

# Estudio sobre la contaminación del suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos con el sistema de cama profunda a pequeña escala

Elizabeth Cruz<sup>1\*</sup>, R. E. Almaguel<sup>1</sup>, M. Robert<sup>2</sup> & J. Ly<sup>1</sup>

Keywords: Soil- Organic matter- Fecal coliforms- *Salmonella* spp. - Cuba

## Resumen

El presente trabajo refiere los resultados obtenidos de los estudios físico-químicos y microbiológicos realizados al suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos en el sistema de cama profunda a pequeña escala. La determinación de la composición físico-química abarcó los parámetros de materia orgánica, pH, fósforo total y nitrógeno total. La caracterización microbiológica incluyó la determinación de *Salmonella* spp., coliformes fecales y huevos de helmintos. Para el procesamiento estadístico de los resultados se aplicó un análisis de varianza, mediante un modelo matemático de clasificación simple. En la muestras de suelo no se registraron diferencias significativas para la materia orgánica, el nitrógeno y el fósforo al inicio y al final de los tres ciclos de crianza: (15,4 vs 14,4; 0,39 vs 0,43 and 0,45 vs 0,40) respectivamente. No hubo un incremento de coliformes fecales y *Salmonella* spp. en el mismo y no se encontraron huevos de helmintos viables. Se concluyó que el sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala después de tres ciclos de crianza no genera contaminación al suelo.

## Summary

### Study on the Contamination of the Soil after Three Rearing Cycles of Pigs with Deep Bedding System at Small Scale

This paper concerns the results of physical, chemical and microbiological studies to the soil after three breeding cycles of pigs in deep bed system at small scale. The physical and-chemical parameters included organic matter, pH, total phosphorus and total nitrogen. The microbiological analyses were: *Salmonella* spp., fecal coliforms and helminths eggs. For the statistical analysis of the results was applied to analysis of variance, using a mathematical model of simple classification. In the soil samples are not significant differences for organic matter, nitrogen and phosphorus at the beginning and end of the three breeding cycles: (15.4 vs 14.4; 0.39 vs 0.43 and 0.45 vs 0.40) respectively. There was not an increase of fecal coliforms and *Salmonella* spp. in it and not found viable helminths eggs. It was concluded that the deep bedding system in the swine production at small-scale after three breeding cycles, not generates pollution to the soil.

## Résumé

### Étude sur la contamination du sol après trois cycles d'élevage des porcs avec le système de lit profonde à petite échelle

Cet article concerne les résultats des essais physico-chimiques et microbiologiques réalisés sur le sol après trois cycles de l'élevage de porcs dans le système de lit profonde à petite échelle. La détermination des paramètres physico-chimiques inclus la matière organique, le pH, le phosphore total et l'azote total. La caractérisation microbiologique inclus la détermination de *Salmonella* spp., coliformes fécaux et les œufs d'helminthes. Le traitement statistique des résultats a été soumis à une analyse de la variance, en utilisant un modèle mathématique de classification simple. Dans les échantillons du sol, il n'y a pas de différences significatives pour les matières organiques, en azote et de phosphore au début et à la fin des trois cycles d'élevage: (15,4 vs 14,4; 0,39 vs 0,43 et 0,45 vs 0,40) respectivement. Il n'y avait aucune augmentation des coliformes fécaux et *Salmonella* spp. dans le sol et

aucun œuf d'helminthes n'était viable. Il a été conclu que le système de lit profonde dans la production porcine à petite échelle au bout de trois cycles d'élevage ne génère aucune pollution du sol.

## Introducción

El sistema de cama profunda para la crianza de cerdos se originó en China y Hong-Kong en la década de los 70. En Europa se comenzó a utilizar a finales de la década de los 80 como un sistema amigable con el medio ambiente que le brinda calor y bienestar a los animales en climas templados. En el trópico, se ha desarrollado en Venezuela, México, Colombia, entre otros (1).

