

Caracterización de composta obtenida de la cama profunda utilizada en la ceba de cerdos

Fuente: Livestock Research for Rural Development 22 (10) 2010

E Cruz, R E Almaguel, C M Mederos, Y Cordero y J Ly

Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP), Carretera del Guatao km 1 ½. Punta Brava. La Lisa. Ciudad Habana. Cuba. C.P. 19200

ecruz@iip.co.cu ; georcruz@infomed.sld.cu

Resumen

El sistema de producción de cerdos en cama profunda actualmente ha tomado importancia tanto en términos productivos como sociales en Cuba, como una alternativa en la producción porcina a pequeña escala. El presente trabajo refiere los estudios físico-químicos (materia orgánica, nitrógeno, fósforo, relación carbono/nitrógeno, pH y temperatura) y microbiológicos (coliformes fecales, Salmonella sp y huevos de helmintos) realizados a la composta generada de este sistema en el Instituto de Investigaciones Porcinas. Se caracterizó la composta después de dos ciclos de crianza de 106 días cada uno. Los resultados microbiológicos fueron transformados a Log₁₀ (X+1) y para el procesamiento estadístico de los parámetros químicos y microbiológicos se aplicó análisis de varianza, mediante un modelo matemático de clasificación simple.

Este residuo presentó un contenido relativamente alto de materia orgánica oxidable, con un pH cercano al neutro y valores de temperatura en el rango termofílico. El nivel de nitrógeno que se reporta (0.97 %) es comparable a lo establecido internacionalmente para los diferentes biosólidos y no se registró presencia de fósforo. No hubo presencia de Salmonella sp. y no se encontraron huevos de helmintos al final de dos ciclos de crianza. Se concluye que la composta procedente del sistema de cama profunda para la ceba de cerdos, del Instituto de Investigaciones Porcinas, constituye una fuente potencial de nutrientes para ser aplicada en la agricultura como fertilizante orgánico y no representa riesgos desde el punto de vista microbiológico. Se recomienda evaluar la utilización de este residuo una vez estabilizado como abono orgánico en diferentes cultivos.

Palabras claves: cerdos, fertilizante orgánico, materia orgánica, relación C/N, Salmonella sp.

Characterization of compost obtained from the deep bedding used in pig fattening

Abstract

The pig production system in deep bedding is now very important in Cuba, in productive and social terms, as an alternative for small-scale pig production. This paper concerns the physical-chemical studies (organic matter, nitrogen, phosphorous, rate carbon/nitrogen, pH and temperature) and microbiological studies (fecal coliforms, Salmonella sp and helminth eggs) made to the compost generated from this system in the Swine Research Institute. Was characterized the compost after two breeding cycles of 106 days each. Microbiological results were transformed to $\log_{10}(x+1)$ and the statistical analysis of the chemical and microbiological parameters was applied to analysis of variance, using a mathematical model of simple classification.

This residue showed a relatively high content of oxidizable organic matter, with a near neutral pH and thermophilic temperature values. The nitrogen level reported (0.97 %) is comparable to the internationally established rules for different biosolids and there was no presence of phosphorus. There was no presence of Salmonella sp. or helminth eggs at the end of two cycles of breeding. It was concluded that the compost from the deep bedding system for fattening pigs, in the Swine Research Institute, is a potential source of nutrients to be applied in agriculture as organic fertilizer and does not represent risks from microbiological point of view. It was recommended to evaluate the use of this waste once stabilized as organic fertilizer in different crops.

Keywords: organic fertilizer, organic matter, pigs, ratio C / N, Salmonella sp.

Introducción

La producción porcina a pequeña escala con el sistema de cama profunda actualmente ha tomado mayor importancia tanto en términos productivos como sociales en Cuba, debido a la necesidad de incrementar la producción de carne de cerdo en el país y la disponibilidad de esta fuente de proteína para la alimentación de la población, con menor impacto ambiental y cumpliendo las normativas establecidas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Cruz et al 2009).

