

Evaluación microbiológica del sistema de cama profunda en la crianza porcina.

Microbiological evaluation in deep bedding system in the swine rearing

Marlen Robert Pullés¹, Marlenis Agramonte Hernández¹, Mario Cruz Arias², Elizabeth Cruz Martínez³.

¹*marlen.robert@cnic.edu.cu*

National Scientific Research Center, Avenida 25 y Calle 158, Cubanacán, Playa AP 6414,
La Habana

²*mcruz@fbio.uh.cu*

Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Calle 25 # 455 entre J e I. Vedado,
CP.10400, La Habana Cuba.

³*ecruz@iip.co.cu iip@enet.cu*

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

Evaluación microbiológica del sistema de cama profunda en la crianza porcina.

RESUMEN

La creciente importancia del cerdo como fuente de alimentación, ha llevado a la evolución de su crianza, pasando de formas de producción doméstica hacia formas de producción más intensivas, desarrollándose inclusive razas especializadas en producción de carne. La crianza intensiva del cerdo genera desechos con alto potencial contaminante. El sistema en cama profunda se desarrolló como alternativa de bajo costo en los sistemas de producción porcina del sector campesino y cooperativo en Cuba en comparación con el Sistema Convencional. Este sistema consiste en la crianza del cerdo sobre una capa vegetal absorbente, con alto contenido de celulosa, donde las deyecciones sufren un compostaje "in situ", de uso en la agricultura. La cama profunda permite reciclar instalaciones en desuso o construir nuevas, empleando materiales localmente disponibles, es un sistema amigable con el medio ambiente por la baja emisión de residuos, la reducción considerable de malos olores y baja presencia de moscas. En Cuba se estudia la transferencia, implementación y extensión de esta tecnología en el sector campesino y cooperativo. El presente estudio evalúa por primera vez en Cuba las características microbiológicas del SCP en la crianza porcina a pequeña escala en las condiciones tropicales de Cuba. Los resultados obtenidos indican que en el ciclo de crianza estudiado la composición microbiológica de la cama combinada de bagazo de caña seco (80%)-heno de gramíneas (20%) tuvo mejor comportamiento que la de heno de gramíneas (100%) y que el sistema de cama profunda tuvo ventajas respecto al sistema convencional. Este trabajo demuestra que el sistema requiere de una vigilancia sanitaria para su implementación segura, teniendo en cuenta la presencia en el sistema de coliformes fecales, hongos y levaduras, aerobios mesófilos viables y la posible presencia de patógenos no estudiados, señala además, que es una alternativa que para satisfacer las demandas actuales de los productores porcinos provenientes del sector campesino en Cuba requiere de estudios adicionales.

Palabras clave: Sistema de Cama Profunda, Sistema de piso sólido de concreto, Heno de gramíneas, Bagazo de caña seca

ABSTRACT

The growing importance of pork meat in human nutrition has led to the evolution of pig rearing from domestic to intensive farming, inclusive of developing specialized breeds with increased meat production yields. However, intensive pig rearing generates wastes with high pollution potential, especially when using conventional systems. The Deep Bedding System (DBS) for pig rearing is a low cost alternative to the conventional Solid Concrete Floor System (CFS) prevalent in Cuba. In the DBS the pigs are reared on an absorbent vegetable layer with high cellulose content; where the wastes compost by microbial digestion with cellulose as the main carbon source. Composting is expected to increase the bed temperature and kill the pathogens, allowing final composting by non pathogenic thermophiles and reducing the risks of environmental pollution when disposing the waste. The DBS allows recycling obsolete or building new facilities using locally available materials for swine farming in an environment friendly system characterized by low emissions of waste, a considerable decrease in odor release and a reduced fly population. This study evaluated for the first time in Cuba the microbiological characteristics of the DBS used for swine rearing in small scale in the tropical conditions of Cuba. The results indicated that in the breeding cycle studied the microbiological composition of the bed combining dry sugarcane bagasse (80%) and grass hay (20%) in the DBS performs better than grass hay (100%). Although the DBS advantaged the conventional CFS, this work showed that the DBS requires personal health surveillance for safe implementation, due

to the presence in the DBS of fecal coliforms, fungi, yeasts and viable mesophiles. As well, the presence of non evaluated specific pathogens may not be discarded. Thus, before the DBS can satisfy the demand for pork producers of the peasant sector in Cuba it requires some additional studies.

