

## Sistema de vermicultura para la biotransformación de los desechos sólidos (excretas) de la explotación intensiva del porcino de cría soroa

Daniel Melendi Cruz, IA, Alexander Chile Bocourt, Dr.C. y Vanessa Fernández Hernández, IF. Dolores.

*Unidad Empresarial de Base Fulgencio Oroz Candelaria y Universidad de Artemisa, Cubas*

[daniel.melendi@nauta.cu](mailto:daniel.melendi@nauta.cu)  
[chiledecuba@gmail.com](mailto:chiledecuba@gmail.com)

### RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la Granja Estatal Porcina "UEB Cría Soroa", la misma se encuentra ubicada en el Km 2 ½ de la carretera a Carambola en el municipio Candelaria, perteneciente a la provincia Artemisa, durante los meses de octubre 2015 a Marzo 2016, con el objetivo de realizar una propuesta sobre un sistema para el tratamiento de los desechos sólidos (excretas) de la producción porcina, a través de la vermicultura. La metodología aplicada para la evaluación se centró en la calidad del humus y supervivencia de la lombriz, a partir de un testigo (la excreta del vacuno) y la excreta del porcino con dos combinaciones (cal y cachaza). Los principales resultados mostraron que los principales problemas están en el desconocimiento de la utilización de la vermicultura para el procesamiento de las excretas del porcino y como aumentarle la calidad del mismo. En cuanto a la supervivencia se nota que no se debe comenzar el proceso a partir de los 30 días después de haber secado y pre-descompuesto la excretas porcinas debido al alto contenido de pH. La evaluación realizada a las muestras arrojó que el mejor sustrato fue la combinación de excretas porcinas más cachaza teniendo diferencias significativas respecto al testigo en cuanto a la calidad y supervivencia de la lombriz a los 30, 45 y 60 días después de la pre-descomposición de las excretas.

**Descriptor:** excretas porcinas, humus, lombriz.

### SUMMARY

The present work was developed in the Swinish State Farm "UEB Soroa Raises", the same one is located in the Km 2 ½ from the highway to Carom in the municipality Candelaria, belonging to the county Artemisa, during the months of October

2015 to March 2016, with the objective of carrying out a proposal on a system for the treatment of the solid waste (you excrete) of the swinish production, through the vermiculture. The methodology applied for the evaluation you center in the quality of the humus and survival of the worm, starting from a witness (it excreted it of the bovine one) and it excreted it of the swinish one with two combinations (lime and phlegm). The main results showed that the main problems are in the ignorance of the use of the vermiculture for the prosecution of you excreted them of the swinish one and as increasing him the quality of the same one. As for the supervivencia it is noticed that you should not begin the process starting from the 30 days after having dried off and pre-insolent the swinish excreted due to the high pH content. The evaluation carried out to the samples throws that the best substrates was the combination of you excrete swinish more phlegm having significant differences regarding the witness as for the quality and survival from the worm to the 30, 45 and 60 days after the pre-decomposition of you excrete them.

**Descriptor:** you excrete swinish, humus, worm.

### I. INTRODUCCIÓN

El principal problema de la producción porcina de manera intensiva, como es el caso del Integral Cría Soroa, es que generan gran cantidad de contaminantes los cuales pueden ser principalmente las cantidades de materia orgánica que hace que disminuya el oxígeno disuelto del cuerpo receptor, nitrógeno ya sea en forma de nitrógeno orgánico o amoniacal lo cual puede acidificar los cuerpos a los que vayan a dar , además también se producen gases de efecto

invernadero; en primer plano gas metano y bióxido de carbono, así como ácido sulfhídrico y monóxido de carbono (Quiles y Hevia, 2004).

Como es importante eliminar los contaminantes que se generan en la producción porcina es que se han desarrollado varias técnicas como puede ser la digestión anaerobia en biodigestores o lagunas anaerobias, digestión aerobia en lagunas de oxidación, sistemas de humedales, lagunas aerobias, o también el composteo y lombricomposteo.

**PROBLEMA CIENTÍFICO:** Como transformar los desechos sólidos (excretas) porcinas en abonos orgánicos de la producción porcina en la UEB Cría Soroa.

**OBJETO DE ESTUDIO:** El proceso de tratamiento de los desechos sólidos de la producción porcina.

**HIPÓTESIS** De realizarse la biotransformación de los desechos sólidos en abonos orgánicos a través del método de la vermicultura se favorecerá significativamente la producción de humus.

**OBJETIVO GENERAL:** Evaluar la biotransformación como tratamiento de excretas porcinas, a través de la vermicultura, en la UEB Cría Soroa.

## II. DESARROLLO

### Generalidades de la obtención de abonos orgánicos a partir de las excretas de los animales.

La lombricultura tuvo su inicio en el siglo XIX con Charles Darwin quien dedicó 40 años de su vida al estudio de la lombriz, y en 1881 publicó su libro llamado "La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices", debido a ello Darwin es considerado el Padre de la Lombricultura (Martínez, 1999).

El potencial de esta biotecnología para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos fue demostrado por Fostage y Babb (1972), quienes a partir de dos kilos de estiércol animal seco produjeron un kilo de lombrices en fresco.

Sabine (1983), resumió el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la siguiente manera:

- ✓ Reducen las características nocivas de los residuos sólidos orgánicos, eliminando los malos olores y disminuyendo los microorganismos dañinos al hombre.
- ✓ Las especies domesticadas alcanzan en poco tiempo altas densidades y tienen un fácil manejo en camas.
- ✓ Se obtienen útiles y negociables subproductos como fertilizantes orgánicos y lombricomposta.

✓ Producción de harina de lombriz con altos contenidos de proteína para alimentación animal y humana.

El Centro para el Desarrollo Rural y Biotecnología Apropiada del Instituto de Biotecnología de la India, utilizó el lombricomposteo para el reciclamiento de residuos orgánicos, además vio la necesidad de intensificarla para aprovechar las bondades que ofrece, entre ellas la producción de fertilizante orgánico y sobre todo, para que los residuos sólidos orgánicos dejaran de representar un problema de sanidad (Madan y Ragini, 1988).

La lombricultura ha sido implementada en los Estados Unidos de Norteamérica para aprovechar los residuos sólidos orgánicos que se generan en escuelas primarias, restaurantes y hasta en centros penitenciarios. El empleo de la lombricultura en este país ha sido adoptado por empresarios que ven en esta biotecnología un gran potencial económico llegando a penetrar en el mercado internacional, principalmente Japón (Riggle, 1997; Van y Nielsen, 1999; Recycling, 1999).

En América Latina los principales países productores son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador, los cuales cuentan con grandes explotaciones industriales de *Eisenia Foetida* (Quintero, 2004).