Este sistema permite reducir la cantidad de líquidos residuales emitidos al ambiente, provenientes del lavado de los corrales en la crianza tradicional y los materiales usados como cama sufren un proceso de compostaje in situ debido a la permanente incorporación de las excretas de los cerdos (Campiño y Ocampo 2007), lo cual facilita el manejo de los residuales líquidos y genera una fuente de

materia orgánica en forma de composta que puede ser usada posteriormente como abono orgánico (Uicab-Brito 2004).

Los campos de aplicación de la composta son amplios y se basan principalmente en los requerimientos de las plantas y en la falta de nutrimentos del suelo. Esta fuente de materia orgánica puede emplearse como mejorador de suelos, en cultivos de invernadero, como inóculo para la producción de otra composta, así como, para incrementar la biomasa y el rendimiento de las plantas (Utria et al 2006, Uicab-Brito 2004). Por esta razón se puede decir que los usos de la composta redundan en beneficio al productor, en este caso al porcicultor, porque es una técnica de conversión de sus residuos a un bajo costo. Por otro lado, también puede aplicarse en cultivos caseros como las hortalizas e incluso cuando la producción es elevada puede utilizarse en pastos a nivel de hectáreas o en algún otro cultivo que se tenga en proceso.

Sin embargo, su aplicación en los suelos agrícolas puede presentar algunos aspectos negativos, como son la presencia de metales pesados y microorganismos patógenos, los cuales en concentraciones elevadas pueden afectar las características de los suelos y generar intermedios metabólicos que interfieren en el desarrollo y rendimiento de las plantas (Zucconi et al 1981, Utria et al 2006). Es por ello que se hace imprescindible un control adecuado de la disposición final de estos residuos que permita potenciar el valor de los componentes útiles y reducir la peligrosidad de los otros.

El presente trabajo refiere los resultados obtenidos en los estudios físico-químicos y microbiológicos realizados a la composta generada del sistema de cama profunda en la ceba de cerdos, del Instituto de Investigaciones Porcinas.

Materiales y métodos

La experiencia se desarrolló en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Porcinas situado en la provincia de Ciudad de la Habana.

Se realizaron dos ciclos de crianza de 106 días cada uno con una diferencia de siete días entre ambos ciclos. Se utilizaron 72 animales en cada ciclo (hembras y machos castrados) de la raza Yorkshire Landrace, cruce Camborough, de aproximadamente 21,0 kg de peso vivo y 75 días de edad como promedio. En ambos ciclos de crianza los cerdos fueron distribuidos en un diseño de bloques al azar en dos tratamientos con cuatro repeticiones: cama profunda (piso de tierra con cama de bagazo de caña de azúcar seco (*Saccharum officinarum*) (80%) y heno de gramíneas (20 %) en la superficie, para evitar el contacto directo de

materiales ásperos con los animales y piso de concreto sólido (sistema de crianza tradicional). La cama estudiada se ubicó a 40 cm por debajo del nivel de la tierra y alcanzó una altura de 55 cm.

Se caracterizó la composta después de dos ciclos de crianza de 106 días cada uno, desde el punto de vista físico-químico: materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt), fósforo total (Pt), relación carbono/nitrógeno (C/N), pH y temperatura (T) y microbiológicamente con la determinación de coliformes fecales, *Salmonella* sp y huevos de helmintos. Los muestreos realizados estuvieron a cargo del Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental (DECA) del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba (CNIC) y del Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba (IIP). La metodología empleada para la obtención y procesamiento de las muestras fue la establecida por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, CITMA (1999).

Obtención de la muestra de residuo sólido (composta) obtenida de la cama de bagazo y heno de gramíneas

Las muestras se tomaron en condiciones asépticas, empleando frascos con tapa de rosca o bolsas estériles de nylon. El procedimiento de muestreo de las camas se realizó acorde a Franjo et al (1998), consistió en tomar pequeñas cantidades al azar del material de las camas en diferentes locaciones del corral y a diferentes profundidades (superficie, 25 cm de profundidad y fondo de las camas). El material obtenido de los corrales con cama se mezcló uniformemente y se dividió en cuatro partes (cuarteo), mediante dos diámetros perpendiculares, de los cuales se recogieron dos cuadrantes opuestos. Los residuos contenidos en éstos se homogenizaron y se extendieron en forma de torta, repitiéndose la misma operación hasta que la media obtenida del cuadrante fue aproximadamente de 10 kg. De una de las cuatro partes se tomó una cantidad cuyo peso osciló alrededor de 2 kg que fue la muestra a analizar. Posteriormente se separó 1 kg para el análisis físico-químico y 1 kg para el análisis microbiológico.

Procesamiento de la muestra sólida para análisis fisicoquímico

Se trituró 1 kg de muestra sólida en el homogenizador Waring comercial (EE. UU). Para evaluar el pH se realizó una suspensión en agua destilada de 0,2 g ml⁻¹. El resto de la muestra triturada se empleó sin otro procesamiento para la determinación de peso seco, fósforo total y nitrógeno total.

Procesamiento de la muestra sólida para análisis microbiológico

Se pesó 10 g de la muestra sólida y se trituró en un homogenizador Waring comercial (EE. UU) que tiene acoplado un aditamento de acero inoxidable para

pulverizarla. Posteriormente, se suspendió 4g de materia fresca triturada en 36ml de agua destilada estéril y se obtuvo una dilución de 10^{-1} , se mezcló durante 2 ó 3 min empleando agitador magnético hasta completar la suspensión y lograr la solución madre resultante. Para la preparación de las diluciones decimales se transfirió asépticamente 1ml de la solución madre en 9ml de agua destilada estéril, obteniéndose una dilución de 10^{-2} , posteriormente se homogenizó, mediante agitador magnético de tubo y se transfirió 1ml de esta dilución en 9 ml de agua destilada estéril, se homogeneizó y se obtuvo una dilución de 10^{-3} y así sucesivamente para el resto de las diluciones hasta 10^{-8} . Las diluciones obtenidas fueron usadas como muestras de análisis.

En las tablas 1 y 2 se informan los ensayos empleados en la determinación de la composición físico-química y la caracterización microbiológica de las muestras en estudio.

Tabla 1. Ensayos empleados en la determinación de la composición físico-química de la composta de cama profunda

Ensayo	Tipo de método	Documento normalizativo de referencia
Materia Orgánica	Gravimétrico	EPA. OSW 486
pH	Electrométrico	NC 10390:1999
Determinación de Fósforo Total (Pt)	Colorimétrico vanadato - molibdato	NC 34:1999
Nitrógeno Total (Nt)	Volumétrico Kjeldahl	ISO 11261:1995

Tabla 2. Ensayos empleados en la caracterización microbiológica de la composta de cama profunda

Ensayo/medio de cultivo	Tipo de método	Norma
Conteo de Salmonella sp. en medio Agar SS	Placa vertida	APHA, 2000 NC 74-42:86 NOM-004-SEMARNAT-2002
Coliformes fecales en medio Caldo lactosado y confirmado en caldo Escherichia coli	Fermentación de Tubos Múltiples	APHA, 2000 NC 38-02-15:89 NOM-004-SEMARNAT-2002
Huevos de Helminthos	Sedimentación de Schawatzbord	OMS 1989 NOM-004-SEMARNAT-2002

Se registró diariamente la temperatura de la cama a 30 cm de profundidad en los horarios de 9:00 a.m, 1:00 p.m y 4:00 p.m, con un termómetro digital portátil.

Los resultados microbiológicos fueron transformados a $\text{Log}_{10} (X+1)$ y para el procesamiento estadístico de los parámetros químicos y microbiológicos se aplicó un análisis de varianza acorde con Steel et al (1997), mediante un modelo matemático de clasificación simple. Se empleó el paquete estadístico SAS (1997) para procesar y manipular los datos.

Resultados

En la tabla 3 aparecen los resultados de los indicadores físico-químicos estudiados.

Tabla 3. Composición química promedio (n=10) de la composta de cama profunda después de dos ciclos de crianza de 106 días cada uno

Indicador	Contenido en la composta	ES \pm	USEPA (1993) Límites		Real Decreto 824/2005 (BOE No. 171)
			Biosólido Clase A	Biosólido clase B	
MO, %	83.10	0.11	17.1-63.5	20.6-57.4	-
N, %	0.97	0.07	0.67-2.44	0.46-4.20	No menos de 1
P, %	0.00	0.02	0.40-4.12	0.60-4.90	No menos de 1
C/N	50/1	0.28	8/1-40/1	-	No mayor de 15
pH	7.1	0.33	-	-	-
T, °C	55 \pm 2	0.04	-	-	-

Se observa que este residuo sólido presenta un contenido relativamente alto de materia orgánica oxidable, con un pH cercano al neutro y valores de temperatura que se encuentran en el rango termofílico. El nivel de nitrógeno que se reporta es comparable a lo establecido por la USEPA (1993) para los diferentes biosólidos y no se registró presencia de fósforo.

La tabla 4 refiere los resultados obtenidos en cuanto a la caracterización microbiológica de la composta.

Tabla 4. Características microbiológicas (n = 8) de la composta de cama profunda después de dos ciclos de crianza de 106 días cada uno

Indicador	Contenido en la composta	ES \pm	USEPA (1993) Nivel de microorganismos patógenos aceptable en biosólidos	
			Biosólido clase A	Biosólido clase B
Coliformes fecales NMP/g en base seca	< 1000	0.03	< 1000	< 1000

Salmonella sp NMP/g en base seca	ausente	0.01	< 3	< 3
Huevos de Helmintos /g en base seca	< 1	0.01	< 1	< 10

Los resultados obtenidos en coliformes fecales se encuentran dentro de los límites establecidos por la USEPA (1993). No hubo presencia de Salmonella sp. y no se encontraron huevos de helmintos al final de dos ciclos de crianza, sin embargo estos son aspectos imprescindibles a controlar al final de cada ciclo de crianza para valorar el retiro a tiempo de la cama en caso de deterioro y evitar problemas sanitarios posteriores.

Discusión

Los mayores constituyentes en la composta de bagazo y heno estudiada están representados por la MO oxidable y el nitrógeno, lo cual indica que la procedencia de este residuo sólido es fundamentalmente de origen agropecuario (obtenido por tratamiento de heces animales mezcladas con materias orgánicas animales y vegetales), es por ello que presenta una carga orgánica importante, no obstante, el nivel de nitrógeno que se reporta es comparable a lo establecido por la USEPA (1993) para los diferentes biosólidos utilizados en la agricultura.

La ausencia de fósforo en la composta pudiera estar relacionada con variaciones de las condiciones ambientales, ya que este valor no es único y constante, y está estrechamente vinculado al contenido de fósforo en las excretas, a la acidez y humedad del sustrato, al tipo de sustrato o material que se utiliza y a las características de la materia orgánica presente en el material de cama que se utilice, entre otros, (Rojas 2009).

La relación C/N se encuentra por encima del rango establecido por la USEPA (1993) y el Real decreto 824 (2005), la cual varía desde 8/1 hasta 40/1. Esta alta relación muestra que la MO presente en la composta, es un material no estabilizado, que no posee un grado avanzado de mineralización y requiere la degradación de sustancias complejas a moléculas simples por parte de la microbiota presente en la misma (Klamer y Balath 1998, Tiquia 2005), o sea, un mayor número de generaciones de microorganismos, y por ende, mayor tiempo para alcanzar una relación C/N entre 12 y 15 %, considerada apropiada para uso agronómico (Marchoil et al 1999, Rodríguez-Salinas y Rojas 2000, Rivero et al 2001). Teniendo en cuenta estos resultados, la composta de bagazo y heno de 55 cm de profundidad después de dos ciclos de crianza, no debe ser incorporada al suelo en este momento, ya que a pesar de constituir una fuente potencial de nutrientes, estos no serán asimilados por las plantas en un breve plazo después de su aplicación.

Es de señalar que los residuos de origen vegetal (cáscara de arroz, paja de arroz, bagazo de caña, etc) presentan por lo general una relación C/N elevada, en contraparte con los de origen animal (Golueke y Díaz 1990, Sztern y Pravia 2001), debido a la presencia de ligninas y otros productos de alta resistencia al ataque microbiano (Utria et al 2006).

Corrêa et al (2009) comparó el efecto de utilizar diferentes profundidades de cama en la crianza de cerdos en crecimiento-ceba, sobre las características químicas y microbiológicas del material de cama. Las camas estudiadas estaban constituidas por cáscara de arroz, con profundidades de 0.50 y 0.25 metros y se reportaron niveles en la relación C/N de 28.2/1 y 24.9/1, respectivamente. A pesar de que la cama de 0.25 m mostró mayor eficiencia en la biodegradación de la cáscara de arroz a fertilizante orgánico que la cama de 0.50 m, la composta producida en ambas camas no se consideró un material estable debido a que la relación C/N se encontraba por encima de 15/1, límite establecido para considerar estable una composta. Sin embargo Utria et al (2006) obtuvo resultados en la relación C/N de 10/1, al evaluar la composición química y microbiológica de los biosólidos de aguas residuales urbanas, con una carga orgánica considerable proveniente de aguas albañales y del lavado y cocción de alimentos, debido precisamente a que estos residuos poseen bajos contenidos de ligninas y de productos resistentes al ataque microbiano.

Una alternativa para garantizar el uso de esta composta en estado óptimo, podría ser terminar de compostar la cama fuera de la instalación y enriquecerla con otros materiales de origen vegetal y animal, ya que incrementar el número de ciclos de crianza sobre la misma cama, puede constituir un riesgo para la salud animal.

El pH registrado fue 7.1, es importante señalar que el pH cercano al neutro (pH 6.5-7.5), ligeramente ácido o ligeramente alcalino asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos en la composta (Uicab-Brito, 2004). Valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) o superiores a 9 (alcalinos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. En el proceso de compostaje se produce una variación natural del pH que es necesaria y va acompañada por una sucesión de microorganismos.

La temperatura registrada estuvo en el rango termofílico. El proceso de estabilización de la composta comienza a temperatura ambiente debido a la actividad de los microorganismos mesófilos, pero en la medida que la actividad microbiana se intensifica, la temperatura en el interior de la composta se incrementa por la descomposición de la materia orgánica presente (Larney et al 2000, Tiquia et al 2002, Ishii y Takii 2003) y gradualmente los microorganismos termófilos reemplazan a los mesófilos (Kapuinén 2001, Tang et al 2004). Por tanto, los cambios que ocurren durante el proceso de estabilización de la cama pudieran afectar el confort de los cerdos en la etapa final de la ceba, situación que depende

del material usado como cama y de la profundidad de la misma (Corrêa et al 2009), así como, de las condiciones climáticas de la zona donde se implemente esta tecnología.

Es por ello que el control de este parámetro durante el ciclo de crianza es imprescindible y constituye un punto crítico, por lo que es necesario tomar medidas de refrescamiento, tales como, utilizar una altura del techo de la instalación entre 2.00 y 2.60 m o más, la orientación de la misma a favor de los vientos predominantes en la zona, garantizar una vegetación en los alrededores que ofrezca sombra y ventilación, colocar respiraderos cuando las paredes laterales son de bloques o ladrillos a 30 cm del fondo de la cama, para lograr la entrada de aire a la cama y la salida de los gases, en los meses de verano y en zonas de altas temperaturas se puede colocar un falso techo de 30 a 40 cm de espesor hecho de materiales vegetales secos que permitan aislar el calor y garantizar un ambiente fresco en el interior de la instalación, así como otras medidas que el propio porcicultor sea capaz de innovar y propicie el bienestar animal (Cruz et al 2007).

Los resultados obtenidos en los indicadores microbiológicos analizados, no constituyen una limitante para la disposición final de la composta, ya que los valores reportados para coliformes fecales, Salmonella sp y huevos de helmintos se encuentran en el rango establecido por la USEPA (1993) para ser aplicado en suelos agrícolas. Es importante incorporar la masa animal al sistema de cama profunda desparasitada previamente y después con la periodicidad requerida, ya que este aspecto constituye un punto crítico de la tecnología (Cruz et al 2007).

Conclusiones

- La composta procedente del sistema de cama profunda para la ceba de cerdos, del Instituto de Investigaciones Porcinas constituye una fuente potencial de nutrientes para ser aplicada en la agricultura como fertilizante orgánico y no representa riesgos desde el punto de vista microbiológico.
- Se recomienda evaluar la utilización de este residuo una vez estabilizado como abono orgánico en diferentes cultivos.

Referencias

APHA AWWA WEF 2000 American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 20th Edition., Washington DC, EUA, pp 1134.

Campiño G P y Ocampo A 2007 Comportamiento de la temperatura de la cama profunda de cerdos de engorde utilizando racimos vacíos de palma de aceite *Elaeis Guineensis* Jacq. Orinoquia Universidad de los Llanos. Villavicencio Colombia. 001: 65-74.

CITMA 1999 Estrategia Ambiental Nacional. Versión electrónica disponible en: www.medioambiente.cu. (Consultado 13 de diciembre de 2008).

Corrêa E K, Bianchi I, Perondi A, De los Santos J R G, Corrêa M N, Castilhos D D, Gil-Turnes C and Lucia J T 2009 Chemical and microbiological characteristics of rice husk bedding having distinct depths and used for growing–finishing swine. *Bioresource Technology* 100 (21): 5318-5322.

Cruz E, Almaguel R E, Mederos C M, González C y Ly J 2007 Camas profundas. Crianza porcina a pequeña y mediana escala. *Revista ACPA. Producción e Industria Animal. Revista* 4: 37-40. ISSN 0138-6247.

Cruz E, Almaguel R E, Mederos C M, González C y Ly J 2009 Rasgos de comportamiento de cerdos de engorde alojados en cama profunda de bagazo y alimentados con dietas basadas en mieles enriquecidas de caña de azúcar. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 21, Article #145. Retrieved June 15, 2010, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/9/cruz21145.htm>

EPA OSW 486 2002 Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste. Test Methods for Evaluating Solid Waste. E. U.

Franjo C, Palacios J, Rodríguez J, Carrasco A, Fustes E, Martínez J, Menéndez H, Fernández O y Cabezas H 1998 CITMA: Metodología de muestreo. Proyecto: Estudio para la actualización de los Residuos Sólidos de la Ciudad de La Habana, p 22-45.

Golueke C G and Díaz L F 1990 Understanding the basics of composting. *BioCycle*, April, p 56-59.

Ishii K and Takii S 2003 Comparison of microbial communities in four different composting processes as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. *Journal of Applied Microbiology* 95: 109–119.

Kapuinén P 2001 Deep litter systems for beef cattle housed in un-insulated barns, part 2: temperatures and nutrients, *Journal of Agricultural Engineers Research* 80: 87–97.

Klamer M and Balath E 1998 Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis, *FEMS Microbial Ecology* 27: 9–20.

Larney F J, Olson A F, Carcamo A A and Chang C 2000 Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer, *Bioresource Technology* 75: 139–148.

Marchoil L, Mondini C, Leita L and Zerbi G 1999 Effect of municipal waste Leachate on seed germination in soil-compost mixtures. *Restoration Ecology* 7: 155-161.

Norma cubana NC.10390:1999 1999 Determinación de pH por el método Electrométrico, Vigente desde 87-6, pp 4.

Norma cubana NC.34:1999 1999 Determinación de Fósforo Total (Pt) por el método Colorimétrico, Vigente desde 87-6, pp 4.

Norma cubana NC.38-02-15:89 1989 Determinación cuantitativa de Escherichia coli. Vigente desde 90-7, pp 15.

Norma cubana NC.74-42:1986 1986 Determinación de Salmonella/Shigella; Vigente desde 87-6, pp 7.

Norma ISO 11261:1995 1995 Determinación de Nitrógeno Total (Nt) por el método Kjeldahl volumétrico para residuo sólido. Vigente desde 90, pp 15.

Norma Oficial Mexicana NOM.004.SEMARNAT:2002 2002 Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Comité consultivo Nacional de Normalización de medio ambiente y recursos naturales.

OMS 1989 Organización Mundial de la Salud. Guidelines on studies in environmental health. Ginebra. Criterios de Salud Ambiental. Schawatzbord sedimentation method, pp 27.

Real Decreto 824/2005 de 8 de julio de 2005 sobre productos fertilizantes. B.O.E. nº 171 de 19 de julio de 2005, Sección 1: 25592-25669.

Rivero H, Kausas S, González Y, Nieves E 2001 Estudios de enmiendas orgánicas. Ministerio de ganadería, agricultura y pesca. Dirección general de recursos naturales renovables. División de suelos y aguas. Intendencia municipal de Maldonado, Uruguay. Unidad de divulgación ambiental. Dirección de higiene ambiental. Uruguay, pp 10.

Rojas W C 2009 Interpretación de la disponibilidad de fósforo de los suelos en Chile. Centro Regional de Investigación INIA La Platina. Versión electrónica disponible en: www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33852.pdf (Consultada el 4 de junio de 2010).

SAS 1997 Statistical Analysis Systems (SAS) Institute. Stat version. Cary. electronic version available in compact disc.

Steel R G W, Torrie J H and Dickey M 1997 Principles and Procedures of Statistics. A biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company Incompany (third edition). New York, pp 666.

Sztern D y Pravia M A 2001 Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización panamericana de la salud. Organización mundial de la salud. San José Uruguay, pp 56.

Tang J C, Kanamori T, Inoue Y, Yasuta T, Yoshida S and Katayama A 2004 Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by the quinone profile method, Process Biochemistry 39: 1999–2006

Tiquia S M 2005 Microbiological parameters as indicators of compost maturity, Journal of Applied Microbiology 99: 816–828

Tiquia S M, Wan J H C and Tam N F Y 2002 Microbial population dynamics and enzyme activities during composting, Compost Science and Utilization 10: 150–161

Uicab-Brito L A 2004 Producción de composta a partir de la cama utilizada en la engorda de cerdos. [Tesis en opción del título de Máster en Ciencias]. Universidad Autónoma de Yucatán,

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Postgrado e Investigación, Mérida, Yucatán, México, pp 77.

USEPA 1993 United States Environmental Protection Agency. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge. 40 Code of Federal Regulations. Part 503 Biosolids Rule, vol.58: 9248-9415, Office of Science and Technology, Washington, D.C. EUA.

Utria E, Reynaldo I, Cabrera A, Morales D, Morúa A y Álvarez N 2006 Caracterización de los biosólidos de aguas residuales de la estación depuradora de aguas residuales "Quibú". Revista Cultivos Tropicales 27 (3): 83-87 http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/pdf/2006/3/CT27302.pdf

Zucconi F, Pera A, Forte M, Monaco A, De Bertoldi M 1981 Evaluating toxicity of immature compost. BioCycle p 27-29.

Received 17 June 2010; Accepted 10 August 2010; Published 1 October 2010