Este sistema consiste en la producción de cerdos en instalaciones donde el piso de concreto se sustituye por una cama de heno, cascarilla de arroz o de café, hojas de maíz, bagazo de caña seco, paja de trigo, paja de soya, viruta de pino, aserrín, entre otros, de 50-60 cm de profundidad (2, 3). Cuba comenzó el

<sup>1\*</sup>Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) Gaveta Postal No. 1, Punta Brava, La Habana, Cuba. C. P. 19200 [ecruz@iip.co.cu](mailto:ecruz@iip.co.cu) / [georcruz@infomed.sld.cu](mailto:georcruz@infomed.sld.cu)

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental Ave. 27, No. 18822, Playa, La Habana, Cuba. Recibido el 07.02.11 y aceptado para publicación el 02.05.12.

estudio y transferencia de esta tecnología en el año 2007 e identificó la temperatura como uno de los puntos críticos más importantes a considerar para su implementación y extensión en el trópico. Sin embargo, los aportes de las experiencias desarrolladas en la producción atenuaron en gran medida la incidencia de este factor y a partir de ese momento constituyó una alternativa excelente para la crianza porcina a pequeña y mediana escala en el país (1).

En la actualidad la producción de cerdos con este sistema de crianza ha tomado considerable importancia dentro del sector campesino y cooperativo en Cuba, tanto en términos productivos, económicos como ambientales y contribuye al incremento de la producción de carne de cerdo en el país con menor impacto ambiental. (2, 3) refieren el ahorro considerable de agua que genera este sistema, la baja emisión de residuos líquidos al ambiente y la reducción considerable de moscas y malos olores. Los resultados en el comportamiento productivo de los cerdos son también satisfactorios y comparables a los obtenidos con el sistema de crianza en piso de concreto (2, 3). No obstante, estudios relacionados con el efecto de este sistema de crianza sobre el suelo donde se implementa la cama profunda, no se han realizado en Cuba hasta la fecha. Evaluar este aspecto se hace imprescindible teniendo en cuenta que en este sistema se produce un compostaje “*in situ*” que si bien puede o no concluir fuera de la instalación, conlleva el riesgo de la incorporación de residuales al suelo o la generación de lixiviados que drenen al mismo y contaminen su porción superficial. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos en el sistema de cama profunda a pequeña escala.

## Materiales y métodos

La experiencia se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Porcinas situado en la provincia de La Habana. En esta zona la temperatura media anual varía entre 25 y 37 °C y la humedad relativa es aproximadamente de 85-90%. El suelo se clasifica como Fersialítico Pardo Rojizo Típico.

La crianza de cerdos en el sistema de cama profunda

abarcó tres ciclos de  $106 \pm 1$  días cada uno, con una diferencia de siete días entre ciclos utilizados para la limpieza, reparación y desinfección de la instalación. Se utilizaron 36 cerdos en cada ciclo (hembras y machos castrados) de la raza Yorkshire x Landrace, de aproximadamente 23,4 kg de peso vivo y 75 días de edad como promedio. Los animales fueron seleccionados al azar y no recibieron tratamiento antiparasitario y/o antibiótico durante el estudio. Se alojaron en una instalación techada de estructura metálica dividida en cuatro corrales de piso de tierra con cama de heno de gramíneas (100%), de 13 m<sup>2</sup> cada uno. Los cerdos se distribuyeron a razón de nueve animales por corral y se alimentaron con un pienso concentrado basado en cereales y harina de soya que garantizó un consumo promedio de proteína bruta en toda la etapa de 354 g/cerdo/día. La cama se ubicó a 40 cm por debajo del nivel de la tierra y alcanzó una altura de 55 cm. Se usó de forma continua durante los tres ciclos de crianza, rellenándose semanalmente con heno seco al inicio de la crianza y diariamente a partir de los 70 días de estancia en cada crianza.

Se muestreó al inicio y al final de los tres ciclos de crianza. Se tomaron 16 muestras en total (dos por cada corral al inicio y al final de la experiencia). Cada muestra se conformó a partir del material obtenido en cinco puntos diferentes del suelo a una profundidad de 20 cm a partir del mismo, en cada corral. El material obtenido de estos cinco puntos fue mezclado uniformemente y se procesó acorde al método de cuarteo (5) hasta conformar una muestra que consistió en un pool de 2 kg. La mitad de la muestra se envió al laboratorio de microbiología y la otra se envió al laboratorio de análisis físico-químico.