Keywords: Deep Bedding System, Solid Concrete Floor System, Grass hay, Dry sugarcane bagasse.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de crianza porcina más utilizados internacionalmente son el convencional de cría confinada sobre piso sólido (concreto, hierro o plástico) y los alternativos de cría a campo abierto y el de cría confinada en galpones de cama profunda. En Cuba prevalece el sistema de crianza convencional sobre piso de concreto (SPC), con manejo de excretas en forma líquida y limpieza diaria de corrales. Ello requiere de una gran inversión del productor, quien la mayoría de las veces no logra reducir el potencial contaminante de los residuos e incurre en gastos considerables de agua para la limpieza e higienización de las instalaciones porcinas, lo que incrementa significativamente la incidencia de enfermedades respiratorias en las categorías de preceba y ceba.

El SCP surgió como alternativa de bajo costo en los sistemas de producción porcina. Se originó en China y Hong Kong en la década de los años 70 y se utiliza en EEUU y la Unión Europea, en el trópico se ha desarrollado en Venezuela, México, Colombia y Brasil, como un sistema amigable con el medio ambiente por el ahorro considerable de agua, la baja emisión de residuos líquidos y la reducción considerable de moscas y malos olores. Como resultado de la utilización de esta tecnología se obtiene como subproducto un fertilizante orgánico de uso agrícola. Es un sistema económico al permitir reciclar instalaciones en desuso o construir instalaciones nuevas, empleando materiales localmente disponibles. En estas instalaciones, el piso de concreto se sustituye por una cama de 50-60 cm de profundidad que puede estar constituida por materia vegetal seca como heno, cascarilla de arroz o de café, hojas de maíz, bagazo de caña seca o una mezcla de varios de estos materiales bien deshidratados.¹ El heno de gramíneas es el subproducto más utilizado en el mundo por su excelente estructura y textura. Es recomendable utilizar el bagazo de caña seca en combinación con otro material que ayude a la absorción dejando la parte superior más adecuada para el confort de los cerdos.²

El SCP consiste en la crianza de cerdos sobre una capa de material absorbente con alto contenido lignocelulósico que sufre un proceso de compostaje, debido a la permanente incorporación de las excretas de los cerdos, lo cual reduce la humedad y favorece la expresión del comportamiento exploratorio típico del animal porcino.³ El compostaje ocurre por la acción de diferentes microorganismos, que dependiendo del nivel de oxígeno, humedad y el contenido nutricional del material de cama se reproduce y crecen realizando el proceso de descomposición de la materia orgánica.⁴ En este proceso es esencial: la disponibilidad de nutrientes en el sustrato para los microorganismos y la temperatura, la cual determina la velocidad del proceso y los tipos de microorganismos biodegradadores presentes.⁵

En Cuba se estudia la transferencia, implementación y extensión del SCP en los sistemas de producción porcina del sector campesino y cooperativo. La dificultad principal que enfrentan los productores es la ausencia de licencia ambiental para comenzar o ampliar sus producciones por la inexistencia de un sistema de tratamiento de los residuales, la carencia de agua en la finca y la necesidad de instalaciones económicas para enfrentar la producción porcina.⁶

Se realizaron además por primera vez en Cuba, estudios microbiológicos de camas profundas, teniendo en cuenta el destino posterior de este material como fertilizante orgánico,⁶ y los mismos han confirmado la presencia de coliformes totales y fecales, microorganismos aerobios mesófilos viables, hongos y levaduras por debajo de las

normas establecidas para el uso de residuos orgánicos en la agricultura, además se han realizado estudios físico-químicos. Cruz et al (2009),⁷ estudiaron la composición físico-química y microbiológica de la cama de heno de gramíneas, al inicio y final del ciclo de crianza, observando diferencias significativas ($P < 0,01$) para el nitrógeno y fósforo en el material de la cama al final de la experiencia en comparación al inicio: 1,79 y 0,58, respectivamente. No hubo presencia de *Salmonella sp.* ni huevos de helmintos, por lo que la calidad sanitaria de la cama al final del estudio permitió continuar con el segundo ciclo de crianza.

De acuerdo con la literatura consultada, se puede constatar que la caracterización microbiológica del SCP es un tema poco abordado en las literaturas nacionales e internacionales, lo cual constituye, la novedad del presente trabajo.

Es por ello, que surge la necesidad de evaluar la calidad sanitaria del Sistema de Cama Profunda como elemento indispensable para su utilización sin riesgos en la salud humana y animal, a fin de lograr su extensión en los sistemas de producción porcina del sector campesino y cooperativo en Cuba.

El objetivo del presente trabajo es evaluar microbiológicamente la cama profunda de heno de gramíneas-100% y la cama profunda combinada, de bagazo de caña seco (80%)-heno de gramíneas (20%) en comparación con el sistema convencional de piso sólido de concreto en el inicio y final de un ciclo de la crianza porcina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo dos experiencias, la primera utilizando cama de heno 100% con relleno de heno y la segunda utilizando cama de bagazo de caña 80% y 20% de heno con relleno bagazo y heno. Ambas se compararon con el sistema convencional de piso concreto. La caracterización físico-química y microbiológica del material usado como cama se realizó al inicio y final de cada ciclo de crianza. Las experiencias se desarrollaron en las instalaciones del área de Nutrición Aplicada del Instituto de Investigaciones Porcinas.

En cada experiencia se utilizaron 72 cerdos (machos castrados y hembras) de la raza YL (Camborough) de aproximadamente 21 Kg. de peso vivo y 75 días de edad durante un ciclo de crianza de 106 días para la primera experiencia y un ciclo de crianza de 104 días para la segunda experiencia, distribuidos en dos tratamientos (SCP y SPC) y cuatro repeticiones por tratamiento.

Se controló el volumen de agua de limpieza utilizado en el Sistema Convencional de piso de concreto, durante el experimento a través de un metro contador de agua modelo OSK M801424 hecho en Cuba

Se cuantificó el volumen de heno de gramínea y bagazo de caña seco empleado para las dos experiencias en el SCP. La cama tuvo una frecuencia de relleno semanal al inicio del experimento y al final de la ceba una frecuencia de relleno diaria para mantener la altura requerida y la superficie en contacto con los cerdos totalmente seca.

Se registró diariamente la temperatura ambiental y de la cama a 30 cm de profundidad, en los horarios de 9:00 am, 1:30pm y 16:00 p.m., con un termómetro digital portátil modelo Anritsu (hecho en Japón).

Para la caracterización microbiológica del SCP se determinaron indicadores microbiológicos y físico-químicos y se aplicaron diferentes métodos de ensayos.⁸

Los resultados microbiológicos fueron transformados a $\text{Log}_{10} X+1$ y para el procesamiento estadístico de los parámetros químicos y microbiológicos se aplicó análisis de varianza.⁹

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos en la evaluación físico-química y microbiológica del residuo porcino proveniente de los corrales con piso sólido de concreto durante un ciclo de crianza.

Tabla 1. Composición físico química y microbiológica del residuo líquido porcino del Sistema de piso sólido de concreto.

Composición físico-química		
Indicador	PROM	DE
Nitrógeno total, (mg/L)	1282,4	0,5
Fósforo total, (mg/L)	1135	1,5
Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/L)	49383	1422
Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO, mg/L)	24167	289
pH	6,1	0,02
Relación Carbono: Nitrógeno (C:N)	0.05/1	
Composición microbiológica		
Indicador	PROM	
Aerobios mesófilos viables, (ufc/ml)	2,8 x 10 ⁴	
Coliformes Fecales, NMP/100 ml	3,9 x 10 ⁴	
Salmonella/Shigella, (ufc/ml)	1,9 x 10 ⁴	
Hongos y Levaduras, (ufc/ml)	2,0 x 10 ⁵	
Parasitología (cuantificación huevos helmintos/L)	3	

~Carbono calculado en base a DQO.

La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos en la caracterización microbiológica y físico química de la cama de heno utilizada en el trabajo experimental.

Tabla 2. Composición físico-química y microbiológica de la cama de heno 100 % al inicio y al final del ciclo de crianza.

Composición físico-química					
Indicadores	Inicio		Final		Sig
	PROM	DE	PROM	DE	
Materia orgánica, (%)	85,8	0,5	82,9	0,1	*
Nitrógeno total, (%)	0,24	0,02	1,79	0,03	*
Fósforo total, (%)	0,16	0,01	0,18	0,01	
pH	7,78	-	7,53	-	-
Carbono~ (%)	49,76		48,08		*
C:N	207/1		27/1		
Composición microbiológica					
Indicadores	Inicio		Final		± EE y Sig
Aerobios mesófilos viables, (UFC/g MS)	2,5 x 10 ⁴		9,9 x 10 ⁴		0,04*
Coliformes Fecales, NMP/g MS	9,7 x 10 ²		1,5 x 10 ⁵		0,06*
Salmonella/Shigella, (UFC/g MS)	< 1		< 1		-
Hongos y Levaduras, (UFC/g MS)	1,4 x 10 ²		6,0 x 10 ⁴		0,11*
Parasitología (huevos/L)	0		0		-

Leyenda:

Sig: Significación estadística

* P<0,05

< 1 Recuento inferior a 1

UFC/g MS Unidades formadoras de colonia por gramo de materia seca

NMP/g MS Número más probable por gramo de materia seca.

Los resultados de la composición físico-química y microbiológica de la cama de bagazo 80% y heno 20% al inicio y final del ciclo de crianza, se refieren en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición físico-química y microbiológica de la cama combinada de bagazo y heno.

Composición físico-química					
Indicadores	Inicio		Final		Sig
	PROM	DE	PROM	DE	
Materia orgánica, (%)	92,7	0,57	83,1	0,98	*
Nitrógeno total, (%)	0,89	0,021	0,97	0,04	*
Fósforo total, (%)	0,35	0,01	0	0	-
pH	6.7	-	7.1	-	-
Carbono (%)	53,77	-	48,20	-	-
C:N	60/1	-	50/1	-	-
Composición microbiológica					
Indicadores	Inicio		Final		± EE y Sig
Aerobios mesófilos viables, (UFC/g MS)	2,2 x 10 ²		3,0 x 10 ⁴		0,03*
Coliformes Fecales, NMP/g MS	< 2		< 2		
Salmonella/Shigella, (UFC/g MS)	< 1		< 1		
Hongos y Levaduras, (UFC/g MS)	< 1		1,8 x 10 ⁴		0,01*
Parasitología, huevos/L	0		0		

± EE y Sig: Error estándar y significación

* P<0,05

< 2 NMP inferior a 2 (NMP/g MS)

Discusión de los resultados:

Según los resultados obtenidos en la caracterización microbiológica y físico-química del residuo porcino proveniente de los corrales con Sistema Convencional de piso de concreto (Tabla 1), se indica la contaminación que se incorpora al medio ambiente por concepto de residuos líquidos de origen porcino, con valores en D.Q.O de 49383.33 mg l⁻¹, en D.B.O de 24166.67 mg l⁻¹, nitrógeno, fósforo y niveles de coliformes fecales, **Salmonella sp.** y huevos de helmintos, superiores a las directrices establecidas para el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura,¹⁰ y en la Norma de Vertimiento de aguas residuales.¹¹ A los niveles elevados de DBO, le corresponden concentraciones de oxígeno disuelto bajas, debido a que el oxígeno que está disuelto en el agua es consumido por las bacterias, estos resultados se corresponden con los obtenidos del análisis microbiológico que indican la contaminación de origen fecal. Niveles elevados de contaminación con microorganismos son causa frecuente de procesos que inciden negativamente en el sistema. Es evidente que existen factores secundarios que permiten el crecimiento de los microorganismos como: cantidad y tipo de nutrientes, oxígeno, temperatura y pH, entre otros.

El pH obtenido fue ácido de valor 6.1, resultado inferior a los límites permisibles referenciales en las Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura,¹⁰ lo que pudiera estar relacionado con los resultados microbiológicos obtenidos, que evidencian el nivel de contaminación del agua residual por microorganismos que se desarrollan preferentemente en un medio ácido y hongos. Hay muchas bacterias que son fermentadoras de compuestos hidrocarbonados, que tienen alta concentración de ácido, que pudieran haber modificado el pH.

En el estudio realizado se controló el volumen de agua gastado en la limpieza diaria del Sistema Convencional, en la primera experiencia se utilizaron 177 m³ de agua, lo que representó un ahorro de 46,38 litros/animal/día y en la segunda experiencia se utilizaron 151 m³ para un ahorro de 45,6 litros/animal/día. Este aspecto es crucial para los productores porcinos de la zona oriental del país que carecen de agua en sus fincas. El efecto económico del ahorro de agua de limpieza se subestima debido al precio mínimo que está establecido en el país para el consumo (agropecuaria, 5.00 pesos por millar de

m³), sin embargo, es de señalar que se produce un ahorro considerable de agua en un ciclo de cría, lo cual es de relevante importancia a nivel mundial, teniendo en cuenta los costos internacionales de este preciado líquido. Por otra parte, este volumen de ahorro de agua permite incrementar la cobertura de uso de este líquido para otros fines de importancia económica y ambiental. En Cuba, revelan los datos de Recursos Hidráulicos, que el tradicional período húmedo (de mayo a octubre) de 2004 fue, junto al de 1993, el más seco de los últimos 44 años en la ciudad de La Habana. Desde hace cuatro años no ha habido una etapa húmeda que iguale o sobrepase la media, arrojan los estudios sobre las lluvias. Los niveles en las fuentes de abasto han disminuido hoy por la escasez de lluvias. El año 2009 fue considerado un año relativamente seco por las escasas precipitaciones, mientras 2010 comenzó con disponibilidades de agua por debajo de la media histórica para enero, sobre todo en las fuentes superficiales, que estaban a 60 por ciento. "Hay sequía hidrológica y aunque sin alarmarnos debemos preocuparnos, de ahí los reiterados llamados al mejor uso del agua, a su ahorro, y a la búsqueda de alternativas que satisfagan las demandas actuales, esta es también una de las medidas frente a los efectos del cambio climático, por los cuales se vaticinan menos precipitaciones".

Los resultados anteriores obtenidos en el Sistema Convencional de piso sólido de concreto, fueron comparados con el Sistema de cama profunda en dos experiencias: cama de heno 100% y cama de bagazo 80%-heno20% (Tablas 2 y 3).

En ambas experiencias el contenido de materia orgánica se reduce al final del ciclo de crianza. La diferencia alcanzó significación estadística ($P < 0,05$). Ello pudiera indicar que los procesos biológicos de fermentación que ocurren en la cama, favorecieron la degradación del componente orgánico de las heces.¹² o una degradación de los desechos orgánicos originales a productos primarios, secundarios y terciarios hasta la mineralización.¹³ Al final del ciclo disminuyó la relación C:N, no obstante a este resultado, el compost producido durante el tratamiento puede ser considerado como no-estable, porque sus relaciones C: N fueron superiores a 15 /1 límite para compost estable,¹⁴ lo que podría significar que la relación lignina/celulosa hace variar la tasa de descomposición de los residuos y que por tanto, el proceso de compostaje ha sido incompleto, y se requiere de los siguientes ciclos de crianza para culminar el proceso. El compostaje es posible por la acción de diferentes microorganismos, que dependiendo del nivel de oxígeno, humedad, temperatura y el contenido nutricional del material de cama, se reproducen y crecen realizando el proceso de descomposición completa de la materia orgánica. De forma general en ambas camas, al final del ciclo de crianza tuvieron mayor contenido de N y P, elementos esenciales para el desarrollo vegetal, de oligoelementos y de materia orgánica que constituye una fuente de nutrientes a largo plazo, lo cual pudiera deberse a la cantidad de excretas y orina acumuladas en las camas durante su uso después del ciclo de crianza o presumiblemente por efecto de la pérdida o disminución de materia orgánica, el pH mantenido durante las experiencias fue quizás otro factor que favoreció el aumento del N y la disminución de la relación C:N al final del ciclo de crianza. El contenido de bacterias y hongos es determinante en la valoración de la calidad de la cama. Se ha demostrado que la calidad del residuo orgánico a utilizar como fertilizante es baja cuando contiene mayor carga microbiana. Esto se debe a que los microorganismos inmovilizan y ayudan a retener el N en el suelo, trayendo como consecuencia la disminución de la eficiencia de asimilación de este elemento por las plantas. El contenido de Nitrógeno obtuvo significación estadística, materia esencial para el uso posterior de esta cama como fertilizante orgánico. Este comportamiento pudiera estar asociado a la transformación progresiva de sustancias complejas en moléculas más simples, o estar vinculado también a que con el incremento de la actividad de los microorganismos, se incorpora a su biomasa el N mineral disponible para cubrir sus necesidades, y en ocasiones, provoca una fuerte inmovilización del nitrógeno. Podría especular que una vez que la actividad microbiana se estabilice debido al agotamiento de los productos fácilmente metabolizables, el número de microorganismos disminuiría, remineralizándose el nitrógeno. La predominancia de la mineralización sobre la inmovilización o viceversa,

va a depender de la relación C: N. La nitrificación ocurre por la oxidación biológica del amonio con oxígeno en nitrito y constituye una etapa importante en el ciclo del nitrógeno en los suelos. Hay bacterias nitrificantes quimioautótrofos que utilizan el nitrógeno como aceptor final y liberan amonio que posteriormente puede ser utilizado como fuente de N por otros grupos microbianos. En conjunto con la amonificación, la nitrificación forma parte del proceso de mineralización, que hace referencia a la descomposición completa de materia orgánica, con la liberación de compuestos nitrogenados disponibles para los vegetales (formas minerales, no orgánicas), lo que completa el ciclo del nitrógeno.

En la primera experiencia la temperatura ambiental fue de $34,1 \pm 2$ °C y la temperatura de la cama a 30cm de profundidad fue de $52,1 \pm 1$ °C, mientras que en la segunda experiencia, la temperatura ambiental fue de $34,3 \pm 2$ °C y la temperatura de la cama a 30 cm de profundidad fue de $56,0 \pm 1$ °C. En la cama ocurren procesos de fermentación aerobios y de tipo exotérmico, que elevan la temperatura en el interior de la cama, favoreciendo la evaporación de la fracción líquida.¹² El incremento de la temperatura, teniendo en cuenta la disponibilidad de nutrientes presentes en la cama para los microorganismos determina la velocidad del proceso o la reacción y los tipos de microorganismos biodegradadores presentes.⁵ Aumentos posteriores en la temperatura inactivan las enzimas que catalizan reacciones por lo que el valor puede decrecer rápidamente.

Los resultados de temperatura en ambas camas fueron similares, con excepción de que en la segunda experiencia la temperatura de la cama a 30 cm de profundidad resultó mayor que en la primera, no obstante como la temperatura tiene efecto directo sobre el crecimiento microbiano y cada reacción química individual del metabolismo es afectada por la temperatura, en este caso su comportamiento pudiera estar asociado a la relación existente entre esta temperatura y la disminución del crecimiento microbiano, lo que pudiera significar que a temperatura mayor de 50 °C., sobreviven preferentemente los microorganismos termófilos y disminuyen los mesófilos. También los resultados podrían indicar que el bagazo de caña posibilita mayor actividad fermentativa o tiene mayores propiedades aislantes que el heno. El uso de cama en estos sistemas, tiene como principal objetivo, reducir las pérdidas de calor de los animales y como ventaja adicional, en determinadas zonas de la cama, por efecto de la fermentación existente, se producen verdaderos focos calientes dentro de la instalación.¹⁵

El compostaje ocurre por la acción de diferentes microorganismos, que dependiendo del nivel de oxígeno, humedad y el contenido nutricional del material de cama se reproducen y crecen realizando el proceso de descomposición de la materia orgánica.¹⁶ En este proceso hay una gran actividad microbiana producto de los diferentes sustratos orgánicos e inorgánicos y la heterogeneidad amplia de los grupos metabólicos microbianos presentes. El proceso de estabilización de las camas se inició a una temperatura ambiente de 34 ± 2 °C por la actividad de los microorganismos mesófilos aerobios, donde la obtención de energía (ATP) estuvo ligada a la presencia de oxígeno, a medida que la temperatura dentro de la cama fue aumentando, la actividad microbiana se intensificó, debido a la descomposición de la fracción ligera de la materia orgánica.¹⁷ Simultáneamente con el aumento de temperatura, la dinámica de la población microbiana también fue alterada y la lógica disminución de las poblaciones mesófilas patógenas, influyendo en la higienización de la cama.

Al comparar el SCP en la primera y segunda experiencia. Ambas tienen un comportamiento similar, debido a la ausencia de ***Salmonella sp.***, ***Shigella sp.*** y huevos de helmintos:

Durante la primera experiencia hubo una baja disminución de pH al final del ciclo de crianza de 7,78 a 7,53 unidades, lo que pudiera significar que con el crecimiento de la población microbiana se modificó del pH del medio, lo que pudiera estar relacionado con la significación estadística que adquieren los microorganismos aerobios mesófilos y los coliformes fecales, los cuales presentan un pH óptimo para el crecimiento alrededor de pH = 7. Los microorganismos coliformes fecales aumentaron en 3 unidades logarítmicas en el final del ciclo de crianza, resultado superior a la NOM.004.SEMARNAT.2002

Protección Ambiental. Lodos y Biosólidos. Especificaciones y Límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final,⁸ lo que pudiera estar condicionado por la permanente incorporación de las excretas de los cerdos,¹⁸ además solamente se estudió un ciclo de crianza y según lo enunciado por Farias et al (1999), el proceso de compostaje, requiere de cuatro fases. de acuerdo a las variaciones de temperatura: fase mesofílica 17-26 °C, termofílica 26-45 °C, estabilidad 45-20 °C y madurez mayor 20°C. Cuando el límite de temperatura recomendado, es sobrepasado, puede influenciar negativamente el confort ambiental, especialmente en los climas cálidos.⁴ Los valores de temperatura obtenidos durante el estudio demuestran que no ocurrieron estas cuatro fases y la relación C:N obtenida superior a 15 /1, límite para compost estable, pudiera indicar que el compostaje ha sido incompleto, y por tanto, se requiere de los siguientes ciclos de crianza para completar el proceso. Se ha demostrado que el compostaje es un método efectivo para eliminar bacterias coliformes fecales, así como para disminuir la sobrevivencia de hongos y bacterias.¹⁹ En cuanto al conteo de hongos y levaduras se evidencia también un incremento en el final de la primera experiencia, lo que pudiera estar relacionado con las condiciones particulares de temperatura y la humedad generada por la orina de los cerdos, estos aspectos se manejan con el relleno diario de la cama en una capa de 20 cm de profundidad, de manera que los residuos diarios van descendiendo al fondo de la cama, donde tiene lugar un compostaje "in situ" (Hill 2000). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cruz et al (2008).⁶

En la segunda experiencia se aprecia una disminución de la población microbiana en general, no se detectó *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, huevos de helmintos, ni coliformes fecales, parámetros esenciales, acorde a la Norma Oficial Mexicana NOM.004.SEMARNAT:2002,⁸ La ausencia de coliformes fecales, pudiera estar dada por las características del bagazo como sustrato orgánico biodegradable, debido a que es un producto fibroso que una vez seco presenta alta capacidad para absorber líquidos.²⁰ No obstante, al final del ciclo de crianza, los mesófilos se incrementan en dos unidades logarítmicas y los hongos en cuatro unidades logarítmicas, lo cual pudiera estar asociado a que los hongos se desarrollan en sustratos donde las bacterias poco intervienen. El pH aumentó de 6,7 a 7,1 estos valores se mantienen en el rango de la neutralidad, sin embargo podríamos plantear que el pH pudo haber limitado el desarrollo de los hongos. Probablemente la reducción de la población bacteriana permitió que los hongos tuvieran un ligero incremento. Este resultado es similar al observado por Allievi et al (1987),²¹ el cual plantea que al descender las poblaciones bacterianas, las fúngicas se incrementan. De acuerdo a los resultados obtenidos pudiéramos plantear que en el ciclo de crianza estudiado la composición microbiológica de la cama combinada de bagazo de caña seco -heno de gramíneas tuvo mejor comportamiento que la de heno de gramíneas y que el sistema de cama profunda en sus características microbiológicas aventaja al sistema de crianza Convencional, ya que emite al medio ambiente menor carga microbiana, lo cual coincide con Piccinini (1996),¹² El SCP, reduce la posibilidad al mínimo de la contaminación microbiológica de la cama, debido a que las deyecciones animales (sólidas y líquidas) sufren un compostaje "in situ", reduciendo los riesgos de contaminación,²²

Aún cuando no se presentaron grandes afectaciones en la calidad sanitaria de ambas camas, estos aspectos son imprescindibles controlarlos al final de cada ciclo para valorar el retiro a tiempo de la cama, en caso de deterioro y evitar problemas sanitarios posteriores.

En la Tabla 4 se refiere la cantidad de material empleado para el montaje y mantenimiento de la cama en la primera y segunda experiencia. Los resultados obtenidos coinciden con (Dimeglio 2008),² el cual plantea que la cantidad de material a utilizar es aproximadamente 7 kg de material/cerdo alojado/semana, todo depende del tipo de material usado y del manejo que se le pueda hacer al mismo.

Tabla 4. Cantidad de material empleado para el montaje y mantenimiento de la cama.

Sistema Cama profunda			
Experiencias	Material de cama	Cantidad de material Kg	Equivalencia en kg material/cerdo alojado/semana
1ra experiencia	Heno de gramíneas 100%	3 780	7
2da experiencia	Bagazo de caña seco 80% y	3 690	7,8
	Heno de gramíneas 20%	1580	3,4

Como se aprecia, en la segunda experiencia se empleó mayor cantidad de material que en la primera experiencia, lo cual pudiera estar condicionado por las características propias de los materiales empleados. El bagazo de caña se compacta y no desciende con facilidad, mientras que el heno en la superficie desciende más, es muy absorbente y se compacta por el peso de los animales, lo que ayuda a la absorción dejando la parte superior más adecuada para el confort de los cerdos.^{2,6} Teniendo en cuenta que la segunda experiencia abarcó una parte del periodo invernal pudiéramos plantear que este constituye otro de los factores que pudiera implicar mayor consumo de material de cama, lo cual coincide con otros trabajos,^{15,23} los mismos demostraron que en periodo invernal se consume mayor cantidad de material de cama que en verano. También es de señalar que los cerdos en cama consumen ciertas cantidades de ella que se incorpora como fuente de fibra a la dieta. Teniendo en cuenta estos valores es importante que el productor conozca las características de la tecnología en sus condiciones climáticas propias, para valorar si realmente está en condiciones de implementar y manejar este sistema de crianza, así como, la disponibilidad de material de cama, el destino posterior del mismo (compostaje o abono directo).

CONCLUSIONES

En el ciclo de crianza estudiado la composición microbiológica de la cama combinada de bagazo de caña seco (80%)-heno de gramíneas (20%) tuvo mejor comportamiento que la de heno de gramíneas (100%).

El sistema de cama profunda en sus características microbiológicas aventaja al sistema convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arango, F.E.; Hurtado-Nery, V.L. y Álvarez, E. Alimentación, nutrición y producción en monogástricos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2005;18(4): 346-355
2. Dimeglio, S. Engorde de cerdos sobre piso de cama profunda (Sistema Deep Bedding). BIOFARMA S.A, 2008. [Consultado 8 de septiembre de 2009]. Disponible en: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/gidesporc/seminario/sergio.htm>
3. Oliveira, J.A., Meunier-Salaüm, M.C., Robin, P., Tonnel, N. y Fraboule, J.B., Analyse du comportement du porc en engraissement élevé sur litière de sciure ou sur caillebotis integral. *J. Rech. Porc. France* 1999; 31:117–123.
4. Corrêa, E.K., Perdomo, C.C., Jacondino, I.F., Barioni, W., 2000. Environmental condition and performance in growing and finishing swine raised under different types of litter. *Braz. J. Anim. Sci.* 29: 2072–2079.
5. Montoya-Gómez R. Producción de composta. Dirección General de Obras y Servicios generales. Vivero bajo. UNAM. Instituto de Biología. Jardín Botánico, 1997; p.1-5
6. Cruz, E., Almaguel, R.E; Mederos, C.M.; González, C. y Ly, J. Cama profunda en la producción porcina cubana a pequeña escala. Primeros resultados. *Revista ACPA. Producción e Industria Animal.* Revista 3: 2008; p 47-48.

7. Cruz, E., Almaguel, R.E; Mederos, C.M y González, C., Sistema de Cama Profunda en la producción porcina a pequeña escala. *Revista Científica FCV-LUZ/VOL.XIX*. 2009; 5: 495-499.
8. NOM.004.SEMARNAT:2002. Norma Oficial Mexicana. 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.
9. Steel R G W., Torrie J H y Dickey M. *Principles and Procedures of Statistics. A biometrical Approach*. MacGraw-Hill Book Company Incompany (third edition). New York, 1997; p. 666.
10. OMS. Organización Mundial de la Salud. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Ginebra: OMS [en línea]. Guía técnica, CEPIS-OPS 1997. [Consultado 18 de febrero de 2010]. Disponible en: <<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/aguresi/direc/direct.html>>
11. NC 27:1999. Norma Cubana: Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. Vig desde 99-14 pp 8
12. Piccinini, A. Informe. Eliminación de las aguas residuales. Uso de las camas. Instituto de Zoonomía. Universidad de Bolonia (Italia) (y III). *Revista Mundo Ganadero*.1996; 77 (4): 1-43
13. Noriega-Altamirano, G. y Altamirano-Pérez, A.L. Producción de abonos orgánicos y lombricultura. Memorias del curso del 9 al 12 de Junio 2001. Tantakin, Centro de Desarrollo Tecnológico. Maní, Yucatán, México. 1-16, 1-4, 11-8 pp.
14. Charest, M.H., Antoun, H. y Beauchamp, C.J. Dynamics of water-soluble carbon substances and microbial populations during the composting of de-inking paper sludge. *Bioresour. Technol.* 2004; 91: 53–67.
15. Honeyman, M., Hammond, J.,Kliebenstein, J y Richard, T. Feasibility fo hoop structures for market swine en Iowa. *Applied Engineering in Agriculture*. 2001; 17(2):50-56.
16. Fundación Natura. Evaluación de Proyectos de compostaje en el Ecuador. Repamar. Cepis.GTZ.Quito, Ecuador, 1998. [Consultado 11 de diciembre de 2008].Disponible en: www.cepis.org.pe/eswww/repamar/GTZproye/compost/compost.htm. Consultado.
17. Ishii, K. y Takii, S., Comparison of microbial communities in four different composting processes as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. *J. Appl. Microb.* 2003; 95: 109–119.
18. Campiño-Espinosa G. P. y Ocampo A. Comportamiento de la temperatura de la cama profunda de credos de engorde utilizando racimos vacíos de palma de aceite *Elaeis Guineensis* Jacq. Universidad de los Llanos. *Revista Orinoquia Villavicencio*. Meta. Colombia. 2007; 11 (1): 65-74.
19. Oliva M., D. Velasco, L. Ventura, E. Ballinas, M. Salvador. y F. Gutiérrez.. Estudios de eliminación de microorganismos patógenos de residuales porcinos en un biorreactor con tiempo de retención corto. *Rev. Comp. Prod. Porcina*, 2(Supl.1):2004, [Consultado 10 de abril de 2009]. Disponible en: http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/revista11_01_2004/oliva.htm
20. Solano S., G., L. Escalona, Margarita Díaz y F. García Nuevas alternativas para el tratamiento sostenible de residuales de ingenios productores de azúcar de caña. *Rev. Elec. Granma Cienc.* 2003; 7 (2):10-15.
21. Allievi L. B. Citterio y A. Ferrari. Vermicomposting of rabbit manure: modifications of microflora. In: *Compost: Production. Quality and Use*. De Bertoldi, M., MP. Ferranti, P.L. Hermite and F.Zucconi (eds). Elsevier Applied Science. Udine, Italy. 1987. p:115-125.
22. Hill, J. Deep bed swine finishing. 5 Proceeding of the Seminario Internacional de Suinocultura. Expo Center Norte, Sao Paulo, Brasil. 2000; p. 83-88.
23. Uicab-Brito, L.A. 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. 2004.