### El vermicompost o humus de lombriz

El vermicompost es un tipo de composta (Soto y Muñoz, 2002) en la cual cierto tipo de lombrices de tierra, ej., *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, *Lumbricus rubellus*, transforman los residuos orgánicos en un subproducto estable denominado "vermicomposta" o "worm casting". Los residuos de la ganadería son una "fuente de alimento" común para las lombrices, pero los residuos de los supermercados, los biosólidos (lodos de aguas negras) la pulpa de papel, y de la industria de la cerveza también se han utilizado en el proceso de vermicomposteo (Atiyeh et al., 2000; McGinnis et al., 2004).

El vermicomposta - lombricomposta o humus de lombriz - se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizante orgánico, mejorador del suelo y medio de crecimiento (MC) para especies vegetales que se desarrollan en invernaderos (Edwards y Steele 1997); (Farrell, 1997); (Jensen, 1997); (Riggle, 1998); (Eastman, 1999); (Atiyeh et al., 2000<sup>a</sup>); (Brown et al., 2000); (Buck et al., 2000); (Ndegwa et al., 2000); (Domínguez et al., 2000); (Gajalakshmi et al., 2001); (Atiyeh et al., 2002)

## Porcicultura

La industria porcina en el mundo produjo, entre 2005 y 2010, aproximadamente 1200 millones de puercos anualmente, de los cuales en 2010 China produjo aproximadamente 650 millones, Europa 260 millones y los EUA 115 millones (USDA y Comisión de la Unión Europea, 2012).

El sector porcícola es uno de los sectores económicos que más ha crecido en Cuba en por lo menos los últimos años, este hecho se evidencia al revisar las cifras de este sector, en cuanto a la tasa de crecimiento los años 2006 y 2007 han sido especialmente importantes para esta actividad, sin embargo hay una tendencia a la baja de este indicador en los años 2008 y 2009 afectando el empleo rural.

### Sistemas de producción porcina

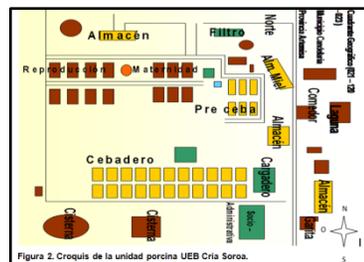
En Cuba se observan básicamente tres diferentes sistemas de producción, caracterizados por su nivel tecnológico: sistema tecnificado, semi-tecnificado y de traspatio. Los dos primeros tienen una distribución geográfica definida, por el contrario, el sistema de traspatio se presenta en todos los estados del país (Mariscal, 2007).

Las diferencias entre estos sistemas están dadas por la tecnología que se maneja, en el primer caso, alta tecnología y procesos automatizados que permiten manejar gran número de animales y abaten costos en función del volumen de producción; en segundo lugar por las formas de disposición de capital crediticio o de riesgo y de integración de capital social. Los esquemas tecnificados y semi-tecnificados hacen uso de la máxima eficiencia posible del índice de conversión alimenticia, de manera que producen alimentos y condiciones más eficientes para la producción, con controles sanitarios rígidos. En el último caso se tiene un sistema de producción rústico con instalaciones y zootecnia mínimas, que cumple una función importante en la economía familiar (PEDAPEY, 2007).

## III. MATERIALES Y MÉTODOS.

### Descripción y ubicación del área experimental

La granja estatal porcina “UEB Cría Soroa” se encuentra ubicada en el Km 2 ½ de la carretera a Carambola en el municipio Candelaria, perteneciente a la provincia Artemisa. La unidad se encuentra en el cuadrante epizootiológico (021-120 – 023), posee una dimensión de 2.5 caballerías.



### Fuente. Elaboración propia

Dicha unidad limita al norte, con una zona pre-montaña a 500 msnm, al sur, con la presa Combate de Río Hondo, al este, con el poblado de Carambola a una distancia de 600 m y al oeste, con el río que toma el nombre de dicho poblado a una distancia de 1 ½ Km. La producción porcina es un proceso sumamente complejo donde participan toda una serie de factores fisiológicos, nutricionales y de manejo que interactúan y dan como resultado final, la eficiencia o ineficiencia del proceso reproductivo.

### Instalaciones presentes

(8 naves de reproducción, 6 naves de maternidad, 8 naves de preceba, 11 cebadero, 1 área de cuarentena, 2 almacenes y 1 comedor.

### Caracterización climática de la UEB Cría Soroa.

Para la caracterización climática se tomaron los datos ofrecidos por el CITMA Provincial con relación a los valores promedios de temperaturas y precipitaciones en los últimos 5 años tomados por la estación agrometeorológica ubicada en Las Terrazas. Se ubicó geográficamente la estación y se construyó el diagrama climático. Con la interpretación del mismo se pudo clasificar el clima del área experimental y obtener parámetros útiles para la investigación, tales como:

Precipitaciones;  
Humedad;  
Temperatura;

### Métodos y técnicas aplicadas en la investigación.

El enfoque de la investigación es predominantemente es cualitativo y cuantitativo y tiene una fundamentación dialéctico-materialista. La investigación fue netamente de experimental en el campo. Se aplicaron los siguientes métodos:

### Proceder desarrollado en la investigación.

El procedimiento desarrollado en la investigación tuvo varias etapas, las que se describen a continuación.

### VARIABLES DE LA HIPÓTESIS, DIMENSIONES E INDICADORES MEDIBLES.

Dimensiones:

I. Biotransformación de los desechos sólidos: excretas de vacuno, porcina, porcina + cal y cachaza en la formación de humus en un sistema de vermicultura.

Indicadores a evaluar en excretas de vacuno, porcina, porcina + cal y cachaza

1. Evaluar el peso total, kg (BH)
2. Evaluar el peso total, kg
3. Evaluar el contenido de humus, kg.
4. Evaluar la biomasa final, kg
5. Evaluar las pérdidas, kg
6. Evaluar la composición del humus con el empleo de varios sustratos.

II. Evaluar la influencia de los diferentes factores:

1. Evaluar la supervivencia y desarrollo reproductivo de la lombriz en los diferentes sustratos.

### Aplicaciones, tratamientos y etapas del desarrollo de la investigación.

El experimento se realizó en un área techada del Integral Cría Soroa a temperatura ambiente con las condiciones adecuadas. Se utilizó un pie de cría de la especie *Eisenia foetida* (Lombriz Roja Californiana)



Figura. Recipientes de madera de 1 m x 0.25 m x 0.30 m

Se utilizaron tres recipientes de madera de 1 m x 0.25 m x 0.30 m con una maya en el fondo para permitir el drenaje, esta se divide en cuatro para los diferentes tratamientos. La densidad de siembra de lombrices fue la establecida según las normas para el desarrollo de la lombricultura (1kg/m<sup>2</sup>) en cada recipiente, distribuidos según un experimento factorial (4x3) diseñado en bloque al azar con 4 tratamientos y 3 réplicas por tratamiento. Los efectos considerados fueron: tipos de sustratos alimenticios (excreta vacuna, excreta porcina, excreta porcina con inclusión de cal y excreta porcina con la inclusión de cachaza) y el agua para humedecer el sustrato (agua de una presa). Las mezclas de los productos se llevaron a cabo en proporción 70%: 30% de excreta porcina

y fuente de fibra (cachaza, respectivamente) en base seca y por último se mezcló excreta porcina con cal a razón de 75 g en 0.25 m<sup>2</sup> de excretas respectivamente, en base seca.

Se utilizó excreta porcina previamente tratada en un biodigestor de sólidos y residual líquido porcino proveniente del sedimentador secundario de la planta de tratamiento del Integral de Soroa, esta se recoge a 30, 45 y 60 días después de secado, la excreta vacuna, procedente de la granja de un productor privado José Ramón Soca, fue previamente almacenada durante 21 días, mientras que la cachaza procedieron del Central Azucarero "30 de Noviembre", este subproducto tenían aproximadamente tres meses de almacenaje y la cal se encontraba en el almacén del integral el cual lo utilizan para la desinfección de las cajuelas existentes en las naves.

Al igual que en la cría de otros animales, mientras mayor sea la calidad del alimento a utilizar mejores serán los resultados del comportamiento productivo. Los diferentes alimentos tienen en algunos casos efectos específicos sobre las lombrices, los residuales avícolas y porcinos tienen altos contenidos de proteína cruda, incluso por encima de los requerimientos para las lombrices, lo que puede tornarse perjudicial. Se sugiere como alimento ideal que los sustratos alimenticios no deben contener más de un 15-17% de este nutriente (Reinés et al 1985; Ferruzzi 1987). Los residuos del plátano y de la caña de azúcar son pobres en proteína, sin embargo, la palatabilidad de las lombrices por estos es alta, debido a los azúcares y celulosa que contienen. Está indicado por (Catalán,1981) que la fibra bruta, fundamentalmente la celulosa, estimula la producción de capullos y (Ferruzzi,1987) cita como nivel adecuado de celulosa en el alimento más de 25 %. Dicho autor también recomienda mezclas de residuos ricos en celulosa y desechos con altos niveles de proteína como lo óptimo para el cultivo de las lombrices de tierra.

En la tabla 5. Se exponen algunas características bromatológicas de los desechos orgánicos más utilizados en el cultivo de las lombrices de tierra.

Tabla 5. Caracterización bromatológica de algunos desechos orgánicos utilizados como alimento en la cría de lombrices de tierra.

Sustrato	MS	PB	Cz	FB	Fuente
Excreta porcina	46.59	15.81	45.48	23.89	Cotton y Cumy (1980)
Excreta vacuna	17.41	14.50	21.10	-	Cotton y Cumy (1980)
Excreta gallina	84.5	25.30	-	18.60	Bretado (1993)
Hoja de plátano	19.50	11.44	10.87	28.94	García (1997)
Seudotallo superior del plátano	6.46	4.56	17.40	28.83	García (1997)
Pulpa de café	15.74	11.56	14.03	-	Aranda (1992)

Entre las condiciones óptimas en que debe suministrarse el alimento puede mencionarse un 75-80 % de humedad, el alimento que se añade y el que sirve de cama no deben estar compactados para así permitir la aireación, debe tener un tamaño de partículas entre 0.4 mm y 1 mm, lo que incrementa la razón área/volumen y facilita la disponibilidad de humedad (Neuhauser et al 1982).

Diariamente se determinó la temperatura ambiental (°C), la humedad relativa con un termo higrómetro y la temperatura (°C) de los diferentes sustratos. El pH de los sustratos se midió con una frecuencia semanal.

Al final del experimento, el cual se extendió por tres meses, finales de enero del 2016 a mediados abril se determinó la bio-conversión de los diferentes sustratos en humus y biomasa mediante métodos gravimétricos. La cantidad de humus y biomasa obtenidos al final del proceso, expresados en por ciento, fueron sometidos a un proceso de transformación de análisis estadísticos. También se determinó la producción de lombrices en número de adultos y número total de individuos y a estos resultados se les aplicó una transformación de ln x.

Se determinaron además las concentraciones de los nutrientes más importantes para caracterizar un fertilizante: materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). La MO se determinó por diferencia con la Cz, el K, Ca y Mg y el P se analizó por la reacción de color con el reactivo molibdovanadato (Jackson, 1970).

Las medidas de los indicadores determinados se procesaron mediante el empleo del modelo estadístico de (Harvey, 1987). En los casos necesarios se utilizó la comparación múltiple de medias (Duncan 1955).

#### **Evaluación económica de la propuesta para la obtención del Humus de Lombriz a partir de las excretas del porcino.**

Para esta evaluación se tuvieron en cuenta diferentes indicadores como:

✓ Gastos en que se incurren en el proceso de obtención del humus de lombriz, entre los que se encuentran:

- Pie de cría de lombrices (rojas californiana);

- Salario de los obreros;

#### **Valoración socio-económica y ambiental.**

Se tuvo en cuenta el impacto social, económico y ambiental que la propuesta aporta en el área (hacia adentro) y en la comunidad (hacia afuera), teniendo en cuenta que puede constituir un referente para el resto de los porcinos de la empresa. Se tienen en cuenta dos elementos fundamentales en cada valoración que se realiza:

Lo que aporta la propuesta del reciclaje de las excretas del porcino en la obtención de humus y su venta a productores agrícolas para la fertilización de los suelos y su conservación en las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo.

Lo que aporta el establecimiento de un lombricomposteo en una unidad porcina y los beneficios que estos pueden aportar como cultura productiva desde el punto de vista en la elevación de niveles de vida de los pobladores de Carambol

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

En este capítulo se presentan los resultados del estudio diagnóstico aplicado a la UEB Cría Soroa y la propuesta para la obtención de humus de alta calidad, considerando que la misma debe provocar una mínima agresión al medio ambiente y permitir el establecimiento de esta como cultura productiva en dicha entidad.

#### **Obtención de las excretas del porcino una vez tratadas por el sistema existente en la unidad.**

A continuación se dará una explicación de todo el proceso que se realiza en la Unidad para el reciclaje de los desechos sólidos, según imágenes hechas por el autor y donde se pone de manifiesto el mal estado técnico en que se encuentra las instalaciones, debido a la falta de financiamiento para su mantenimiento. El proceso empieza por unos pequeños drenajes ubicados en los corrales donde se encuentran los animales, estos drenajes al final de la nave cuentan con un registro llamada tajea que es el encargado de no dejar pasar desechos sólidos pesados haciendo llegar todas las excretas y líquidos al emisor central; el mismo cuenta con registros pequeños cada 50 metros con el objetivo de que se quede todo material sólido, arena, piedra entre otros y de haber tupiciones o atascamientos, poder reparar en breve tiempo las averías o tupiciones ocasionadas.



Figura 3 a) Baldeo en nave y b) Desagües.

**Descedrenador** es un registro central el cual es el encargado de no dejar que pase arena piedra ni ningún desecho sólido a la planta residual donde se le da tratamiento a los desechos sólidos.

**Trampa de reja.** Este mecanismo impide que pasen aquellos objetos más grandes que no pudieron ser retirados por los anteriores registros. Esto ocurre en su parte de adelante, ya que posteriormente tiene otra función



Figura 4 c) Trampa de reja y d) Registro principal.

Trampa de rejas parte de atrás .Donde se cierra una avería dejando circular todo el material correspondiente, para que si queda algo de arena se quede en el lugar. Luego de alrededor de 10 días se sierra y se abre el otro para darle limpieza y sacar con una pala los residuos que existan.

Este registro cuenta con varias salidas, una que en caso de haber problemas con la planta se encargara de mandar los desechos a la trampa de fibras y la otra es la que se utiliza normalmente, dirigiendo todo el contenido hacia otro registro.



Figura 5 e) Foso principal y f) Digestor 1.

Foso húmedo, en este lugar se almacena todo el contenido obtenido limpio de piedras, arena y otros objetos, cuenta con un motor que se encarga

de remover todo el agua para que en el fondo no se almacene nada. Este tiene una tubería a unos 50cm del fondo para que salga todo el material disponible hacia el digestor.

Digestor. El digestor junto al foso húmedo 2 estarán re bombeándose todo ese material durante todo un mes para que así darle tratamiento y poder separar todo el orine posible. Él mismo cuenta con una combinación de llaves de llaves que le permite dar salida hacia las lagunas de oxidación y otra hacia los lechos secados



Figura 6 g) Foso seco y h) Manto lodo.

Foso húmedo 2 estará con el digestor en constante re-bombeo con el digestor durante todo un mes.

Manto lodo está presente para recibir todo el líquido en caso de llenarse el digestor y así mandar toda sustancia existente a las lagunas de oxidación.



Figura 7. i) Lecho de secado y j) Lagunas de oxidación.

Lecho secado. Este sistema cuenta con 8 lechos que miden 50 m de largo, 14 de ancho y con una ligera inclinación en el medio de  $0.7^{\circ}$ , que está compuesta por una ligera capa de arena, gravilla y de arena más fina, que permite filtrar todo el líquido hacia la primera laguna, la cual es la más contaminada, después a la segunda y posteriormente a las tres lagunas. Cuando la laguna tres se llena se libera el agua hacia una zanja que va hacia el sur desembocando en el río Carambola.

**Monitoreo de los indicadores Temperatura (t), Humedad (h) y Acides (ph) durante el proceso de compostaje.**

**Características bromatológicas de los sustratos aplicados.**

Las lombrices se alimentaron semanalmente con una cantidad de sustratos igual al doble del peso de la biomasa promedio contenida

en los recipientes (BH) según Cuevas et al (1987). Los recipientes se regaron diariamente con una cantidad de agua que garantizó 75-80% de humedad (Edwards y Lofty 1977) y esto se controló semanalmente mediante el análisis de materia seca según (AOAC,1980).

En la tabla 6 se expone la composición bromatológica de todos los sustratos, se incluyen las determinaciones de materia seca (MS), proteína bruta (PB, Nx6,25) y cenizas (Cz), según la (AOAC,1980). El extracto etéreo (EE) acidificado se determinó empleándose como solvente una mezcla de éter de petróleo y ácido acético glacial tal como fue recomendado por Ly y (Avila,1990), mientras que la fibra dietética insoluble (FDI) se analizó según el método de (Asp et al.,1990).

Tabla 6. Composición bromatológica de los sustratos alimenticios (% BS).

	Excreta Vacuna	Excreta porcina	Excreta Porcina cachaza	Excreta Porcina Cal
MS	20,6	46,6	45,9	46,2
PB	12,9	18,9	17,2	18,1
Cz	18,9	45,5	42,9	43,5
EE	0,7	4,0	3,7	3,8
FDI	43,3	25,1	27,8	26,5

**Fuente:** elaborada por autor (2016)

#### Temperatura durante el proceso de compostaje para los diferentes sustratos.

Durante la etapa de pre-composteo empezó la degradación de la mezcla heces porcinas + cal y cachaza ya que se notó un cambio de color con tendencia a color café y hubo una disminución del olor a heces porcinas. La disminución del olor a heces porcinas continuó y para las 7 quincenas de tratamiento no hubo presencia del olor inicial y el color final era negro y similar a suelo.

A lo largo del proceso de pre-composteo se monitoreo la temperatura dos veces al día para saber si se presentaba una etapa termofílica y para asegurar que para el día 30, 45 y 60, al agregar las lombrices Roja Californiana existiera la temperatura adecuada para su adaptación y reproducción.

Es importante mencionar que la temperatura del ambiente y la de las muestras fue la óptima para las lombrices. La temperatura por las mañanas no llegó a ser termofílica en ninguno de los días siendo muy similar a la del ambiente, de la temperatura monitoreada por la tarde se puede decir que tampoco llegó a ser termofílica pero si fue muy alta en los primeros días de monitoreo llegando a ser de 29.8°C mientras que la temperatura ambiente era de 21.18°C: en resumen

la temperatura para los últimos días de pre-composteo mostró una tendencia a estabilizarse cerca de los 18°C por las mañanas y cerca de los 22.5°C por las tardes.

Todos los datos de la temperatura se pueden ver en las figuras 8 y 9.

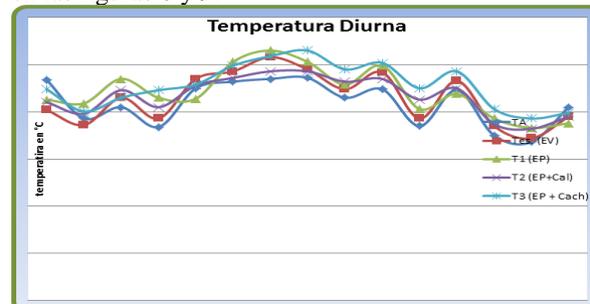
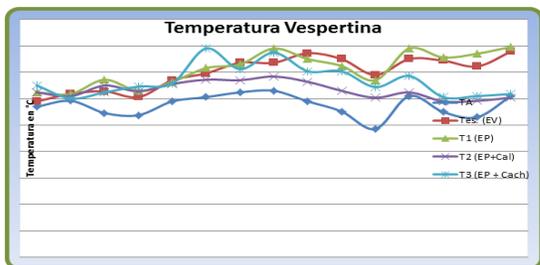


Figura 8. Temperatura matutina de cada tratamiento.

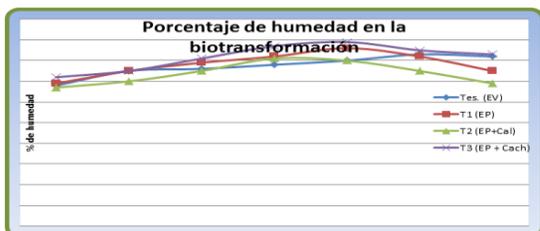
Se verificó que se mantuvieron las condiciones óptimas de temperatura en las 12 cajas en precomposteo para el desarrollo y adaptación de las lombrices, la cual osciló entre los 15°C y los 33°C como se puede ver en las Figuras 8 y 9. Autores como Capistrán et al, (1999), Singh et al, (2004), Pandit et al., (2012) reportan que las lombrices toleran un amplio rango de temperaturas cuya variación alcanza valores menores a 20°C y no mayores a 30°C, e indican que fuera de estos rangos no pueden sobrevivir y reproducirse adecuadamente; sin embargo, Iñiguez (2002) menciona que a 31°C las lombrices se aparean y se reproducen favorablemente más en aquellos países cercanos al trópico y que posean mayor cantidad de meses cálidos. Por su parte Garg y Gupta, (2011) midieron el efecto de la variación de temperatura en dos estaciones del año. Los autores registraron un rango entre -27 a 35°C durante la temporada de invierno y de 18°C a 44.4°C durante la temporada de verano usando como sustrato para el lombricomposteo los residuos sólidos domiciliarios y concluyeron que el crecimiento y la reproducción de las lombrices se ven afectados por las temperaturas ambientales.



**Figura 9.** Temperatura vespertina de cada tratamiento.

**Humedad**

La humedad es un parámetro de suma importancia que se tuvo presente con un porcentaje lo que significó más viable el crecimiento y reproducción de las lombrices Roja Californiana. Por lo tanto este fue un parámetro que se analizó durante el lombricomposteo. La tendencia del porcentaje de humedad se puede ver en la figura 10. Se observó que el material para lombricomposteo no estuvo bien humedecido durante la etapa de pre composteo, sin embargo, a partir del tercer muestreo la humedad de mantuvo en una tendencia constante. La humedad dista de la determinada por Constanza (2014) en casi el doble.

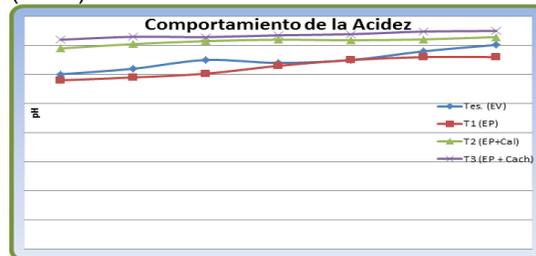


**Figura 10.** Tendencia del porcentaje de humedad durante el lombricomposteo.

**Comportamiento del pH en los diferentes tratamientos**

El pH influye en la actividad microbiana del suelo. Las bacterias se desarrollan mejor en pH neutro y los hongos filamentosos en pH ácidos (Maier et al., 1999). Por las razones mencionadas fue que se estuvo determinando el pH en cada muestreo. Como se puede ver la figura el pH se mantuvo entre 6,7 y un 7,5, un rango óptimo para la producción de humus en los diferentes tratamientos durante la mayoría del proceso de lombricomposteo con una tendencia a disminuir en el último muestreo por la incorporación de estiércol porcino que no estaba semi-descompuesto y existía la presencia de purina, aunque el pH

encontrado mostró una tendencia en valores similares a los encontrados por Rodríguez (2008).



**Figura 11.** Tendencia del pH durante el lombricomposteo.

**Valoración de los análisis de los resultados de la investigación.**

**Análisis de la materia seca de los sustratos biotransformados.**

En la tabla 7 se expone el balance de la materia seca de los productos involucrados en todo el proceso de biotransformación, por la acción de las lombrices de tierra.

Tabla 7 Balance de la materia seca de los sustratos biotransformados y la biomasa obtenida al final del proceso.

Índices, %	Excreta vacuna	Excreta porcina	Excreta Porcina +		ES±
			Cal	cachaza	
Peso total, kg (BH)	58.8	58.8	58.8	58.8	-
Peso total, kg	12.1	27.4	25.9	27.0	-
Humus, kg	7.8 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	22.3 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	1.2***
Biomasa final, kg	0.11	0.07	0.10	0.15	0.02
Pérdidas, kg	4.2	3.8	6.4	6.8	1.2
Humus, %	64.75 <sup>a</sup>	86.01 <sup>a</sup>	77.28 <sup>a</sup>	74.20 <sup>a</sup>	3.38*
Biomasa final, %	0.87 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.45 <sup>b</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.09**

\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001, a, b, c letras diferentes en la misma línea difieren significativamente (Duncan 1955)

La oferta de sustrato en base fresca fue igual para todos los tratamientos, según criterio de alimentación empleado en este experimento. Debido a que la excreta vacuna tenía una menor concentración de materia seca que la excreta porcina (20.6 vs 46.6%) la cantidad de excreta vacuna (BS) fue menor que en los tratamientos restantes.

Estas diferencias iniciales motivaron que la cantidad de humus obtenida al final del proceso en la excreta vacuna fuera menor (P<0.001). Para eliminar la posible influencia de las diferencias en cuanto a ofertas del sustrato total en base seca en los distintos tratamientos experimentales, los indicadores estudiados se analizaron expresados como por ciento (%).

En esta forma de expresión de los indicadores analizados (%), el humus obtenido también fue

menor ( $P<0.05$ ) al compararse la excreta vacuna con la excreta porcina. Se encontraron valores intermedios al mezclarse la excreta porcina con cal o cachaza respectivamente, los cuales a su vez no difirieron de los encontrados para la excreta vacuna y porcina.

En cuanto a producción de biomasa de lombriz (%), se obtuvieron diferencias significativas a favor de la excreta vacuna ( $P<0.01$ ) sobre los tratamientos restantes; no obstante, con la mezcla de excreta porcina con fuentes fibrosas se lograron índices de producción de biomasa de lombriz superiores a los obtenidos con excreta porcina sola.

Estos resultados parecen estar estrechamente relacionados con la proporción proteína bruta: carbohidratos de los diferentes sustratos experimentales.

La excreta porcina tiene la mayor concentración de proteína bruta, superando la recomendación de no más de un 17% en sustratos para óptimas condiciones de desarrollo de biomasa de lombriz según (Reinés et al 1985; Ferruzzi 1987).

Por el contrario, este sustrato presenta la menor concentración de fibra dietética insoluble, que incluye celulosa y lignina, lo cual debe haber determinado que se obtuviera una menor concentración de biomasa final en el periodo experimental, si se toman en cuenta los planteamientos hechos por Ferruzzi (1987), quien considera que sustratos óptimos para garantizar una adecuada reproducción y puesta de capullos en las lombrices deben contener no menos de un 25% de celulosa.

Estos resultados corroboran lo informado por Neuhauser et al (1982) y Barcelo (1986), quienes obtuvieron mayor crecimiento de biomasa de lombriz en excreta vacuna que en excreta porcina.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 7 se considera que no se encontraron diferencias significativas al emplearse los diferentes tipos de sustratos en cuanto a pérdidas en el proceso de bio-transformación coincidiendo con lo planteado por Mary Diana G. (2003).

#### **Análisis de la supervivencia de los individuos al final del proceso en los diferentes sustratos.**

En la tabla 8 se muestra la producción de biomasa de lombriz de tierra en número de individuos y número de adultos en la población al final del proceso de bio-transformación de los sustratos.

Tabla 8. Efecto del sustrato alimentario en el desarrollo de la población de lombriz de tierra.

Índices, %	Excreta vacuna	Excreta porcina	Excreta Porcina +		ES±
			Cal	cachaza	
Número total, #	3.85 <sup>a</sup>	3.40 <sup>b</sup>	3.84 <sup>a</sup>	3.89 <sup>a</sup>	0.12*
Número adultos, #	3.16 <sup>a</sup>	2.72 <sup>b</sup>	3.14 <sup>a</sup>	3.15 <sup>a</sup>	0.10*
Población adulta, %	82	80	81	82	-

\*  $P<0.05$  a, b letras diferentes en la misma línea difieren significativamente (Duncan 1955)

En cuanto al desarrollo de la biomasa de lombriz en número de individuos no hubo diferencias significativas entre la excreta vacuna y la excreta porcina mezclada, no así para la excreta porcina sola que si difirió ( $P<0.05$ ) con respecto a los tratamientos restantes.

Esto demostró que las mezclas de excreta porcina + cal o cachaza lograron aumentar la reproducción de las lombrices de forma comparable a la excreta vacuna, aunque no hubo un comportamiento similar entre dichos sustratos para el crecimiento en peso de los individuos como se informó en la tabla 8.

La población alimentada con excreta porcina sola fue la de más bajo número de individuos. A pesar de esto, la cantidad de lombrices obtenida en el tratamiento de excreta porcina es comparable a lo informado por Hartenstein (1981) y Graff (1981) para crecimiento de poblaciones de lombrices alimentadas con excretas porcinas bio-transformadas.

Se comprobó además que al final del período de cultivo, la población adulta superaba el 80% en los cuatro sustratos utilizados. Lo que se corrobora por lo planteado por Mary Diana G. (2003) para condiciones similares.

#### **Análisis de la calidad de los sustratos al final del proceso.**

Como se aprecia en la tabla 9, contiene la composición en macroelementos de los humus obtenidos en los cuatro tratamientos, al final del experimento.

Tabla 9. Composición del humus de lombriz %MS

Índices, %	Excreta vacuna	Excreta porcina	Excreta Porcina +		ES±
			cal	cachaza	
MO	46.7	49.2	50.6	52.1	2.56
N	2.04 <sup>a</sup>	2.44 <sup>b</sup>	2.52 <sup>b</sup>	2.41 <sup>b</sup>	0.09*
P	1.22	1.39	1.36	1.23	0.21
K	0.91 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.09***
Ca	1.23 <sup>a</sup>	2.29 <sup>b</sup>	2.38 <sup>b</sup>	1.99 <sup>b</sup>	0.05
Mg	2.40	2.46	1.64	2.48	0.48

\* $P<0.05$ ; \*\*\*  $P<0.001$  a, b, letras diferentes en la misma línea difieren significativamente (Duncan 1955)

Las concentraciones de MO, P y Mg no difirieron entre ninguno de los sustratos

utilizados. Por el contrario, hubo diferencias significativas en el caso del N ( $P < 0.05$ ) el cual fue significativamente superior para todos los sustratos que contenían excreta porcina, en comparación con la excreta vacuna. Esto coincidió con el contenido de N del sustrato inicial debido a que la excreta vacuna utilizada fue pobre en este nutriente debido a que la calidad del alimento que consume un cerdo como animal monogástrico es superior a la del ganado bovino.

Lo contrario fue lo ocurrido en cuanto a la concentración de K, que fue superior al emplearse la excreta vacuna, debido fundamentalmente al sistema de tratamiento de las excretas porcinas y la solubilidad del potasio en agua lo que debió provocar una pérdida considerable de K en esta excreta. Los valores de N y P obtenidos superan a los informados para excreta porcina por (Reinés et al, 1998).

En cuanto al calcio (Ca) esto coincidió con el contenido inicial del sustrato, debido a que la excreta vacuna utilizada fue pobre en este nutriente debido a que la calidad del alimento que consume un cerdo como animal monogástrico es superior a la del ganado bovino lo que se corrobora con lo planteado por (Reinés et al, 1998 y Mary Diana G. 2003).

#### **Valoración socio-económica y ambiental de la Unidad.**

Desde el punto de vista económico, si se tiene en cuenta la eficiencia de bio-transformación de la excreta porcina, excreta porcina + cal 60:40 (BS) y excreta porcina + cachaza 70:30 (BS), en humus y biomasa de lombriz se tiene que por cada tonelada de cada uno de estos sustratos se obtienen: 0.86 t de humus y 0.09 t de biomasa de lombriz; 0,72 t de humus y 0,10 t de biomasa de lombriz; 0,74 t de humus y 0,11 t de biomasa de lombriz respectivamente. Estos resultados tienen gran importancia económica debido a que a partir del proceso de bio-transformación de residuales agresivos que constituyen contaminantes del medio ambiente de alto riesgo se pueden producir humus (fertilizante orgánico) de calidad comparable a la informada por la literatura.

La tonelada de humus se comercializa en el mundo a un precio aproximado que oscila entre \$70 y \$120 USD, en dependencia de su calidad. Por otra parte la biomasa de lombriz

de tierra es de elevada calidad nutricional, fundamentalmente como fuente de proteína, el nutriente más costoso y escaso en la alimentación animal.

#### **Valoración económica.**

En el nuevo escenario de la economía cubana, a partir de los lineamientos del VI Congreso del PCC, que recogen la política económica y social del país, se ha impulsado la necesidad de lograr resultados superiores con mayores niveles de eficiencia en la actividad agropecuaria.

En este sentido, la producción de cerdos forma parte de una estrategia del país para la soberanía alimentaria, además de lograr altas producciones de humus con la calidad requerida, el cual es de vital importancia para la agricultura cubana es estos momentos, ya que, el mismo, puede ser de vital importancia para el aumento de los rendimientos agrícolas, las sustitución de importaciones de productos químicos.

Este recurso (humus) por sus características tiende al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, suelos que han sido explotados durante décadas y que se han deteriorado.

Los aspectos económicos son una de las aristas que integran la sostenibilidad de cualquier proceso, por consiguiente, obtener buenos resultados en este sentido, constituye una premisa para mejorar la eficiencia productiva en las Unidades Productoras. A la hora de determinar la estrategia de producción, se hace necesario que los modelos alternativos de producción y de desarrollo que comprendan un esquema de producción con características bien definidas. De este modo, será más fácil su viabilidad y sostenibilidad para el desarrollo y crecimiento del sector y asegurar que el uso de tecnologías productivas se corresponda con la optimización de los recursos y el medio ambiente, así como a las condiciones concretas de cada localidad, lo que permite alcanzar niveles superiores de eficiencia.

#### **Valoración ambiental.**

El análisis ambiental constituye un elemento a desarrollar, pero no como un proceso independiente, sino vinculado al proceso en sí, dentro del análisis externo e interno de la unidad. Estos problemas, no son solo consecuencia de un modelo de gestión dirigido por las relaciones monetario-mercantiles o sobre la base de la gestión económica y financiera, en este ámbito,

también actúa el grado de deterioro de los recursos naturales, que no brindan seguridad económica.

Los modelos alternativos de producción deben lograr un desempeño que revierta la situación de conflicto entre medio ambiente y desarrollo económico-social. El modelo y los principios que adopten las unidades de producción para gerenciar el reto ambiental es crucial y de él dependen los resultados que se alcancen en la mitigación y eliminación de los impactos ambientales. El conocimiento de la situación actual es el punto de partida para proyectar una eficiente gestión ambiental.

Mucho contribuye el diagnóstico a avanzar en ese camino, lo que no se conoce, no existe ni actúa en la mente de las personas. Los daños ecológicos se prescriben y valoran con mayor conciencia si se conocen sus consecuencias. El sentido del desarrollo, del valor del suelo agrícola y del agua se ha ido modificando, pero no es suficiente el planteamiento de trabajar por un desarrollo agropecuario sostenible en lo social, económico y ambiental como si ya con eso quedarán resueltos los problemas de degradación del suelo, del agua, de la biodiversidad, de los recursos naturales y los riesgos de desastres, causados por los malos manejos de los sistemas agrícolas, el uso indiscriminado de tecnologías no adecuadas al medio y la acción depredadora del hombre. Por ello, la gestión eficaz de los recursos naturales, forma parte inseparable del proceso de producción agrícola para poder alcanzar una seguridad económica y elevar la calidad de vida de la sociedad.

La gestión eficiente de los recursos naturales es un asunto de interés y seguridad económica. Donde primero se materializa el efecto desfavorable del maltrato o mal manejo de los recursos es en los resultados económicos. Suelos degradados producen menos y si no se aplican técnicas de fertilización y conservación adecuadas, los rendimientos continúan descendiendo y las pérdidas monetarias aumentan frente a los ojos de quienes no cuidan correctamente de estos indicadores.

#### **Valoración social.**

Una Organización Productiva está diseñada evidentemente como un sistema de producción, con objetivos de progreso y dentro de ello el generar utilidades y producir riquezas, es garantía necesaria de su

crecimiento, lo cual es en síntesis su objetivo económico. Es también un sistema de interacciones sociales, porque no puede desconocerse el hecho de que su actividad se realiza con hombres y su objetivo social se cumple a través de las relaciones con personas, por lo cual debe ubicar su objetivo económico dentro de un contexto de desarrollo integral (Rodríguez, 1987).

De aquí se desprende que una acción social responsable y participativa, debe abarcar no solo el ámbito interno de las relaciones intra e interpersonales, sino también su vinculación con la UEB Cría Soroa y con comunidad local en la cual está insertada, que le ha permitido crecer y desarrollarse.

Sin embargo, las Organizaciones Productoras deben entender que una de sus posibilidades de supervivencia están dadas, en la medida en que adopten una visión integral de la complejidad de la producción y su relación con el desarrollo social de los recursos humanos, los que serán más competitivos en la medida en que estos estén más capacitados en función de resolver problemas concretos de la labor que realizan. De aquí la importancia de la capacitación de los asociados.

#### **CONCLUSIONES**

1. El estudio histórico lógico y la sistematización realizada acerca de los fundamentos teóricos que sustentan la producción de abonos orgánicos mediante un sistema de vermicultura, posibilitó la lógica de la investigación realizada.

2. En cuanto al desarrollo de la supervivencia de lombriz en los diferentes sustratos no hubo diferencias significativas entre la excreta vacuna y la excreta porcina mezclada con cal y cachaza, no así para la excreta porcina sola.

3. En el monitoreo del proceso de biotransformación de los desechos sólidos, se apreció que la temperatura difiere en el caso se la excreta porcina sola, con valores cercanos al óptimo, en cuanto al pH y la humedad no hubo diferencias significativas en ninguno de los sustratos.

#### **RECOMENDACIONES**

1. Continuar la profundización teórica del objeto-campo de este trabajo, de modo que se hallen nuevas relaciones que contribuyan a otras conceptualizaciones y su desarrollo.

2. Divulgar los resultados del proceso investigativo desarrollado, a través de las diferentes vías establecidas por la vía de la

superación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Metzger, J. D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource. Technology*, *84*, 7-14.
2. Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., & Shuster, W. (2000a). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología*, *44*, 579-590.
3. AOAC. 1980. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist, 13<sup>th</sup> edition. Washington D.C. p 125-135.
4. Asp, N.G., Johansson, C.G., Hallner, H. y Siljestion, M. 1990. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.* 31:476-482
5. Barcelo, P. 1986. Production, harvesting and processing of earthworms and the evaluation of its nutritional value on broilers. En: IFS, Workshop on "Swine and Poultry husbandry". Provisional Report No. 22, University of Udazona, Indonesia, p 87-98.
6. Boyacá., C. A. R. d. (2003). Manejo ambiental en pequeñas explotaciones porcícolas.
7. Boyette, M. D. (2005). Composting anaerobic swine lagoon sludge and cotton field residue to produce a value-added product. Animal Wasted Management Symposium. Research triangle park, North Carolina State University, EEUU. October 5-7 590-595..
8. Brown, G. G., Barois, I., & Lavelle, P. (2000). Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol*, *36*, 177-198.
9. Buck, C., Langmaack, M., & Schrader, S. (2000). Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. *Appl. Soil Ecol*, *14*, 223-229.
10. Buelna, G., Dubé, R., & Turgeon, N. (2008). Pig manure treatment by organic bed biofiltration. *Desalinitation*, *231*, 297-304.
11. Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Facanha, A. L., & Facanha, A. R. (2002). Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H<sup>+</sup>-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiol*, *130*(4), 1951-1957. .
12. Castillo, A., Quarín, S., & Iglesias, M. (2002). Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica* *60*, 74-79.
13. Castrillón, O., Jiménez, R., & Bedoya, O. (2007). Porquinaza en la alimentación animal. Ingeniería Agrícola. Universidad Lasallista. Línea de Investigación Bioprocesos. Semillero de investigación sobre Materia Orgánica.
14. Cervantes, F. J., Saldívar, J., & Yescas, J. F. (2007). Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* *3*, 3-12.
15. Coma, J., & Bonet, J. (2004). Producción ganadera y contaminación ambiental. XX Curso de Especialización FEDNA. Grupo Vall Companys. Barcelona.
16. Cuevas, J.R., Campa, L., Ojeda, M. y Vale, V. 1987. Instructivo técnico para el desarrollo de la lombricultura en Cuba. Comisión Nacional de Lombricultura, La Habana, pp 48
17. Domínguez, J., Edwards, C. A., & Webster, M. (2000). Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiología*, *44*, 24-32.
18. Domínguez, J., Parmelee, R. W., & Edwards, C. A. (2003). Interactions between *Eisenia andrei* (Oligochaeta) and nematode populations during vermicomposting. *Pedobiología*, *47*, 53-60.
19. Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* *11*:1-42.
20. Durán, L., & Henríquez, C. (2010). El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en la planta. *Agronomía Mesoamericana*, *21*, 85-93.
21. Eastman, B. R. (1999). Achieving pathogen stabilization using vermicomposting. *BioCycle*, 62-64.
22. Edwards, C.A. y Lofty, J.R. 1977. *Biology of Earthworms*. (Chapman and Hall, editores), London, pp 320.
23. Edwards, C., & Steele, J. (1997). Using earthworm systems. *Biocycle*, 63-64.
24. Europea., U. y. C. d. I. U. (2012). Principales países productores de carne de cerdo en 2011. Retrieved https://[www.3tres3.com/buscando/principales](http://www.3tres3.com/buscando/principales)

[-países-productores-de-carne-de-cerdo-en-2011\\_31070/](#)

25. FAO. (2014). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Retrieved

<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html>.

26. Farrell, M. (1997). Growing worms with food residuals. *BioCycle*, 65-66.

27. Ferruzzi, C. 1987. Manual de la lombricultura. (Mundi Prensa, ed), Madrid, pp 138.

28. Fostage, O., & Babb, M. (1972). Biodegradation of animal wastes by *Lombricus terrestris*. *Dairy Sciences, USA*, 67.

29. Gajalakshmi, S., Ramasamy, E. V., & Abbasi, S. A. (2001). Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. *Biores. Technol*, 76, 177-181.

30. Guerrero, J., & Monsalve, J. (2006). El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda. Grupo de investigación en Producción Más Limpia.

31. 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.

32. Gupta, A., Pankaj, P., & Upadhyaya, V. (2008). Effect of vermicompost, farm yard manure, biofertilizer and chemical fertilizers (N, P, K) on growth, yield and quality of lady's finger (*Abelmoschus esculentus*). *Pollution Research*, 27, 65-68.

33. Graff, O. 1981. Preliminary experiments of vermicomposting of different waste materials using *E. eugeniae* Kinberg, in proceedings of workshop on the role of earthworms in the stabilization of organic residues. (Mary Appelhof, ed) Kalamazoo, Michigan, p 179-191

34. Gutiérrez, V. (2005). *Efecto de los ácidos grasos volátiles del proceso rumen abomasal (in vitro), y de la melaza sobre la viabilidad de la Salmonella typhimurium*. (Tesis de Doctor en Ciencias), Universidad de Colima, México.

35. Harstenstein, R. 1981. Production of earthworms (*E. foetida*) as a potentially economical source of protein. *Biotechnol. Bioeng.* 23, 1797-1812.

36. Harvey, W.R. 1987. User's guide for LSMLMW PC-1 Version Mixed Model Least Squares and Maximum Likelihood Computer Programs. Columbus, Ohio, State Univ., pp 14.

37. Hernández C.A., Ramírez C.E. y Garzón-Zúñiga M.A. (2010). Desempeño de un biofiltro sin aire acoplado con uno aireado para tratar aguas residuales porcícolas. *Ingeniería Sanitaria Ambiental* 112, 43-48.

38. INTA. (2011). Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. Disponible en [www.inta.gob.ar](http://www.inta.gob.ar).

39. Jackson, M.L. 1970. Análisis químico de suelos. La Habana, (Revolucionaria ed.), pp 662.

40. Jensen, J. (1997). Worm farm takes on new challenges. *BioCycle*, 56-57.

41. Kato, L. M. (1995). *La producción porcícola en México: Contribución al desarrollo de una visión integral*.

42. Madan, M., & Ragini, B. (1988). *Recycling of organic wastes through lombricomposting and mushroom cultivation*.

43. Mariscal, G. (2007). *Manejo de excretas de cerdos*. Retrieved [Twww.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm](http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm)

44. Martínez, C. C. (1999). Potencial de la lombricultura, elementos básicos para su desarrollo. *Lombricultura técnica Mexicana. México*.

45. McGinnis, M., Warren, S., & Bilderback, T. (2004). *Vermicompost - Potential as Pine Bark Amendment for the Nursery*.

46. Mary Diana, G. M.; Pedro L. 2003. Estudios de integración de la vermicultura a la producción porcina en Cuba. Tesis presentada en opción al título Académico de Master en Producción Porcina Mención: Nutrición y Alimentación Porcina, La Habana, Cuba.

47. *Journal of Environmental Sciences*, 4, 185-188.

48. Williams, H. M. (2002). *Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Barcelona, España : Paidotribo*.