La determinación de la composición físico-química abarcó los siguientes parámetros: materia orgánica (MO), pH, Fósforo total (Pt) y Nitrógeno total (Nt) y los métodos empleados para cada uno de estos análisis fueron acorde a (4). La caracterización microbiológica de las muestras se realizó acorde a (9) e incluyeron la determinación de *Salmonella* spp y coliformes fecales. Se determinó huevos de helmintos por el método de sedimentación de Schawatzbord (9).

Para el procesamiento estadístico de los resultados se aplicó un análisis de varianza acorde (13), mediante un modelo matemático de clasificación simple.

Tabla 1

Composición físico-química del suelo al inicio y final de tres ciclos de crianza en cama profunda (20 cm de profundidad, n= 16)

Indicadores	Inicio	Final	E.S ±	Norma NOM-SEMARNAT-021-2000 (11)	
	Media	Media		Rango	Clase
MO, (%)	15,4	14,4	0,05	> 6,0	Muy alto
Nt, (%)	0,39	0,43	0,02	> 0,25	Muy alto
Pt, (%)	0,45	0,40	0,015	(-) <sup>2</sup>	-
pH	7,4	7,1		7,4-8,5	Medianamente alcalino

<sup>2</sup>La norma refiere P disponible.

**Tabla 2**  
**Caracterización microbiológica del suelo al inicio y final**  
**de tres ciclos de crianza en cama profunda (20 cm de**  
**profundidad, n= 16)**

Indicadores	Inicio	Final
Coliformes fecales, NMP/100 ml	Menor de 1000	Menor de 1000
Salmonella spp, NMP/100 ml	Menor de 1000	Menor de 1000
Huevos de helmintos/100 ml	0	0

## Resultados

La composición físico-química del suelo analizado se muestra en la tabla 1. No se registraron diferencias significativas para la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo y el pH, al inicio y al final de los tres ciclos de crianza de cerdos bajo el sistema de cama profunda a pequeña escala.

La tabla 2 refiere los resultados en la caracterización microbiológica del suelo. En este caso, tampoco se observaron diferencias significativas en coliformes fecales, Salmonella spp y huevos de helmintos, al inicio y al final de los tres ciclos de crianza.

## Discusión

Como se expone en la tabla 1, no hubo diferencias significativas para los parámetros físico-químicos estudiados en las muestras de suelo tomadas al inicio y al final de la crianza, por lo que se infiere que no se produjo incorporación al suelo de residuales porcinos o lixiviados generados del proceso de compostaje que tiene lugar en este sistema.

Este resultado puede ser consecuencia de la retención de los residuales porcinos en el material de cama, donde se produce la degradación de los mismos, a través de un proceso de compostaje aeróbico. Es importante señalar que el compostaje aeróbico se debe al manejo mismo del sistema, que requiere el volteo de la cama regularmente para sustituir los sitios humedecidos por la excreta y la orina de los cerdos. Los resultados microbiológicos en el análisis de suelo muestran que no hubo un incremento de coliformes fecales y Salmonella spp. en el mismo. No obstante la cuantificación de bacterias en el suelo tiene alta variabilidad, ya que es un ambiente heterogéneo, donde un simple raicilla puede causar efectos microecológicos que cambian los cálculos de 10 a 100 veces (7). En esta prueba no hubo presencia de huevos de helmintos viables.

Es imprescindible evaluar estos parámetros en los suelos cuando se implantan tecnologías o se aplican sistemas para tratamiento de residuos orgánicos por vías biológicas, debido al riesgo que lleva implícito para la porción superficial del suelo.

Silva *et al.* (12) plantea que todo sustrato orgánico debe someterse a un control físico-químico y microbiológico para evitar la penetración de contaminantes al suelo con la consecuente incorporación a la cadena alimenticia a través de las plantas, potencializando

cierto grado de toxicidad en humanos, animales y plantas.

