

INFLUENCIA DEL CONTROL DE LA HUMEDAD SOBRE LA POBLACIÓN DE LOMBRICES, LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL HUMUS PRODUCIDO EN EL SISTEMA DE LOMBRICULTURA

Clara García Ramos¹, Francisco Martínez Rodríguez¹, Reynaldo Cun González², Alina Miranda Galuzzo³, Katia González Labrada³ y Sergio Chiroles Rubalcaba⁴.

1. Instituto de Suelos. Autopista Costa-Costa, Km. 8½., Apdo. 8022, C.P., 10800, Capdevila, Boyeros. Telf. 645-1166 645-1388.

2. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje

3. Laboratorio de Análisis de Residuos

4. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología

Resumen.

Se estudiaron dos variantes de riego en el cultivo de lombriz *Eisenia foetida* (riego con humedad controlada y riego sin control de humedad) utilizando como sustratos estiércol vacuno y estiércol de conejo. Los resultados muestran que controlando la humedad del cultivo se logra mayor economía del agua y calidad del humus. Los valores de microorganismos patógenos presentes en el lixiviado resultaron elevados, comparados con los reportados por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en el año 2003, mientras que en el caso del humus líquido preparado a partir del humus formado, los valores para las dos variantes de tratamiento utilizadas fueron inferiores a los señalados por dicha norma, lo cual confirma la acción bactericida que presentan las lombrices sobre los colibacilos patógenos. Se reafirman las limitaciones en el uso de estos productos como fertirriego en cultivos de consumo directo y que se hace necesario realizar un control sanitario sistemático de estos abonos orgánicos con vista a disminuir los riesgos de contaminación ambiental y el desarrollo de enfermedades.

Palabras claves: Humedad, lombrices, características microbianas y químicas.

Introducción:

En Cuba en la actualidad, está muy generalizada la utilización tanto del líquido que drena por exceso de humedad en el sistema de lombricultura, como el llamado humus líquido (solución acuosa elaborada a partir del humus de lombriz producido); sin embargo, a pesar de la real posibilidad de la presencia de patógenos en estos productos son pocos los trabajos realizados en esta dirección, utilizándose solo criterios empíricos para su utilización.

El presente trabajo se realizó con el propósito de constatar la influencia del control de la humedad en el cultivo de la lombriz, la calidad química del humus final y el contenido de patógenos en el agua que drena del cultivo.

Materiales y Métodos.

El estudio se realizó en el área de lombricultura del Instituto de Suelos de Cuba, utilizando como material biológico la especie de lombriz *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) y como sustratos el estiércol vacuno y el estiércol de conejo al 100 %. Se compararon dos variantes de tratamientos: riego controlando la humedad, donde se

determinó la misma por diferencia de masa (método gravimétrico). Muestras de los sustratos se colocaron en estufa a 105 °C por 24 h y la humedad se calculó sobre la base de material seco y el riego sin controlar donde se adicionó el agua conociendo su volumen, y el líquido que drenó se midió y se tomó muestras para caracterizarlo química y microbiológicamente. Para esta variante se aplicó el método del “puño” descrito por Martínez y col en el año 2004, donde plantean tomar con la mano una porción del sustrato, si al cerrar el puño salen gotas de agua entre los dedos, significa que la humedad es la adecuada, si sale un chorro hay exceso de humedad y si por el contrario no sale agua, entonces no existe la humedad requerida. El agua drenada se colectó, se midió y se tomó una muestra para su caracterización microbiológica según la metodología del Laboratorio de Microbiología de Aguas del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) de Cuba.

En el experimento se utilizaron canaletas divididas en 8 secciones de 0,34 m² cada una y se dispuso el residual en una capa de 10 cm. Se montaron 4 réplicas para cada variante y se adicionaron 1000 lombrices a cada sección de la canaleta compuestas por individuos juveniles y adultos

A los sustratos y al Humus final se le realizaron análisis químico-físicos (pH, CE, MO, Na, K, Ca, Mg, Zn, Pb, Ni, Cu y Cr) y se determinó la respiración basal mediante el desprendimiento de CO₂ utilizando el sistema de frascos cerrados propuesto por Calero y col en el año 1999, por humedecimiento de 10 g de muestra al 60 % de su capacidad máxima de retención de agua determinada según ISO 14240-2: 1997 en potes plásticos y se colocaron dentro de un pomo de cristal herméticamente cerrado de forma tal que el CO₂ ambiental no interfiera en el proceso y se determinó el CO₂ al cabo de 24 horas de incubación a 30 °C.

El Humus Líquido se preparó según lo recomendado por Forbes *et al.*, en el año 2003, donde se toma 1 parte de humus y se disuelve en 8 partes de agua, se agita durante 20 minutos y se deja en reposo durante 24 horas. Tanto al humus líquido como al lixiviado se le determinó la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *salmonella ssp.*

Análisis Estadístico

A los valores de la actividad microbiana de los sustratos y del humus se le determinó el promedio y el intervalo de confianza (IC) con el uso de Microsoft Office Excel 2007 así como el coeficiente de variación para determinar la variabilidad de cada parámetro en relación a la estabilidad del abono.

Los datos de población de lombrices así como la puesta de capullos fueron procesados por este mismo programa, donde en el gráfico se expresa el valor promedio de 4 muestras para cada caso.

Resultados y Discusión.

En la tabla 1 se observan los valores de Humedad y Densidad Aparente en los residuales estudiados observándose los mayores valores para el estiércol vacuno lo que pudiera estar relacionado con las características físicas del residual

Tabla 1. Límite Superior de Humedad y Densidad Aparente de los residuales en estudio.

Residual	Densidad aparente (Da)	Humedad gravimétrica. (% pss)		
		Límite superior de humedad.	85 %	75 %
Estiércol Vacuno	0,24	364,2	309,6	273,1
Estiércol de Conejo	0,17	238,9	203,1	179,2

En los gráficos 1 y 2 se observa la dinámica de la humedad en los residuales al transcurrir el tiempo. El Estiércol Vacuno durante el experimento no alcanzó el 85 % de la humedad como en el estiércol de conejo, pero se mantuvo en el rango de 75-85 % recomendado para el cultivo de las lombrices según (García et al., 2003; Reines et al., 2004 y Martínez et al., 2004), observándose en ambas variantes una alta densidad de lombrices, la que fue superior en el estiércol vacuno, lo cual fue reportado por estos mismos autores en publicación anterior, los que plantean como causa del comportamiento desigual de la población de lombrices en los sustratos la diferencia en las características físicas y químicas de estos.

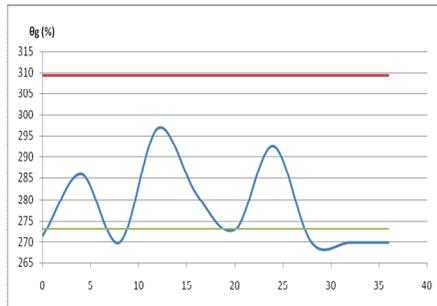


Gráfico 1. Dinámica de la humedad en el Estiércol Vacuno

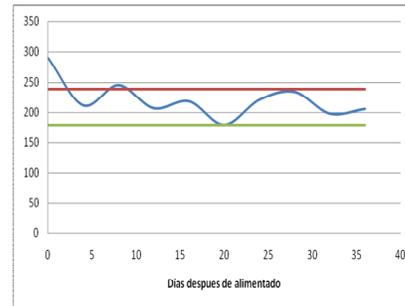


Gráfico 2. Dinámica de la humedad en el Estiércol de Conejo

En los gráficos 3 y 4 se exponen los valores de densidad aparente donde se aprecia para ambos sustratos una tendencia a disminuir con el paso del tiempo, lo que pudiera estar relacionado con las transformaciones que se producen en estos, lo que provoca pérdida de peso en el material de partida, lo que ha sido reportado por diferentes investigadores Martínez *et al.*, 2004 y Peña, 2006.

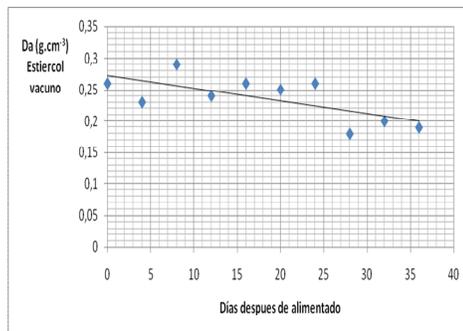


Gráfico 3. Densidad Aparente en el Estiércol Vacuno

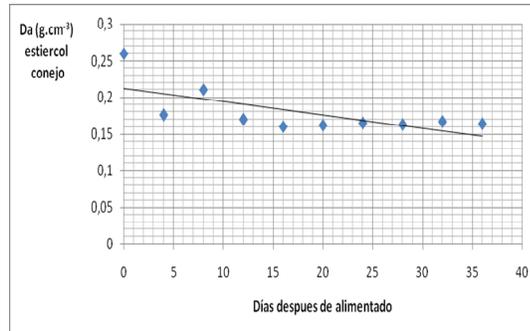


Gráfico 4. Densidad Aparente en el Estiércol de Conejo

En la tabla 2 se observa los parámetros de riego evaluados durante el experimento. Se puede apreciar que el volumen total de agua aplicado para los dos residuales fue mínimo cuando se tenía en cuenta el control de la humedad y se aprovechó el 100 % de agua en esta variante de riego, mientras que en la variante sin control se utilizó más agua y esta no se aprovechó en su totalidad drenándose una parte y arrastrando consigo elementos solubles. Este resultado nos sugiere que el descontrol del riego en este sistema va en detrimento de la economía del agua, lo que se refleja directamente en su eficiencia. En este sentido se han manifestado muchos investigadores, situando estas afectaciones alrededor de un 40 % (Cuevas *et al.*, 1987 y Martínez *et al.*, 2004)

Tabla 2. Parámetros de riego evaluados durante el experimento con estiércol vacuno y estiércol de conejo.

Parámetros	Humedad controlada		Humedad sin control	
	Ev	Ec	Ev	Ec
Vol. Total aplicado	58,8	11,8	76,5	38,2
Número de riegos	10,0	2,0	6,0	5,0
Intervalo de riego(días)	4,0	25,0	5,0	8,0
Dosis parcial(L.m ⁻²)	5,9	5,9	12,7	7,6
Drenaje(L.m ⁻²)	-	-	17,6	6,6
Agua aprovechada (%)	100,0	100,0	76,9	82,7

EV: Estiércol Vacuno

EC: Estiércol de Conejo

Características químico-físico de los residuales utilizados en el experimento.

El comportamiento de las características químicas del sustrato utilizado como alimento de las lombrices en general son similares a los que se reportan en la literatura especializada por varios investigadores, los que justifican las diferencias entre ellos a los orígenes diferentes de estos Garg *et al.*, 2006. No obstante los valores de materia orgánica presentan pequeñas diferencias con los reportados por Martínez *et al.*, 2004-; lo que puede estar relacionado con el lugar de procedencia del sustrato (tabla 3).

Tabla 3. Características químico-físico del material inicial antes de la inoculación de las lombrices (peso seco)

Residuales	pH	MO	Cenizas	CT	Na	K
		gkg ⁻¹				
Estiércol de Conejo	6,4	79,20	20,8	45,96	0,35	2,48
Estiércol Vacuno	8,7	86,87	13,13	47,19	0,35	1,96

Características biológicas de los residuales utilizados en el experimento.

En la tabla 4 se observa que los valores de la respiración basal resultaron superiores en el estiércol de conejo lo cual indica una mayor actividad microbológica, determinada por su contenido más elevado de sustancias biodegradables.

Tabla 4. Valores de la Respiración Basal (mg CO₂. g muestra⁻¹) en el estiércol vacuno y estiércol de conejo.

Sustratos	mg de CO ₂ .g de muestra ⁻¹
Estiércol vacuno	4,03±0,06
Estiércol de conejo	9,4±0,33

Si comparamos estos valores con los de la respiración basal del humus formado a partir de estos sustratos (tabla 5), observamos que los mismos son inferiores, debido a la disminución con el tiempo de las sustancias biodegradables y el aumento de las sustancias estables (humus). Además como resultado se obtuvo que la actividad microbiana en el humus obtenido a partir de estos residuales fue superior cuando se controló la humedad y al igual que en el sustrato, fue mayor en el humus de conejo, por lo que se puede inferir que este humus es menos estable que el producido a partir de estiércol vacuno.

Tabla 5. Valores de respiración basal en el humus formado a partir del Estiércol Vacuno y Estiércol de Conejo en la variante humedad controlada.

Humus de:	Humedad controlada	Humedad sin controlar
Estiércol vacuno	2,3±0,08	1.36±0.07
Estiércol de conejo	5,25±0,15	3.3±0.1

Comportamiento de la población de lombrices en las variantes estudiadas

En general en ambas variantes se observa una alta densidad de lombrices en los residuales estudiados (gráfico 5), superior a la reportada por (García, 2003; Reines *et al.*, 2004 y Martínez *et al.*, 2004), siendo el incremento mayor en la variante donde se controló la humedad, lo que corrobora lo planteado por Viljoen y Reinecke, 1989; Reinecke y Venter, 1989; Reines *et al.*, 2004 y Martínez *et al.*, 2004 sobre el efecto que ejerce la humedad del sustrato cuando se mantiene al 85 % sobre la eficiencia del cultivo, donde el crecimiento y la reproducción de las lombrices ocupan un lugar fundamental.

Si se compara el comportamiento de la población de lombrices en los residuales estudiados, se puede apreciar que hubo un mayor incremento de la población de lombrices cuando se utilizó el estiércol vacuno fundamentalmente en la población juvenil, lo que puede estar relacionado a que los capullos eclosionaron en este residual y cuando se contabilizó la población de lombrices existían una alta población de lombrices pequeñas (Gráfico 5).

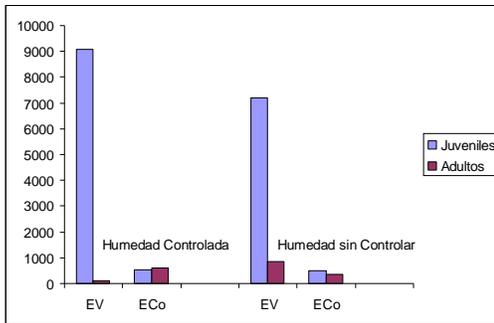


Gráfico 5. Comportamiento de la población de lombrices en los sustratos y variantes estudiadas

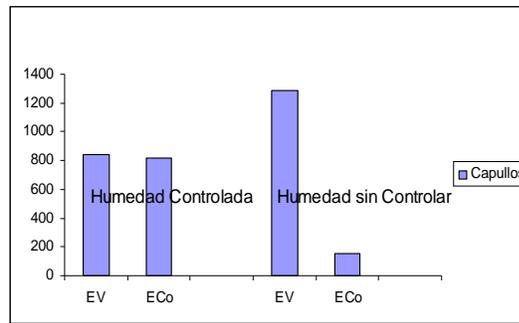


Gráfico 6. Producción de capullos en los sustratos y variantes estudiadas

En relación a la puesta de capullos (Gráfico 6), se observa que fue superior cuando se utilizó como alimento el estiércol vacuno esto puede deberse a la composición de nutrientes que presenta dicho residual.

Comportamiento de las propiedades químicas del humus formado en las variantes estudiadas.

En la tabla 6 se aprecia que los parámetros estudiados en general son similares a los reportados por otros investigadores Martínez *et al.*, 2003 con un comportamiento algo mejor en la variante humedad controlada y cuando se utilizó el estiércol vacuno como sustrato. En la variante humedad sin controlar existe una ligera tendencia a disminuir la calidad del humus desde el punto de vista químico, aunque para las dos variantes el comportamiento fue casi similar esto puede deberse al poco numero de riegos efectuados en la practica experimental que fue mucho menor a lo que ocurre en la práctica productiva debido a que en el experimento se efectuó una sola alimentación

Humedad Controlada									
Residuales	pH	CE	MO	Cenizas	Carbono Total	Na	K	Ca	Mg
		ms.cm ⁻¹	g.kg ⁻¹						
Estiércol Vacuno	7.9±0.08	1±0.16	66.2±1	33.8±1	37.19±0.57	0.17±0.01	0.8±0.07	2.3±0.12	1.7±0.04
Estiércol Conejo	7.12±0.2	1.4±0.08	73.9±1.6	26.1±1.6	41.5±1	0.39±0.04	1.66±0.1	1.33±0.09	1.10±0.03
Humedad sin Controlar									
Estiércol Vacuno	7.12±0.04	3.3±0.3	62.52±1	37.48±1	37.2±1	0.16±0.01	1.4±0.03	nd	nd
Estiércol Conejo	6.0±0.19	3.9±0.3	69.25±1.5	30.75±1.5	38.9±1.5	0.3±0.01	1.44±0.03	1.24±0.04	1.2±0.05

Como era de esperar y ha sido reportado por otros investigadores, los valores de materia orgánica en el humus en todas las variantes y sustratos estudiados son menores que los valores del sustrato inicial, lo cual se explica por el proceso de mineralización y síntesis de las sustancias orgánicas que se produce durante el desarrollo del sistema de

lombricultura, el cual entraña la formación inicial de sustancias precursoras de los ácidos húmicos que poseen gran solubilidad y son arrastrados con las aguas de drenaje o son transformadas por las enzimas hasta CO₂ que se pierde para la atmósfera. Estas formas de salida del carbono del sistema explican también el mayor contenido de este elemento en el humus de la variante controlada y dentro de esta el formado a partir de estiércol de conejo.

Los valores de Na y K son bajos y tienen el mismo comportamiento, lo que está relacionado con la naturaleza de estos elementos, en el caso específico del potasio, este elemento no forma parte de la estructura de la molécula orgánica según reporta Martínez et al., 2003

Los contenidos metales pesados (tabla 7) en el humus resultaron inferiores a lo reportado por Martínez *et al.*, 2004, para el estiércol vacuno en las variantes estudiadas y por debajo de los límites permisibles para abonos orgánicos según las normativas europeas en todas las variantes y sustratos estudiados

Los valores de Zn y Pb son mayores en la variante de riego controlado y dentro de esta en el humus de estiércol de conejo, sin embargo los valores de Ni, Cu y Cr presentaron un comportamiento contrario, siendo mayores los valores en la variante de riego tradicional

En general se puede establecer las siguientes secuencias con respecto al contenido de metales pasados; en la variante de riego controlado Zn>Cu>Pb>Ni>Cr y en la variante tradicional Zn>Cu>Ni>Pb>Cr

Tabla 7. Contenido de metales pesados en el humus obtenido

Humedad controlada					
Fuente	Zn	Pb	Ni	Cu	Cr
mg.kg ⁻¹					
Estiércol Vacuno	173.25±4	19.3±3	12.22±0.13	57.15±1.3	7.25±0.47
Estiércol de Conejo	610.6±6	30.16±2	19.75±1	88.2±2	13.82±1
Humedad sin Controlar					
Estiércol Vacuno	132.05±1.2	7.83±1	13.41±0.33	65.2±0.9	12.95±0.6
Estiércol de Conejo	414.3±3	16.2±2	17.3±1.3	71.24±1.3	9.4±0.67

Indicadores de contaminación fecal en el lixiviado producido durante el experimento.

La tabla 8 muestra los valores de microorganismos patógenos presentes en el lixiviado producido durante el experimento en los residuales estudiados. Los valores de microorganismos resultaron elevados comparado con lo reportado por Organización Mundial de Salud en el año 2003, en ellos se establecen a los coliformes fecales como indicadores de la calidad microbiológica de las aguas recomendándose que la presencia de los mismos debe ser ≤ 1000/100ml para considerar el agua de buena calidad

microbiológica. Los controles bacteriológicos realizados para evaluar la calidad del agua adicionada al humus fueron negativos.

Tabla 8. Indicadores de contaminación fecal presentes en el lixiviado producido durante el sistema de lombricultura.

Lixiviado	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL	<i>Salmonella</i> ssp. (P/A)
Estiércol Vacuno	≥ 1600	≥ 1600	A
Estiércol de Conejo.	$\geq 1600 \cdot 10^3$	$\geq 1600 \cdot 10^3$	A

NMP: Número más probable. A: Ausencia

Los resultados anteriores nos sugieren la necesidad de continuar los estudios relacionados con la presencia de patógenos en el lixiviado pues trabajos realizados por Bartz y Showalter, 1981; Ibarra-Sánchez *et al*, 2004, Raj *et al*, 2005 y Franz en el año 2007 reportaron la habilidad de los microorganismos patógenos de internarse en los tejidos de frutas y hortalizas, por lo que podría representar un riesgo para la salud humana.

Indicadores de contaminación fecal en el Humus Líquido.

En la tabla 9 se muestran los valores de microorganismos patógenos presentes en el humus líquido. En el mismo se puede apreciar que ocurrió una disminución muy notable para las dos variantes de tratamiento utilizadas en el experimento, lo cual es lógico si tenemos en cuenta lo señalado por (Eastman, 2001 y Schuldt, 2003), referente a que las lombrices poseen una acción bactericida sobre los colibacilos patógenos.

Tabla 9. Indicadores de contaminación fecal (*Escherichia coli*) presentes en el humus líquido de las variantes estudiadas.

Humus Líquido	Humedad Controlada	Humedad sin Controlar
	Prom. \pm I.C.	
Estiércol Vacuno	301	<2
Estiércol de Conejo	18 \pm 0.1	7.5 \pm 2.42

De manera general se puede apreciar que los niveles de microorganismos patógenos encontradas en el humus líquido preparado a partir del humus de lombriz son bajos y por debajo de las regulaciones europeas y mexicanas para el uso agrícola de estos productos; por lo que puede ser utilizado para la fertilización de cualquier cultivo, sólo se recomienda siempre que sea posible el monitoreo periódico del mismo y que se cumpla estrictamente la disciplina tecnológica del cultivo.

Conclusiones.

- Con el control de la humedad en el cultivo de la lombriz, se logra un ahorro importante del agua, aumentando la eficiencia del cultivo y la mejora de las características químicas y biológicas del humus final producido.
- La actividad microbiana en el humus obtenido a partir de Estiércol Vacuno y Estiércol de Conejo fue superior cuando se controló la humedad y al igual que en el sustrato, fue mayor en el humus de conejo, por lo que se puede inferir que este humus es menos estable que el producido a partir de estiércol vacuno.
- La densidad de lombrices y la puesta de capullos fue superior cuando se utilizó como sustrato el Estiércol Vacuno lo que puede deberse a la composición de nutrientes que presenta dicho residual.
- Los contenidos de metales pesados en el humus se encuentran por debajo de los límites permisibles para abonos orgánicos según las normativas europeas en todas las variantes y sustratos estudiados
- Los resultados demuestran el peligro potencial que representa el uso indiscriminado del lixiviado producido en el sistema de lombricultura, por sus altos niveles de contaminación con microorganismos fecales, lo cual confirmó lo correcto de las regulaciones de uso de este producto en vegetales de consumo directo.
- Los niveles de patógenos encontrados en el humus líquido preparado a partir del humus de lombriz son bajos y por debajo de las regulaciones Europeas no obstante, para el uso agrícola de este producto, se recomienda siempre que sea posible, el monitoreo periódico del mismo y que se cumpla estrictamente la disciplina tecnológica del sistema de lombricultura

Referencias bibliográficas.

1. Bartz, J. y R.K. Showalter (1981). Infiltration of tomatoes by aqueous bacterial suspensions. *Phytopathology* 71: 515-518.
2. Calero, B.; A. Guerrero; C. Alfonso; V. Somoza y E. Camacho (1999): "Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo". *La Ciencia y el hombre*. Vol XI (33): 89-94
3. Cuevas, J R, LC Blandy y VV Pumariega (1987). *Instructivo técnico para el desarrollo de la lombricultura en Cuba*. Comisión Nacional de Lombricultura. Ciudad de La Habana. Cuba.
4. Eastman, B., P. Kane., C. Edwards., B. Trytek., A. Stermer., and J. Mobley (2001): The Effectiveness of Vermiculture in Human Pathogen Reduction for USEPA
5. Eastman, B; Kane, P; Edwards, C; Trytek, L; Gunadi, B; Stermer, A y Jacquelyn R. Mobley (2001): The Effectiveness of Vermiculture in Human Pathogen Reduction for USEPA Biosolids Stabilization. *Compost Science & Utilization*, Vol. 9, No. 1, 38-49
6. Forbes, T; F. Martínez; M. Valdés, y A. Bahamonde (2003): Consideraciones sobre el uso de las disoluciones acuosas de humus de lombriz como fertirriego en cultivos de bajos insumos. Congreso Internacional de Riego y Drenaje. Cuba Riego 2003.
7. Franz, E (2007): Ecology and Risk Assessment of *E. coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* in the Primary Production Chain of Lettuce. Doctoral thesis, Biological Farming Systems group, Wageningen University, the Netherlands.
8. García, M (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. Instituto de Investigaciones Porcinas. Ministerio de la Agricultura Cuba.

9. Garg, V and Y Yadak (2006): Livestock excreta management through vermicomposting using an epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Environmentalist* 26: 269-276.
10. Ibarra-Sanchez, L. S., S Alvarado-Casillas, M.O. Rodríguez-García. (2004). Internalization of bacterial pathogens in tomatoes and their control by select chemical. *Journal of food protection* 67:1353-1358.
11. ISO 14240-2: 1997 (E). Soil quality. Determination of soil microbial biomass. (Annex A, Measurement of water-holding capacity of soil).
12. Martínez, F., B. Calero, R. Nogales y L. Rovesti (2003): *Lombricultura. Manual Práctico*. Ciudad de La Habana. 100 pp. Eds. Calero, B y Rovesti,
13. Martínez, F., Váldez, M., Bahamonde, A., Mena, M y Peña, E (2004): *Manual de Técnicas de Análisis Químicos para el Humus de Lombriz*. Agrinfor. La Habana Cuba, ISBN 959-246-084-1
14. Organización Mundial de la Salud. (2003): Directrices sanitarias sobre el uso de agua residuales en agricultura y acuicultura, Informe de un Grupo Científico de la OMS. Serie de Informes Técnicos 778. Ginebra.
15. Peña, E (2006): “Caracterização do húmus e da farinha de minhoca obtidos a partir de dois processos de vermicompostagem com diferentes resíduos orgânicos.” *Programa de Pós-Graduação em Agronomia*. Universidade Federal de Pelotas.
16. Raj, B. S., M. Chandra y R. Agarwal (2005). Interaction of *Salmonella enteritica* subspecies *enteritica* Serovar *Typhimurium* and mung bean (*Phaseolus aureus*) plants. *Journal of food protection* 68:476-481.
17. Reinecke, J.; Venter, M (1985). “*The influence of moisture on the grow and reproduction of the compost worm Eisenia foetida (Oligochaeta)*”. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* Vol. 22, No. 4, p. 473-481.
18. Reines, M, Loza, J y S. Honorio (2004). *Lombricultura. Una Biotecnología para la sustentabilidad*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara ISBN: 970-27. 0636-X, 2004
19. Schuldt, M (2003): “*Lombricultura y Residuos Domiciliarios*”. *Rev. Patagonia*, No. 1, pp 18.
20. Viljoen, S. y Reinecke, A (1989): Moisture and Growth Maturation and Cocoon Production of *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). *Ver. Ecol. Biol. Sol.* 26 (3). 291-363.