los estiércoles provenientes de animales menores tienen porcentajes más altos de NPK, que el resto de los animales. Tanto el estiércol líquido como el sólido son más concentrados. Sariá, (1990).

1.1.7.1. Características del estiércol de bovino

El estiércol del bovino es muy bueno, utilizable también como sustrato inicial y como alimento durante la producción de lombrices. Ferruzi, (1987).

El tiempo de envejecimiento del estiércol es de 6 a 7 meses; El estiércol proveniente de terneros debe contener

máximo un 45% de proteína, de lo contrario es tóxico y mortal para la lombriz. El sustrato de bovino se puede encontrar en tres formas: **Estiércol fresco**, de consistencia pastosa, con pH muy alcalino, lo cual no es recomendable para la lombriz; **Estiércol maduro**, de 10 a 18 días de producido por el animal, de consistencia semipastosa, con pH estabilizado entre 7,0 y 8,0, considerado como sustrato adecuado y aceptado, puesto que presenta las condiciones óptimas para la crianza de lombrices; y **Estiércol viejo**, con más de 20 días de producido por el animal, de consistencia pastosa, dura y se desmorona al apartarse con la mano. Este sustrato no se recomienda para la crianza de lombrices, puesto que su pH es altamente ácido y las lombrices pueden entrar en un período de estrés. Además pueden inducir al desarrollo de la planaria. INDICAP, (1990).

1.1.7.2. Características del estiércol de ovino

El estiércol de ovino es un producto de buenas condiciones, con una edad disponible que va desde 1 día a 8 meses. Normalmente este estiércol se presenta como una capa muy compacta y endurecida por la acción del peso de las ovejas, con un espesor de 80 a 90 cm. Antes de almacenarlo, es aconsejable regarlo abundantemente durante varios días consecutivos, mezclarlo a fondo de forma tal que

su envejecimiento y su acidez siga un proceso uniforme. Es conveniente esperar de 3 a 4 meses para dejar que el producto llegue a su perfecta maduración controlando mensualmente su pH. Ferruzi, (1987).

Los estiércoles de ovino presentan una composición química de Nitrógeno (N) 8,2%, Fósforo (P) 2,1% y Potasio (K) 8,4%. INDICAP, (1990).

1.1.8. El compost

El compost o “composting” es el proceso biológico aerobio, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener compost. Cerisola, (1995).

El compost es un proceso que tiene lugar en presencia de oxígeno, en el que se da una sucesión de condiciones diferentes debido a la actividad combinada de una amplia gama de bacterias y hongos que llevan a cabo la oxidación de la materia orgánica, con la consiguiente producción de calor, que eleva la temperatura de la masa, y de sustancias elementales útiles a la vida de las plantas. Tchobanoglous *et. al.*, (1994).

Cuadro 2. Composición química del compost de bovino

Nutriente	Contenido
Materia orgánica	65 - 70 %
Humedad	40 - 45 %
Nitrógeno	1,5 - 2 %
Fósforo como P ₂ O ₅	2 - 2,5 %
Potasio como K ₂ O	1 - 1,5 %
Relación C/N	10 - 11
Ácidos húmicos	2,5 - 3 %
pH	6,8 - 7,2
Carbono	14 - 30 %
Calcio	2 - 8 %
Magnesio	1 - 2,5 %
Sodio	0,02 %
Cobre	0,05 %
Hierro	0,02 %
Manganeso	0,06 %

Fuente: Cerisola (1995).

El compost es un proceso biológico controlado que asegura la fermentación y descomposición en presencia de aire de residuos orgánicos, obteniendo un producto final más o menos estable, libre de materiales extraños, de aspecto parecido a la tierra; la obtención del compost se puede obtener a partir de los 45 a 60 días de haber preparado el alimento. Cañari, (2002).

1.1.8.1. Manejo del compost

Sztern y Pravia, (1996) indican que nunca se debe adicionar material nuevo a la mezcla que ya ha sido conformada, y sugiere registrar, de cada unidad de compost, los datos más relevantes: Fecha de conformación, relación Carbono/Nitrógeno de entrada, temperatura del

material antes de su ingreso al sistema y la temperatura ambiente. Los mismos investigadores describen el manejo del compost, como sigue:

- **Homogenización y aireación de la masa en compost,** este procedimiento, tiene por objetivos; favorecer los metabolismos aerobios y procurar que el proceso se cumpla homogéneamente en toda la masa en compostaje, esta operación se puede hacer tanto manualmente como mecánicamente.

Siempre debe procurarse en los movimientos que el material perteneciente al núcleo de compostaje pase a formar parte de la corteza y éste del núcleo.

- **Aireación y riego,** no existen frecuencias preestablecidas de aireación y riego que resulten aplicables para todos los casos posibles. Las aireaciones excesivas, son tan perjudiciales como los riegos en exceso.

Uno de los parámetros, que nos resultará de fácil determinación es la temperatura y es a partir de la misma que podremos en gran parte, ejercer un control sobre el proceso.

1.1.8.2. El tiempo de compostaje (Tc)

Sztern y Pravia, (1996) refieren por el tiempo de compost (Tc), al periodo transcurrido desde la conformación de una parva o camellón hasta la obtención de compost estable; el mismo que varía según las características de los residuos a compostar, las condiciones climatológicas (temperatura, ambiente, porcentaje de humedad relativa), manejo fisicoquímico, manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener. El tiempo de compost, es un parámetro que puede ser controlado y establecido con cierto grado de certeza.

1.1.9. Siembra de lombrices

Para la siembra de lombrices, Ferruzzi, (1987), precisa que, antes de poner a las lombrices en contacto directo con el alimento en los lechos, se debe asegurar que la fermentación del material haya finalizado, para lo cual se procede a realizar una prueba que garantiza la supervivencia y se llama comúnmente prueba de 50 lombrices (P50L). Para realizar la prueba se procede a colocar en una caja de madera (30 cm x 30 cm x 15cm). Pasadas las 24 horas hay que verificar si las 50 lombrices aun se encuentran.

Por su parte, Cañari, (2002), para colocar las lombrices en el lecho, aconseja verificar la temperatura, pH y humedad del alimento. También nos especifica que después de la siembra de los anélidos,

mantener húmedo el alimento, regando de preferencia a manera de lluvia fina, el grado de humedad adecuada se reconoce cuando al exprimir un puñado de alimento salen unas cuantas gotas de agua. No se debe dejar compactar el alimento, si ello ocurre hay que descompactarlo para oxigenar el lecho y hacer esponjoso y útil el alimento para las lombrices.

1.1.10. Humus de lombriz

Azabache, (2003), se refiere al humus como las excretas de las lombrices dedicadas a transformar los residuos orgánicos y también a lo producido por las lombrices de tierra como desechos de digestión.

Es un abono de mejor calidad debido, particularmente, a su efecto en las propiedades biológicas del suelo, por la gran cantidad de flora microbiana que contienen (2 billones de colonias de bacterias por gramo de excreta de la lombriz), mejorando la estructura del suelo, favoreciendo la aeración, permeabilidad, retención de humedad y disminuyendo la compactación del suelo. Labrador, (2001); Azabache, (2003).

Para Sánchez, (2003), el humus es un fertilizante de acción inmediata y larga duración debido a la presencia de macro y micro nutrientes en forma asimilable. El humus contiene cuatro veces más nitrógeno, veintiocho veces más fósforo y dos veces y media más de potasio que el mismo peso de estiércol de bovino; el humus es de

color negruzco, granulado y homogéneo, con un olor a mantillo de bosque.

Cuadro 3. Composición química del humus

Nutriente	Contenido
pH neutro	6,8 – 7,2
Materia orgánica	30 – 70%
Nitrógeno total	1 – 2,6%
Potasio total	1 – 2,5%
Fósforo total	2 – 8 %
Calcio	1,3 – 6,9%
Humedad máxima	40%

Fuente: Sánchez (2003).

1.1.11. Cosecha de humus.

Según el RAA, (2000), Antes de cosechar el humus de lombriz se debe colocar trampas, con la finalidad de sacar la mayor cantidad de lombrices de los lechos. Las trampas son montones de alimento fresco que se coloca por el centro de los lechos a manera de un lomo, que es donde se van a colocar las lombrices, que después recogeremos. Una vez que ya no quedan lombrices en las camas, todo este material queda listo para utilizarlo como fertilizante orgánico en terrenos de cultivo. Es un producto de color café-gris, granulado e inodoro.

1.2. Densidad Poblacional

El crecimiento y reproducción de la lombriz roja californiana están directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla. El tipo de sustrato en que crecen las lombrices influye tanto en el

peso como en su reproducción, para lo cual parece existir una relación inversa entre ambas variables: lombrices de mayor peso se relacionaron con menores tasas de reproducción. Duran y Henríquez, (2009).

Concerniente a la densidad poblacional de las lombrices, autores como Callejas et. al., (1989) ha observado densidades entre 15 600 y 16 800 individuos/m³ en estiércol de bovino, de ave y cerdo; mientras que Benavides y Vargas, (1989) encontraron 9525 individuos/m³ en mezcla de estiércol bovino y contenido ruminal.

Reinecke y Viljoen, (1990) trabajaron con diferentes densidades y concluyeron que la biomasa está influenciada por la densidad de población, a mayor densidad menor biomasa.

Ramón, (1996), al finalizar el experimento, reporto poblaciones de lombrices/m³ de 5 263; 1 638; 975; 4 688; 288 y 1 525, para vacaza, gallinaza, cerdaza, pulpa de café, hojarasca y pseudo tallo, respectivamente. En el mismo campo de estudio, Duran y Henríquez, (2009), a los 90 días, reportaron las siguientes densidades para la *Eisenia foétida*: 563 333; 459 200; 222 600; 17 667 y 13 600 lombrices/m³, utilizando como sustratos orgánicos: broza, estiércol, ornamental, banaso y domestica, respectivamente.

1.3. Peso individual

El peso de las lombrices ha sido estudiado por diversos autores como Ferruzzi, (1988), quien señalo que la lombriz adulta pesa casi un gramo. De igual modo por Poblete y Ruiz, (1989), quienes registraron para la *E.*

foétida un peso medio de 0,406 gr.; los mismos que indicaron un crecimiento lineal de esta especie hasta la 24^{ava} semana de vida, donde se estabilizan las variables de tamaño y peso.

León *et. al.*, (1992) reportó valores de 0,13 a 0,21 g/lombriz. En la misma línea de investigación, Reinecke *et. Al.*, (1992), han referido biomásas en adultos de 0,56 y 0,64 g para lombrices de 155 días que crecieron a temperaturas de 25 y 31°C, respectivamente, y se alimentaron con estiércol de bovino; estos investigadores indicaron una biomasa máxima de 1,5 g. Posteriormente, Santamaría *et. al.*, (2002) reportó diferencias de peso de 0,23 a 0,49 g/lombriz-adulto al final del experimento; los que corresponderían a un rango de valores inferiores a lo descrito por Sánchez, (2003), que se encuentra entre 0,3 y 1,4 g/lombriz.

Así mismo, Duran y Henríquez, (2009), en un periodo de 90 días, registraron un peso de 0,65 g/lombriz para el sustrato doméstico, estadísticamente diferente al estiércol, banano, ornamental, y broza con valores de 0,37; 0,44; 0,35 y 0,36 g/lombriz, respectivamente.

Gutiérrez *et. al.*, (2007) Observo una mortalidad total al tercer día al utilizarse como sustrato el estiércol fresco de bovino y ovino; sin embargo en el compost de bovino se presentó mayor dinámica en comparación con el compost de ovino, pero con mayor supervivencia de lombrices adultas.

1.4. Longitud de la lombriz

Referente a la longitud de las lombrices, Poblete y Ruiz, (1989), registraron para la *E. foétida* una longitud media de 47,4 mm; mientras que

Hernández *et. al.*, (1999) en su investigación observó una longitud promedio de $11,0 \pm 9,02$ cm con un rango de 8,5 a 12,5 cm. Por su parte Duran y Henríquez, (2009) concluyeron de su estudio que tanto el crecimiento y reproducción de las lombrices está influenciado por el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

El experimento se ejecutó en la Estación Experimental Agropecuaria Satipo de la Universidad Nacional del Centro del Perú (EEAS - UNCP) comprendido en el Distrito Rio Negro, Provincia de Satipo y Departamento de Junín, el cual se encuentra a 5 km. de la carretera marginal Satipo – Mazamari, a una altitud de 648 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 24 °C, precipitación anual de 2000 mm y una humedad relativa de 86% INEI, (2011)

2.2. Duración del experimento

El estudio tuvo una duración de 5 meses, de Diciembre del 2009 a Abril del 2010, considerando la fase de acondicionamiento del alimento (Compost) y la fase experimental propiamente dicha.

2.3. Sustrato orgánico y lombriz utilizada

En esta investigación se utilizó como sustrato orgánico el estiércol de bovino y ovino, recogido del establo y del aprisco de la Estación

Experimental Agropecuario de Satipo – UNCP, provenientes de bovinos y ovinos, alimentados con pastos naturales de la zona del trópico.

El anélido utilizado para este estudio fue la lombriz roja californiana (*Eisenia Foétida*), el cual se cultivó en la planta de lombricultura de la EEAS-UNCP, en un total de 6,915 kg en estado juvenil, escogido por la presencia del clitelio. Ferruzzi, (1988).

2.4. Tratamientos en estudio

Para este estudio los tratamientos I y III (Cuadro 4) correspondieron al estiércol fresco de bovino y ovino respectivamente, recogidas después de unas horas de haber sido defecadas. Para el caso de los tratamientos II y IV fue necesario compostar el estiércol fresco de bovino y ovino, por un periodo de 17 días. Las repeticiones, para cada tratamiento se especifican en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Tratamientos en estudio.

Tratamientos	Sustrato
T I	Estiércol fresco de bovino (EFB).
T II	Compost de bovino (CB).
T III	Estiércol fresco de ovino (EFO).
T IV	Compost de ovino (CO).

Cuadro 5. Repeticiones por tratamiento.

T I (EFB)	T II (CB)	T III (EFO)	T IV (CO)
X _{II}	X _{III}	X _{III1}	X _{IV1}
X _{II2}	X _{II2}	X _{III2}	X _{IV2}
X _{II3}	X _{II3}	X _{III3}	X _{IV3}
X _{II4}	X _{II4}	X _{III4}	X _{IV4}

2.5. Fase de acondicionamiento (compostaje)

La preparación de compost tanto del estiércol fresco de bovino como del ovino se realizó en una superficie moderadamente plana de 4 m², con pendiente entre 1 y 5%, techo de calamina y con accesibilidad a la fuente de agua. Las cajas composteras (2 unidades), construidas de madera con dimensiones de 1m x 1,5m x 30cm de ancho, largo y alto, respectivamente, se ubicaron en la superficie preparada, las mismas que contenían estiércol de bovino y ovino mezclado con residuos vegetales (paja de arroz), para ambos casos.

El estiércol se sometió a un proceso de compostaje con el objetivo de estabilizar el pH, para asegurar el desarrollo favorable de las lombrices (pH 6,5 – 7,5). Las excretas se acumuló una cantidad de 160 kg de estiércol de bovino y ovino, los mismos que fueron aireado para favorecer el proceso una vez por día y regados periódicamente con agua de caño corriente para controlar su humedad. Todo este proceso duró 17 días.

2.6. Fase experimental (siembra de lombriz)

Para la fase experimental, también, se habilitó y demarcó una superficie plana de 30 m², con pendiente entre 1 y 5%, techo de calamina y con accesibilidad a la fuente de agua. En la superficie habilitada se construyeron 4 lechos de madera con dimensiones de 4m x 1m x 0,3m; que fueron divididos, cada uno, en 4 unidades experimentales con dimensiones de 1m x 1m x 0,3m haciendo un total de 16 unidades experimentales.

Una vez preparado los lechos y divididos en espacios para cada repetición, los tratamientos (EFB, CB, EFO, CO) con sus respectivas replicas; los sustratos fueron distribuidas en volúmenes de 0,2 m³, listas para la siembra de la lombriz roja californiana. Antes de la siembra definitiva de las lombrices, se realizo la prueba de 50 lombrices (P50L), donde se procede a colocar los sustratos y 50 lombrices en tapetes de plástico, durante 24 horas para garantizar la supervivencia y reproducción de los oligoquetos. Finalmente se realizó la siembra de la lombriz roja californiana una densidad de 800 lombrices por unidad experimental (800/0,2 m³).

Durante la fase experimental (90 días), periódicamente se removió los sustratos manualmente tratando de no dañar a las lombrices, para que los componentes se encuentran homogéneos y aireados.

2.7. Toma de datos

Transcurrido los 90 días de la evaluación, se procedió a registrar las variables bajo estudio como densidad, peso y longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) en cada unidad experimental.

La densidad poblacional se halló utilizando un taper de plástico de 694 cm³ de volumen con la cual se extrajo al azar de manera de “saca bocado” cuatro muestras por repetición y se procedió a contar las lombrices para cada muestra. El promedio de estas representó la densidad poblacional de la unidad experimental, el cual fue transformado a metros cúbicos.

El peso de la lombriz, se halló determinando el promedio de los pesos individuales de las lombrices adultas registradas. Esta variable se midió con una balanza analítica transcurrida los 90 días del experimento.

La longitud de la lombriz, se determinó calculando el promedio de las longitudes individuales registradas de las lombrices adultas, finalizado el estudio; esta variable se midió con una regla milimetrada.

La temperatura está en función al número de vueltas de estiércol, cantidad de riego y tipo de insumos. La temperatura de las unidades experimentales, se determinó colocando el termómetro por 5 minutos en el sustrato y se registró el valor indicado. Esta evaluación se realizó dos veces por semana.

La lectura del pH de los tratamientos se registró a partir de una muestra, para ello se colocó la muestra en un recipiente y se llevo al laboratorio de la UNCP de la Facultad de Ciencias Agrarias de Satipo. Teniendo como resultado promedio del estiércol de bovino 8,7 de pH y del estiércol de ovino de 8,8 de pH.

2.8. Variables en estudio

Las variables consideradas en este estudio fueron:

- ✓ Densidad poblacional de la lombriz (m^3)
- ✓ Peso de la lombriz (g); y
- ✓ Longitud de la lombriz (cm)

2.9. Análisis estadístico:

Para el presente trabajo se empleó el diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial de 2×2 , de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + C_j + (E \times C)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Se refiere a la densidad poblacional (m^3), peso (g) y longitud (cm) de la lombriz roja californiana, al aplicar el i -ésimo tipo de estiércol (bovino y ovino), en la j -ésima condición del estiércol (fresco y compost), en la k -ésima unidad experimental.

μ = Es la media de la densidad poblacional, peso y longitud.

E_i = Es el efecto de la i -ésimo tipo de estiércol.

C_j = Es el efecto de la j -ésima condición del estiércol.

$(E \times C)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo tipo de estiércol y de la j -ésima condición del estiércol.

e_{ijk} = Es el error experimental.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza mediante el uso de software Microsoft Excel-2007 y las medias contrastadas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

III. RESULTADOS

7.1. Densidad poblacional

El cuadro del análisis de varianza (Cuadro A2) muestra efectos significativos ($p < 0.05$) de los factores: “estiércol utilizado” y “condición del estiércol”, y la interacción de estos factores, sobre la densidad poblacional de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*).

La densidad poblacional encontrada en el presente trabajo a los 90 días fue de 202 149,38 y de 87 836,22 lombrices/m³ para bovino y ovino respectivamente, encontrándose diferencia estadística ($p < 0,05$).

La densidad poblacional encontrada respecto a la condición del estiércol fresco fue superior al compost ($p < 0,05$) con 166 366,47 y 123 619,12 lombrices/m³ respectivamente.

La densidad encontrada para estiércol fresco y compost dentro de la especie bovino fue de 186 599,42 y de 217 699,33 lombrices/m³ respectivamente, mostrando ser superior la del compost ($p < 0,05$) frente al estiércol fresco.

En cuanto a la densidad del estiércol fresco y compost respecto al ovino, la del estiércol fresco fue superior ($p < 0,05$) a la del compost con valores de 146 133,53 y 29 538,90 lombrices/m³ respectivamente.

Al análisis de la densidad del estiércol fresco de bovino frente a la del ovino, la del bovino fue superior ($p < 0,05$) con 186 599,42 frente a la del ovino que mostro una densidad de 146 133,53 lombrices/m³.

De la misma forma el análisis estadístico mostró que la densidad del compost de bovino fue superior ($p < 0,05$) con 217 699,33 y 29 538,90 lombrices/m³ para el compost de ovino (Cuadro 6).

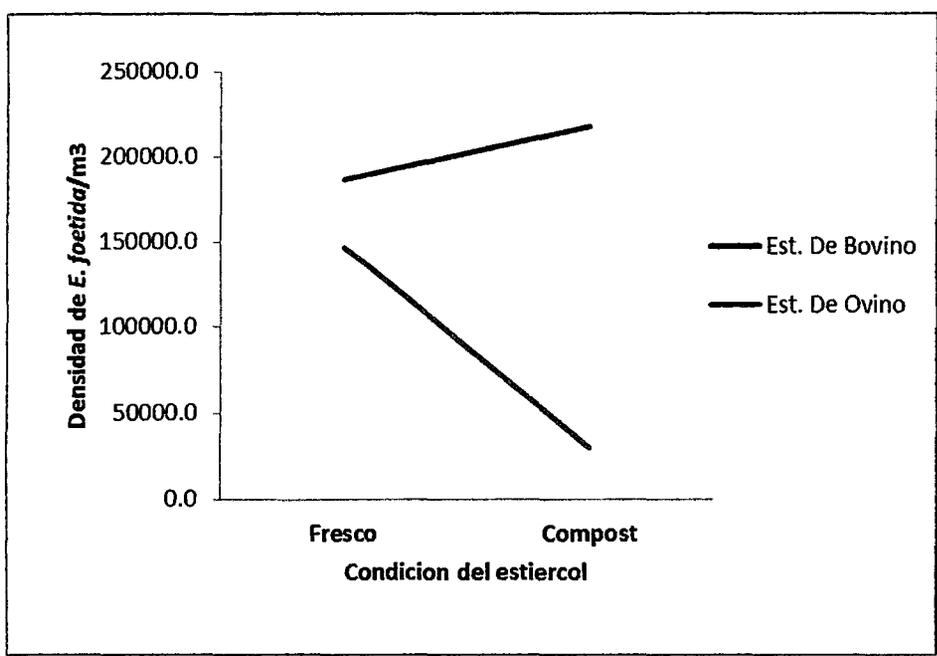
Cuadro 6. Medias de la Densidad Poblacional de la Lombriz Roja Californiana Alimentados con Estiércol fresco y Compost.

Condición	Estiércol		Media
	Bovino	Ovino	
Fresco	186 599,42 A b	146 133,53 B a	166 366,47 A
Compost	217 699,33 A a	29 538,90 B b	123 619,12 B
Media	202 149,38 A	87 836,22 B	

Medias seguidas de letras mayúsculas diferentes en una misma línea difieren estadísticamente, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Medias acompañadas de letras minúsculas iguales en una misma columna no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

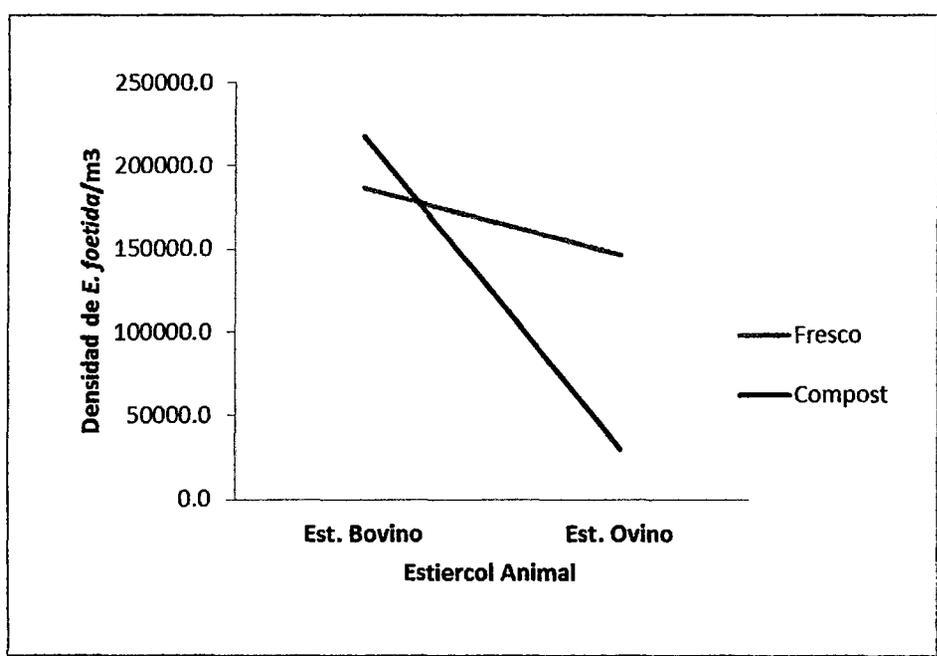
De acuerdo a la Figura 1 se concluye, que hay diferencias en la densidad poblacional de la lombriz roja californiana debida a la condición del estiércol fresco y compost.

Figura 1. Interacción para la densidad poblacional de la lombriz roja californiana en el tipo de estiércol frente a la condición de estiércol.



De igual manera de la figura 2 se concluye, que hay diferencias en la densidad de la lombriz roja californiana debido al tipo de estiércol respectivamente.

Figura 2. Regresión para la densidad de la lombriz californiana en condiciones de estiércol y compost frente al tipo de estiércol.



3.2. Peso de la Lombriz (g)

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A4) los estiércoles de bovino y ovino, en la condición de estiércol fresco y compost y la interacción no tuvieron influencias significativas ($p > 0,05$) sobre el peso de la lombriz, durante el estudio.

Los sustratos utilizados para el cultivo intensivo de las lombrices: estiércol fresco y compost de bovino; estiércol fresco y compost de ovino, se encontraron para la *Eisenia foetida* un peso de 0,75, 0,76, 0,77 y 0,76 g. respectivamente, iguales entre si, con probabilidades de ($p > 0,05$) (Cuadro 7).

M

Cuadro 7. Medias del peso de la lombriz roja californiana en el estiércol de bovino y ovino, en función a la condición del estiércol fresco y compost.

Estiércol	Condición		Media
	Fresco	Compost	
Bovino	0,77 A a	0,76 A a	0,76 A
Ovino	0,75 A a	0,76 A a	0,76 A
Media	0,76 A	0,76 A	

Medias seguidas de letras mayúsculas iguales en una misma línea no difieren estadísticamente, por la prueba de Tukey ($p>0,05$).

Medias acompañadas de letras minúsculas iguales en una misma columna no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p>0,05$).

3.3. Longitud de la Lombriz (cm)

Para la longitud de la Lombriz roja californiana (cm), a los 90 días del experimento, no se observaron efectos significativos ($p>0,05$) del “estiércol”, “condición del estiércol”, ni la interacción de estos factores.

Las medias observadas para la longitud de la lombriz fueron: 7,53, 7,56, 7,68 y 7,56 cm, cuando se utilizaron como alimento los tratamientos: estiércol fresco de bovino, estiércol fresco de ovino, compost de bovino y compost de ovino respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Medias de la longitud de la lombriz californiana en el estiércol de bovino y ovino, en función a la condición del estiércol.

Estiércol	Condición		Media
	Fresco	Compost	
Bovino	7,53 A A	7,68 A A	7,61 A
Ovino	7,56 A A	7,56 A A	7,56 a
Media	7,55 A	7,62 A	

Medias seguidas de letras mayúsculas iguales en una misma línea no difieren estadísticamente, por la prueba de Tukey ($p>0,05$).

Medias acompañadas de letras minúsculas iguales en una misma columna no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey ($p>0,05$).

IV. DISCUSIÓN

4.1. Densidad poblacional

Para la densidad de las lombrices californianas, Duran y Henríquez, (2009), a los 90 días de incubación, reportaron 459,200 lombrices/m³ para estiércol en general; densidad muy superior a lo observado en el presente estudio.

Callejas *et al.*, (1989), encontraron una población de 15,600 y 16,800 lombrices/m³; Ramón, (1996), de 5,263 a 288 lombrices/m³; Benavides y Vargas, (1989), 9,525. Las cuales fueron densidades inferiores a los encontrados en el presente trabajo de investigación.

Según Gutiérrez *et al.*, (2007), Gunadi y Edwards, (2003), concluyeron que la lombriz roja no puede sobrevivir en estiércol fresco. Contrariamente, bajo este estudio se reporto la sobrevivencia y el desarrollo de este anélido en estiércol fresco, señalado por Sophary *et al.*, (2002) y Manh, (2003).

4.2. Peso de la lombriz (g.)

Los valores que se reportan en el presente estudio, para el peso de la lombriz californiana, superan a lo observado por Poblete y Ruiz, (1989), Reinecke *et. al.*, (1992), León *et. al.*, (1992), Santamaría *et. al.*, (2002) quienes encontraron pesos de 0,406, de 0,56 a 0,64, de 0,13 a 0,21, de 0,23 a 0,49 g, respectivamente.

No obstante, los pesos señalados por Ferruzzi, (1988) y Sánchez, (2003) están por encima de nuestras observaciones 1,4 g/lombriz. Por otra parte, el peso de la lombriz roja californiana anotado por Duran y Henríquez, (2009) se ajustan con el presente estudio (0,65 g/lombriz).

4.3. Longitud de la lombriz (cm)

Las longitudes registradas en el presente estudio se encuentran, para la lombriz roja californiana, entre lo observado por Poblete y Ruiz, (1989) y Hernández *et. al.*, (1999); quienes anotaron 0,47 y $11,0 \pm 0,92$ cm., respectivamente.

V. CONCLUSIÓN

- ☞ El estiércol fresco de bovino propició una mayor densidad de la lombriz roja californiana en comparación al estiércol fresco de ovino. En cuanto a la condición del estiércol, de bovino se observaron densidades superiores en compost que en la condición fresca; mientras que para el estiércol de ovino la mayor densidad de lombrices californianas, se observaron en la condición fresca.
- ☞ Los tipos de estiércoles de bovino y ovino y las condiciones del estiércol (fresco y compost) no tuvieron efecto alguno en el peso de la lombriz roja californiana.
- ☞ Para la longitud de la lombriz roja californiana no se registraron diferencias a causa del estiércol de bovino y ovino en su condición fresca y compost, observándose un comportamiento similar en cada tratamiento.

VI. RECOMENDACIÓN

- ☞ Considerando los resultados obtenidos se recomienda el estiércol fresco de bovino y ovino como fuente de alimento para las lombrices californianas. Evitando el proceso de compostaje que solo alarga el periodo de obtención de humus.
- ☞ Teniendo a disposición el estiércol de vacuno y ovino en las granjas de producción se recomienda utilizar el estiércol de bovino para la crianza de lombriz.
- ☞ Realizar trabajos de investigación con estiércol procedentes de animales monogástricos en combinación con poligástricos.
- ☞ Realizar trabajos de investigación en nuestro medio con fines de obtención de harina de lombriz por contener alto porcentaje de proteína.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Azabache L. 2003. Fertilidad de suelos para una agricultura sostenible. Primera Edición. Huancayo: UNCP.58 p.
2. Basaure, P. 1995. "Lombricultura. Manual Técnico". Agroflor Lombricultura. Loncoche. Chile. 43 p.
3. 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.
4. Bergquiet A. 1987. "El humus de lombriz. Copias mimeográficas". SABAC- hile. 12 p.
5. 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.
6. Cañari C. 2002. "Manual técnico de lombricultura". Huancayo: INIA.20 p.
7. Castillo, A. Quarín, S.; Iglesias, M. 2000. "Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes". Rev. Agricultura Técnica Chile. 60 (1) 74 – 79 pp. Enero – marzo 2000.

8. Cerisola C. 1995. "Lecciones de Agricultura Biológica de gestión residuos". 98 p.
9. Compagnoni, L. 1983. "Cría moderna de lombrices, el abono más económico, rentable y Eficaz". Editorial de Vecchi S.A., Barcelona. 25 p.
10. Coronel M. 2001. "Manual de Lombricultura". Huancayo: UNCP. 50 p.
11. Durán, L. y Henríquez, C. 2009. "Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos". Revista Agronomía Costarricense 275-281 pp. ISSN:0377-9424 / 2009.
12. Empresa Emison Medi Ambient S.L. – EEMASL, 2000. "Lumbricultura". Artículo electrónico dispuesto en:
<http://personal5.iddeo.es/plantas/lombricultura.htm>
13. Fariás, D. Ballesteros, M.; Bendeck, M. 1999. "Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje". Revista Colombiana de Química. Volumen 28 (1). 5 p.
14. Ferruzi C. 1987. "Manual de lombricultura". Ediciones: Mundiprensa; Madrid. 138 p.
15. Ferruzzi, C. 1988. "Manual de Lombricultura". ED. MUNDI-PRENSA (Madrid). 136 p.
16. Fuentes, J. 1982. "La crianza de la lombriz roja". Ministerio de Agricultura, Pesca Alimentación. Colombia. Hojas divulgadoras Núm. 87 p.
17. Galvis, A. 1991. "Un auténtico reciclaje natural: la lombricultura". Caja Agraria. Departamento Risararlda, Pereira, Colombia. 4 p.

18. Gunadi, B. y 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*". 2003. 47(4):321-329 pp.
19. 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* 15-23 y 46 pp.
20. Gutiérrez V. Juárez C. Mondragón A. *et al.* 2007. "Dinámica poblacional de la lombriz *Eisenia foetida* en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino" REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504 - 2007 Volumen VIII Número 6. Este artículo está disponible en:
<http://www.veterinaria.org/revistas/recvet/n070707/070712.pdf>
21. Hernández A. Ramírez N., Bracho B. *et al.*, 1999. "Caracterización del crecimiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.), bajo condiciones de clima cálido". *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 25:139-147 pp.
22. 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) 387-392 pp.
23. INDICAP. 1990. "Curso sobre producción y Agroindustrialización de la lombriz de tierra". Ed. Indicap: Santiago de Chile. 125-128 pp.
24. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) 2011.
25. Jadrijevic, D. Carrasco, M. Varnero, M. *et al.* 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) 169-189 pp.

26. Labrador J. 2001. "La materia orgánica de los agrosistemas". España: Mundiprensa; 2001. 45-47 pp.
27. Manh C. T. 20003. "Effects of different substrates and levels of seeding on reproductiverate of earthworms". from MEKARN Mini-projects. 2003. (5) 15 p.
28. ONG Perú Ecológico – ONGPE, 2009. "Lombricultura". Artículo Ecológico que se encuentra disponible en:
<http://www.peruecologico.com.pe/opciones.html>
29. Poblete, M. Ruiz, M. 1989. "Ecología de tres lumbricidos presentes en Temuco, X 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.
30. RAA, 2007. "Abonos orgánicos". Disponible en <http://www.raaa.org/ao.htm>.
31. Ramón R. 1996. "Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y su Capacidad Reproductiva" Centro Experimental de Campamento, IHCAFE.84 p.
32. 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. 221–230 pp.
33. Reinecke, A. S. Viljoen; R. Sayman. 1992. "The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for ermicompostingin Southern Africa in terms of their temperature requirements". *Soil Biol Biochem.* 295 p.

34. Rupert, E. Barnes, R. 1996. "Zoología de los invertebrados". Sexta edición. Ed. McGraw- Hill Interamericana. México. 1135 p.
35. Saria J. 1990 Manual de crianza de cuyes. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria la Molina- Lima; 58 p.
36. Sánchez C. 2003. "Abonos orgánicos y lombricultura" Ediciones RIPALME. 54 - 57 pp.
37. Santamaria S. Ferrera-Cerrato R. 2002. "Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos". Terra 20:303- 310. (en línea) consultado abril 2009. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/3/art303-310.pdf>
38. Schuldt M. 2008. Iniciación de lombricultivos de *Eisenia fetida* (y *E. andrei*) (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) con siembras de baja densidad. Estructplan VIII (676):1- 7. (en línea). Consultado abril 2009. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDarticulo=2027>.
39. Sophary, N. Preston, T. R. y Borin, K. 2002. "Processing cattle manure with California Red worms (*Eisenia foetida*); effect of seeding rate (Ratio of worms to substrate) on the conversion of manure to end-products". University of Tropical Agriculture Foundation- UTA-Royal University of Agriculture of Cambodia. 2002. 97-98 pp.
40. Storer, T. Usinger, R. Stebbins, R. et al. 1982. "Zoología General". Ed. OMEGA, S.A. Barcelona. España. 955 p.
41. Sztern D, Pravia M. 1996. Manual para la elaboración de compost. Madrid 110-112pp.

42. Tchobanoglous G, et al. 1994. Gestión integral de residuos sólidos. Madrid: Mc Graw-Hill 72-74 pp.
43. Velásquez, L. 1987. “Lombricultura. Utilización industrial del invertebrado, perspectivas futuras tanto industrial como contaminante”. Creces, 7- 11 pp.

A N E X O

Cuadro A1. Densidad Poblacional (lombrices/m³) de la Lombriz Californiana en Función al Estiércol de Bovino y Ovino en Condiciones Fresco y Compost.

Bovino		Ovino	
Fresco	Compost	Fresco	Compost
218060	178674	148895	24015
173871	212776	148895	24015
180115	251681	143612	38425
174352	227666	143132	31700

Cuadro A2. Análisis de Varianza de la Densidad Poblacional (lombrices/m³) de la Lombriz Californiana de los Tratamientos: Estiércol y Compost de Bovino y Estiércol y Compost de Ovino.

FV	GL	SC	CM	F ₀	F _{r, 5%}
Estiércol (E)	1	52269994583,28	52269994583,28	145,18*	4,75
Condición (C)	1	9136683212,13	9136683212,13	25,38*	4,75
(E x C)	1	19986335923,58	19986335923,58	55,51*	4,75
Error	12	4320344271,05	360028689,25		
Total	15	85713357990,04			

Cuadro A3. Peso (g.) de la Lombriz Californiana en Función al tipo de Estiércol de Bovino y Ovino en Condiciones Fresco y Compost.

Bovino		Ovino	
Frescol	Compost	Fresco	compost
0,78	0,76	0,76	0,77
0,75	0,75	0,75	0,76
0,75	0,78	0,77	0,73
0,74	0,79	0,75	0,77

Cuadro A4. Análisis de Varianza del Peso (g.) de la Lombriz Californiana de los Tratamientos: Estiércol Fresco y Compost de Bovino y Estiércol Fresco y Compost de Ovino.

FV	GL	SC	CM	F ₀	F _{r,5%}
Estiércol (E)	1	0,000090250	0,000090250	0,31ns	4,75
Condición (C)	1	0,000227812	0,000227812	0,79ns	4,75
(E x C)	1	0,000136688	0,000136688	0,47ns	4,75
Error	12	0,003459000	0,000288250		
Total	15	0,003913750			

Cuadro A5. Longitud (cm) de la Lombriz Californiana en Función al Tipo Estiércol de Bovino y Ovino en Condiciones Fresco y Compost.

Bovino		Ovino	
Fresco	Compost	Fresco	Compost
7,76	7,60	7,60	7,68
7,46	7,46	7,46	7,60
7,50	7,78	7,72	7,26
7,38	7,86	7,46	7,70

Cuadro A6. Análisis de Varianza de la Longitud (cm) de la Lombriz Californiana de los Tratamientos: Estiércol Fresco y Compost de Bovino, y Estiércol Fresco y Compost de Ovino.

FV	GL	SC	CM	F ₀	F _{r,5%}
Estiércol (E)	1	0,0064	0,0064	0,22ns	4,75
Condición (C)	1	0,0281	0,0281	0,96ns	4,75
(E x C)	1	0,0169	0,0169	0,58ns	4,75
Error	12	0,3510	0,0293		
Total	15	0,4024			