También es conocido que la capacidad de supervivencia de los patógenos en el suelo es muy variable y va de pocos días (como es el caso de los quistes de protozoos) a varios años (como los huevos de *Áscaris lumbricoides*). Además en ausencia de radiaciones solares, prevalencia de bajas temperaturas y elevados contenidos de agua, los patógenos tienen mayor tiempo de resistencia (12).

En los estudios realizados se evidenció un alto contenido inicial de materia orgánica y nitrógeno en el suelo según (8), determinados por la actividad porcina desarrollada en este lugar con el sistema de piso de concreto sólido durante 30 años. Este sistema de crianza convencional se caracteriza por la emisión de residuales líquidos al ambiente y para este caso en particular, estos líquidos drenaban a una laguna de oxidación. Sin embargo, esta instalación presentaba deficiencias en sus pisos y en otros aspectos constructivos, por lo que se reconstruyó y se implementó el sistema de cama profunda como alternativa para la crianza de cerdos.

Estos aspectos antes señalados con respecto al deterioro de la nave unido a un manejo no adecuado de los residuales, influyeron en los resultados físico-químicos obtenidos en las muestras de suelo analizadas al inicio de la crianza y constituyen una muestra de que si bien el sistema de cama profunda en la crianza de cerdos conlleva riesgos de contaminación del suelo por la incorporación de residuales al mismo o por los lixiviados que se puedan generar en el proceso de compostaje, también la crianza convencional sobre piso de concreto implica los mismos riesgos o aún mayores por los grandes volúmenes de residuales líquidos que emite al ambiente y el difícil manejo de los mismos.

El mayor problema que posee la producción convencional de cerdos es el alto nivel de contaminación causado por residuos líquidos, producto del agua de lavado de corrales y orina de los animales; el cual no puede ser eliminado directamente a cursos de agua o como agua de riego, por poseer alta carga contaminante de coliformes fecales, de sólidos suspendidos y totales, de materia orgánica, residuos con alta demanda química y biológica de oxígeno, nitrógeno y fósforo (11). Es por ello que existe una creciente preocupación en cuanto a los altos volúmenes de excretas generados en la producción porcina y los altos niveles de contaminación presentes en los mantos acuíferos primarios. Los efluentes de las granjas de producción superan hasta por el doble la capacidad de utilización de nitrógeno del suelo en que se depositan (11).

El sistema de producción porcina en cama profunda debido al manejo sólido de las excretas, reduce al mínimo la posibilidad de contaminación de las aguas, el cúmulo de desechos en lagunas y no hay emisión de residuales líquidos al ambiente, sino solamente de

residuos sólidos en forma de composta.

Esta composta puede ser utilizada según (12) como abono orgánico de diferentes cultivos si aporta nutrientes al suelo, como enmienda húmica si evita la pérdida de materia orgánica del suelo, como enmienda de corrección si aporta materia orgánica al suelo o como sustrato de cultivo cuando se utiliza como soporte total o parcial de los cultivos.

En este sentido (6) plantea que los lixiviados generados por los procesos de compostaje y lombricompostaje mejoran las características físicas y previenen la erosión de los suelos, favorecen la nutrición y sanidad de las plantas, además de proveer un valor ecológico y económico, dependiendo de su procedencia, preparación del compostaje, composición, calidad y grado de maduración.

Quiroz *et al.* (10) reportan un potencial reducido de contaminación en los lixiviados generados del compostaje de lodos de aguas residuales urbanas y del compostaje de residuos sólidos urbanos, materiales que son igualmente agresivos desde el punto de vista físico-químico y sanitario que las excretas porcinas.

A pesar de todo lo anteriormente expuesto existen aspectos sumamente importantes al implementar el sistema de cama profunda en la crianza porcina, tales como: tipo de materiales a utilizar para la cama, ciclos de crianza sobre la misma cama y tipo de suelo.

Los materiales de cama, dependiendo de su composición serán más o menos absorbentes, y por consiguiente permitirán más o menos filtrado de los residuales al suelo.

Para la extensión de los ciclos de crianza sobre una misma cama es imprescindible realizar los análisis establecidos internacionalmente, para conocer el comportamiento físico-químico y microbiológico de todos los elementos que participan en el proceso y de esta forma evitar el deterioro de la cama, los problemas sanitarios y de salud en el sistema, así como, la contaminación no deseada al suelo.

Determinar el tipo de suelo sobre el cual se va a implementar el sistema es otro aspecto de importancia, ya que dependiendo de su textura será mayor o menor la posibilidad de incorporar materia orgánica al manto freático.

## Conclusiones

Con este estudio se demostró que el sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala en Cuba, después de tres ciclos de crianza no genera contaminación al suelo desde el punto de vista físico-químico y microbiológico.

## Recomendaciones

Se hace necesario un análisis del suelo acorde a las normas internacionales establecidas, durante la crianza porcina en el sistema de cama profunda, para implementar este sistema sin riesgos de contaminación al suelo.

Se recomienda realizar un estudio microbiológico de las canales después de la refrigeración para confirmar la ausencia de *Salmonella* sp.

## Referencias bibliográficas

- Anónimo, 2007, Camas profundas. Crianza porcina a pequeña y mediana escala. Revista de la ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal). La Habana, 4, 37-40.
- Cruz E., Almaguel R.E., Mederos C.M. & González C, 2009, Sistema de Cama Profunda en la producción porcina a pequeña escala. Revista Científica FCV-LUZ/VOL.XIX 5, 495-499.
- Cruz E., Almaguel R. E., Mederos C. M., González C. & 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, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/9/cruz21145.htm>
- EPA, OSW 486: 2002, 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. & 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.
- Larco R.E.S., 2004, Desarrollo y Evaluación de Lixiviados de Compost y Lombricompost para el manejo de *Sigatoka* negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Tesis en opción al grado de Magíster Scientiae, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica, 77 p.
- Mangas P.J.M., Echegaray A.A., Cuenca A.E. & Riestra D.D., 2001, Uso de aguas residuales y control de organismos patógenos en la producción de cebolla. Revista Agrociencia, 35, 003, 255-265.
- Norma Oficial Mexicana NOM.021. SEMARNAT: 2000, 2000, Especificaciones de salinidad, fertilidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.
- OMS, 1989, Organización Mundial de la Salud. Guidelines on studies in environmental health. Ginebra. Criterios de Salud Ambiental. Schawatzbord sedimentation method. 27 p.
- Quiroz E.C., Larraín P.S. & Sepúlveda R.P., 2005, Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. Revista Agricultura. Técnica, 65, 4, 378-387.
- Rodríguez V.L., Ortega P.A., Machain C.Y. & Santos R.R., 2001, Parásitos gastrointestinales en marranas mantenidas en dos sistemas de producción (interior y exterior) en el trópico mexicano. Livestock Research for rural Development, 13, 5, 1-10.
- Silva V.J.P., Piedad L.M. & Pady V.A., 2003, Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Presentado en: Curso Internacional de Sistemas Integrados Sostenibles para el Tratamiento de Aguas Residuales y Opción de Reuso, Guayaquil, 6-10 mayo 2003. Versión electrónica disponible en: [www.ingenieroambiental.com/4014/compostaje.pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4014/compostaje.pdf) (Consultado 18 de febrero de 2011).
- Steel R.G.W., Torrie J.H. & Dickey M., 1997, Principles and Procedures of Statistics. A biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company Inc. (third edition). New York. 666 p.

Elizabeth Cruz, Cubano, Licenciada en Microbiología, Master en Ciencias del Agua, Investigadora Auxiliar del Grupo de Alimentación y Manejo, Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba.

R.E. Almaguel, Cubano, Doctor en Medicina Veterinaria, Master en Nutrición Porcina, Investigador Auxiliar del Grupo de Alimentación y Manejo, Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba.

M. Robert, Cubano, Licenciada en Microbiología, Master en Microbiología, Investigador Agregado, Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba.

J. Ly, Cubano, Licenciado en Química, Master en Ciencias Biológicas, Doctor en Ciencias Veterinarias, Investigador Titular, Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba.