

ARTÍCULO ORIGINAL

Comportamiento de la temperatura de la cama profunda de cerdos de engorde utilizando racimos vacíos de palma de aceite *Elaeis guineensis jacq*

Deep and superficial temperature response in a deep bedding growing-fattening pigs system using empty oil palm branches *Elaeis guineensis jacq*

CAMPIÑO-ESPINOSA, G. P.¹; OCAMPO DURÁN, A.²

¹Médico Veterinario Zootecnista; ²Zootecnista MSc, PhD, DIC

Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Villavicencio, Colombia.

Recibido: Abril 20 de 2007. - Aceptado: Mayo 22 de 2007.

RESUMEN

Se evaluaron cuatro tratamientos con dos densidades animales (1,5 y 1,35 m²/animal), y dos densidades de cama (350 y 450 kg de raquis/animal), con el fin de determinar el comportamiento de la temperatura superficial y profunda de la cama profunda de los cerdos de engorde utilizando racimos vacíos de palma de aceite durante un periodo experimental de 110 días. Adicionalmente se realizó la descripción de tres diferentes zonas en el corral: limpia, húmeda y sucia. La temperatura de la cama presentó valores mayores en los tratamientos con mayor densidad de cama y con mayor densidad animal, la temperatura fue mayor en la zona limpia (32-52°C), seguida por las zonas húmeda (30-48°C) y sucia (30-44°C) respectivamente. En conclusión los racimos vacíos de palma de aceite son un sustrato apropiado para la producción de cerdos de engorde en cama profunda, con una temperatura superficial de la cama entre 29 y 43°C y temperatura profunda entre 31 y 52°C.

Palabras claves: Cama profunda, cerdos, racimos, palma de aceite, temperatura

ABSTRACT

Four treatments with two animal stock densities (1,5 and 1,35 m²/animal) and two deep bedding densities (350 and 450 kg empty oil palm branches/animal) were used to evaluate the deep and superficial temperature response in a deep bedding system using empty oil palm branches during a 110 experimental days period. Additionally a description of three areas in the pen: clean, humid and dirty areas was done. The deep bedding temperature was higher on treatments with both high animal stock and high deep bedding densities. The temperature was higher for the clean area (32-52°C) followed by the humid (30-48°C) and dirty (30-44°C) area respectively. In conclusion, the empty oil palm branches is an appropriate substrate for a deep bedding growing-fattening pig production system with a superficial temperature of the deep bedding between 29 and 43 °C and deep temperature between 31 y 52°C.

Key words: deep bedding, pigs, branches, oil palm, temperature

INTRODUCCIÓN

El sistema de cama profunda consiste en la producción de cerdos sobre una cama de material absorbente, que se encuentra en proceso de compostaje gracias a la permanente incorporación de excretas provenientes de los cerdos.

El proceso de compostaje es posible por la acción de diferentes tipos de 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 (Fundación Natura, 1998). Dos factores son primordiales en el proceso de compostaje: la disponibilidad de nutrientes en el sustrato y su disponibilidad para los microorganismos y la temperatura, la cual determina la velocidad del proceso y el tipo de microorganismos biodegradadores presentes (Montoya-Gómez, 1997).

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro fases de acuerdo a las variaciones de temperatura: mesofílica 17-26°C, termofílica 26-45°C, enfriamiento

45-20°C y madurez <20°C. Teniendo en cuenta que el compostaje es un proceso exclusivamente biológico, un factor como la temperatura influye directa o indirectamente en el metabolismo microbiano (Farias *et al*, 1999).

Gallardo (2000), asegura que la paja de trigo y la cáscara de arroz son los mejores subproductos para el sistema de cama profunda. El uso de la viruta u otras partes de madera ha resultado en cerdos rechazados en el matadero, debido a lesiones en los pulmones y en los intestinos por su consumo por el cerdo.

Este trabajo ilustra el comportamiento de la temperatura de la cama profunda de cerdos utilizando racimos vacíos de palma de aceite, en función de la densidad animal y la densidad de cama.

Para el conocimiento de los autores, este es el primer trabajo que se realiza a nivel nacional e internacional sobre la utilización del raquis de palma de aceite como sustrato de la cama de cerdos durante su engorde.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Inversiones Jaguarito, ubicada en la Plantación Palmeras Santana Ltda. a 6.5 Km. del municipio de Villanueva - Casanare, con una temperatura ambiental entre 23 y 33°C y una precipitación anual promedio de 2.694 mm.

Se utilizaron 404 lechones de 75 días de edad aproximadamente, con un peso inicial promedio de 25 Kg, en un diseño factorial de 2 x 2. Cuatro tratamientos (Tabla 1) cada uno con dos repeticiones. La distribución espacial de los tratamientos se ilustra en la Figura 1. Todos los animales se llevaron hasta un peso final promedio de 90 kg.

Tabla 1. Tratamientos experimentales según densidad animal y densidad de cama

Identificación del Tratamiento	Descripción		Nº animales por corral	Cantidad de cama por corral
	Densidad animal	Densidad de cama		
T 1.5 A	1.5 m ² /animal	350 Kg de tusa/animal	48	16.80 ton.
T 1.35 A	1.35 m ² /animal	350 Kg de tusa/animal	53	18.55 ton.
T 1.5 B	1.5 m ² /animal	450 Kg de tusa/animal	48	21.60 ton.
T 1.35 B	1.35 m ² /animal	450 Kg de tusa/animal	53	23.85 ton.

La etapa experimental tuvo una duración de 110 días, cuando los animales alcanzaron un peso aproximado de 90 kg.

ALIMENTACIÓN

Se utilizó un sistema de alimentación restringida en dos raciones diarias; la primera a las 8:00 a.m. y la segunda a las 3:00 p.m., suministrado en canoas con capacidad de 40 animales por corral. La composición del alimento se ilustra en la Tabla 2, la cual fue ajustada según el peso de los animales.

La bebida de los animales consistió en efluentes, subproducto del proceso de extracción de aceite crudo de palma.

SISTEMATIZACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAMA

La temperatura superficial y profunda de la cama, se tomó para cada uno de los puntos identificados en la Figura 1, utilizando un termómetro digital FLUKE-54. La temperatura superficial se tomó a una profundidad entre 1 y 2 cm., mientras la profunda a 20 cm. aproximadamente. La medición de la temperatura se hizo diariamente a las 11:00 a.m.

GRAFICACIÓN DE ZONAS

Cada semana se representó gráficamente la cama con diferentes zonas (limpia, húmeda y sucia) de acuerdo al comportamiento de los animales (Figura 2).

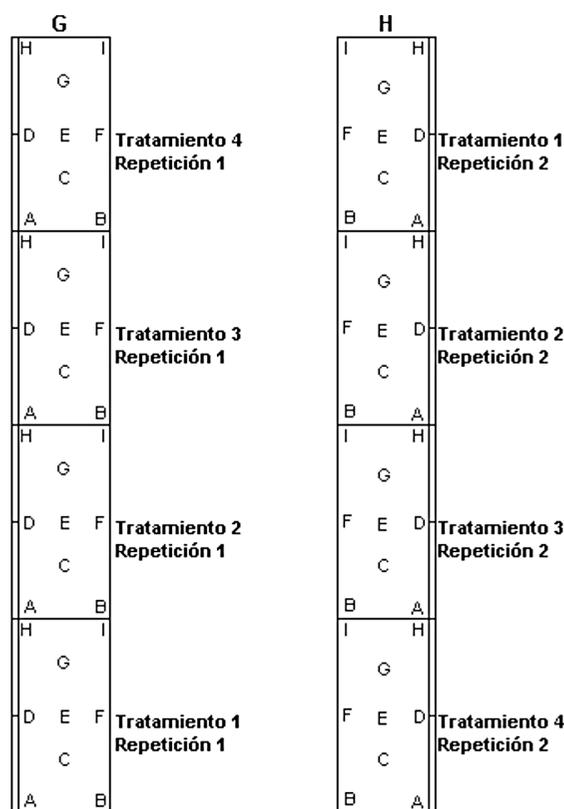


Figura 1. Puntos de la cama seleccionados para tomar temperatura superficial y profunda. Las letras indican el lugar elegido en el corral para tomar los datos. La doble línea indica la posición de los comederos-bebederos.

Tabla 2. Composición nutricional de la dieta según el peso de los animales^a

Composición nutricional	DIETAS			
	Iniciación	Levante	Ceba 1	Ceba 2
	Peso animales			
	3 semanas*	= 50 Kg	50-80 Kg	80-110 Kg
Proteína cruda (g/kg alimento)	240	215	193	193
E D (MJ/kg alimento)	17	16.7	17	17
Grasa (g/kg alimento)	308	249	266	266
Lisina (g/kg alimento)	17	16.7	16	16
Relación Lys/ED	0.9	1.0	0.9	0.9
Alimento ofrecido (kg/animal/día)	0.85	1.29	1.70	2.13

^aLa dieta corresponde a una mezcla de aceite crudo de palma, torta de soya, torta de palmiste, harina de arroz, maíz y premezcla mineral.

*La dieta iniciación se suministró desde la llegada de los animales hasta la tercera semana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se hace la descripción de las zonas del corral para facilitar el análisis de la temperatura de la cama, la cual se hizo teniendo en cuenta la ubicación de los puntos de medición en cada una de las zonas.

ZONAS DEL CORRAL

El comportamiento de los animales permitió que se establecieran tres zonas bien definidas (Figura 2): zona sucia, zona limpia y zona húmeda, similar a lo reportado por Brumm *et al* (1997), Richard and Smiths (1998) y Peet (2003).

Los comportamientos fueron similares en todos los tratamientos, se mantuvo una tendencia a aumentar el área de las zonas húmeda y sucia a lo largo de las 16 semanas del experimento, por lo tanto sólo se muestran las gráficas de la primera y la última semana.

La zona húmeda mantuvo una tendencia a permanecer en el área de comedero y bebedero, manteniendo una humedad constante. Los animales determinaron como zona sucia el extremo opuesto a las canoas, teniendo en cuenta que este era su sitio de alimentación. La zona limpia se fue reduciendo durante el periodo experimental, debido a la constante incorporación de excretas y la humedad permanente.

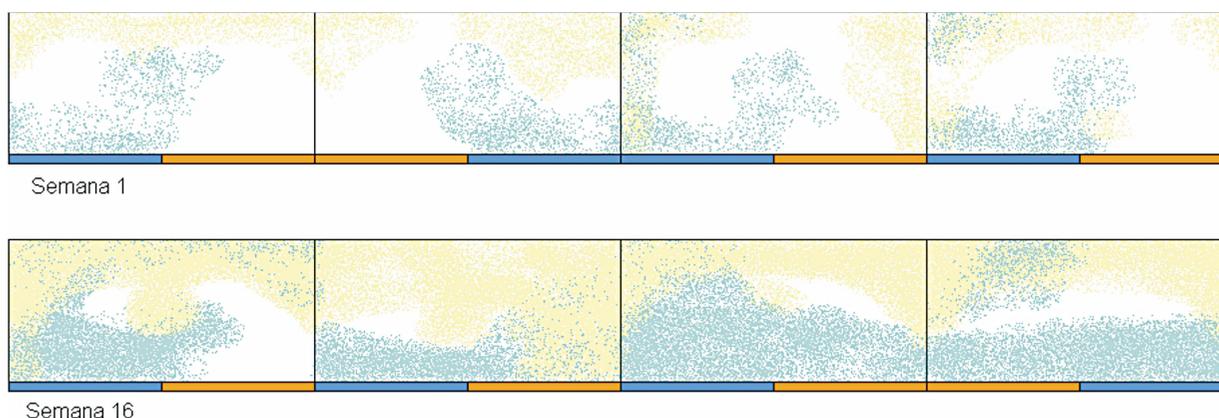


Figura 2. Definición de tres zonas en el corral de acuerdo al comportamiento de los cerdos durante la primera y la última semana del experimento. El color amarillo indica la zona sucia; el azul la zona húmeda y el espacio restante, la zona limpia. Las barras azul y naranja muestran la ubicación de las canoas de bebedero y comedero.

TEMPERATURA DE LA CAMA PROFUNDA DE CERDOS DE ENGORDE UTILIZANDO RACIMOS VACÍOS DE PALMA DE ACEITE

La temperatura de la cama se presenta según la ubicación de los puntos previamente indicados (ver Figura 1), considerando el tipo de zona de acuerdo al comportamiento de los animales:

Zona limpia: Puntos C, E y G
 Zona húmeda: Puntos A, D y H
 Zona sucia: Puntos B, F e I

Fueron analizados tres periodos de toma de temperatura, según la evolución de la cama, su dinámica orgánica y los cambios de temperatura presentados por ésta, desde el inicio hasta la finalización del periodo de engorde de los animales (16 semanas):

- Primer periodo (fase termofílica): semanas 1 a 6
- Segundo periodo (fase mesofílica): semanas 7 a 10
- Tercer periodo (fase de estabilización): semanas 11 a 16

Un comportamiento general, independiente del punto de toma de la temperatura, mostró que al inicio de la fase experimental, la temperatura profunda fue mayor que la temperatura superficial. Esto sugiere que el raquis es un material orgánico activo, aún sin la presencia del cerdo. Durante la semana doce, se adicionaron aproximadamente 5 toneladas de raquis fresco a cada tratamiento, para corregir problemas de humedad causados por la precipitación. La toma de la temperatura, se continuó haciendo en los mismos sitios, minimizando el posible efecto de la incorporación del raquis. No obstante se registró un incremento de 1 a 2 °C en la temperatura.

Comportamiento de la temperatura de cama según la zona del corral

ZONA LIMPIA: Puntos C, E y G (Figura 3 y Figura 4)

Primer periodo: semanas 1 a 6. La temperatura inicial profunda fue mayor en los tratamientos de mayor densidad de cama (51 y 52°C) que en los tratamientos de menor densidad de cama (43 y 47°C). La temperatura inicial superficial no tuvo diferencias entre tratamientos. Durante la segunda y tercera semana, la temperatura profunda de los tratamientos de menor densidad de cama, tendió a aumentar, pero posteriormente disminuyó hasta la sexta semana. El rango entre la temperatura superficial y la profunda estuvo entre 6 y 9°C en promedio.

En los tratamientos de mayor densidad de cama, la temperatura profunda disminuyó hasta la tercera semana, a partir de la cual fue aumentando hasta la sexta semana. La temperatura superficial se mantuvo paralela a la temperatura profunda con una diferencia de 8°C en promedio.

Segundo periodo: semanas 7 a 10. En todos los tratamientos las temperaturas tendieron a disminuir, pero en los tratamientos de menor densidad de cama, el rango entre la temperatura superficial y la profunda fue menor (aproximadamente 2°C) que en los tratamientos de mayor densidad de cama (aproximadamente 8°C). La fase termofílica tuvo una mayor duración en los tratamientos de mayor densidad de cama (10 semanas).

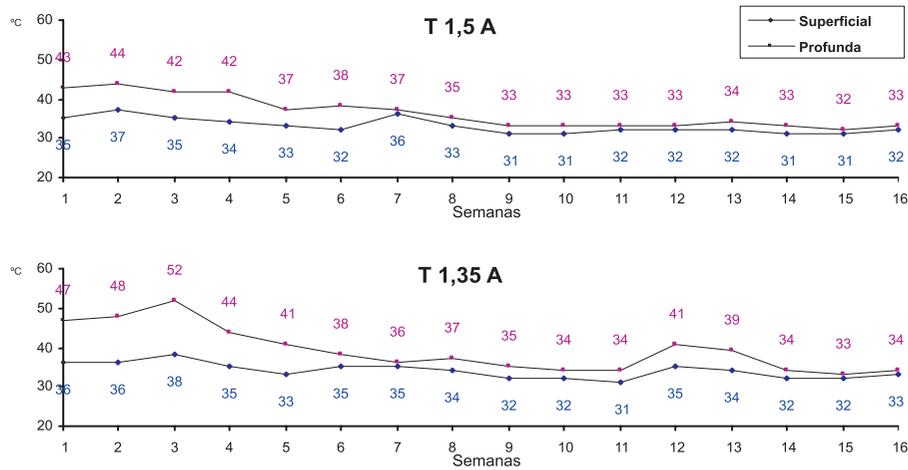


Figura 3. Comportamiento de la temperatura de la cama en la zona limpia según la densidad animal, con una densidad de cama de 350 Kg de raquis/animal.

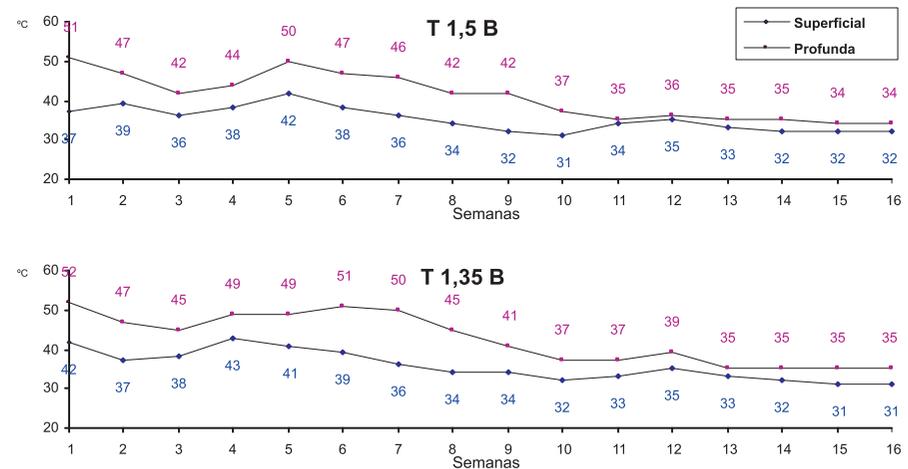


Figura 4. Comportamiento de la temperatura de la cama en la zona limpia según la densidad animal, con una densidad de cama de 450 Kg de raquis/animal.

Tercer periodo: semanas 11 a 16. En todos los tratamientos, la temperatura se mantuvo estable hasta el final, con un rango entre la temperatura superficial y profunda de 2 a 3°C. La temperatura superficial se encontraba entre 31 y 33°C; y la temperatura profunda entre 33 y 35°C.

ZONA HÚMEDA: Puntos A, D y H
(Figura 5 y Figura 6)

Primer periodo: semanas 1 a 6. La temperatura inicial profunda, en los tratamientos de menor densidad de cama, fue menor (aproximadamente 40°C) que en los tratamientos de mayor densidad de cama (42-47°C). Respecto a la temperatura superficial, no hubo diferencias en el punto inicial.

Existe la tendencia en las primeras dos semanas a aumentar la temperatura, con la excepción del tratamiento 1,35 B. Entre la tercera y sexta semana, la temperatura tiende a disminuir, pero al finalizar el periodo, es menor en los tratamientos de menor densidad de cama.

En los tratamientos de menor densidad de cama, independientemente de la densidad animal, la diferencia entre la temperatura superficial y la profunda fue de 6°C en promedio.

Segundo periodo: semanas 7 a 10. La temperatura superficial y profunda de la cama, en todos los

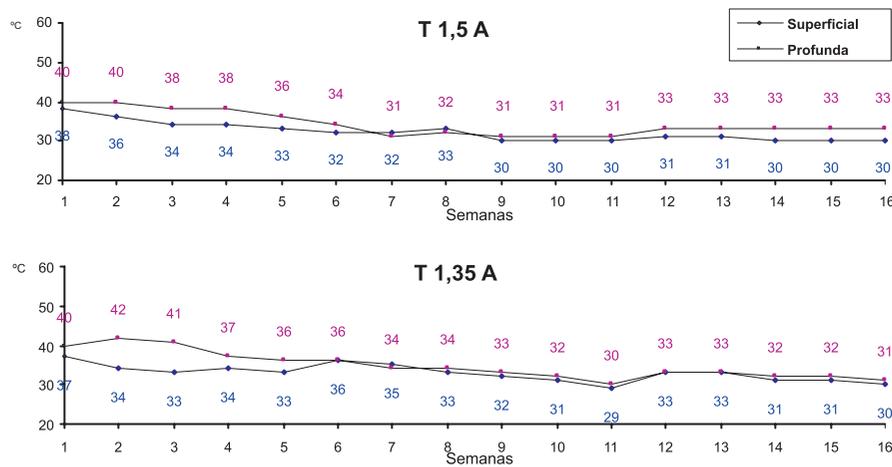


Figura 5. Comportamiento de la temperatura de la cama en la zona húmeda según la densidad animal, con una densidad de cama de 350 Kg de raquis/animal.

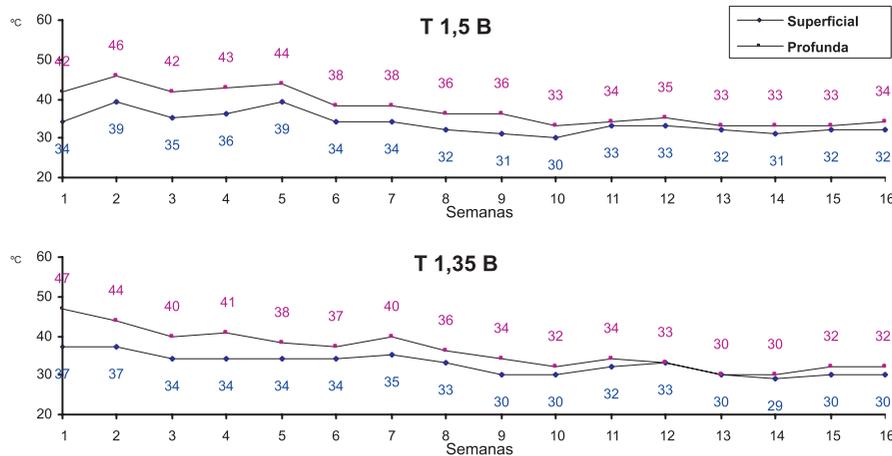


Figura 6. Comportamiento de la temperatura de la cama en la zona húmeda según la densidad animal, con una densidad de cama de 450 Kg de raquis/animal.

tratamientos, continuó descendiendo hasta la décima semana. La diferencia entre la temperatura superficial y la profunda fue mayor en los tratamientos de mayor densidad de cama (4°C promedio), mientras que en los tratamientos de menor densidad de cama, se observó la tendencia a estabilizar la temperatura superficial con la profunda a partir de la sexta semana. En todos los tratamientos, al final del periodo, las temperaturas se encontraban entre 30-33°C con una diferencia de temperatura superficial y profunda de 1 a 2°C.

Tercer periodo: semanas 11 a 16. En este periodo, las temperaturas superficial y profunda tendieron a estabilizarse con una diferencia de 1 a 2°C. Al final del periodo, en los cuatro tratamientos, el rango de

diferencia entre la temperatura profunda (31 a 34°C) y la superficial (30 a 32°C) fue similar.

ZONA SUCIA: Puntos B, F e I (Figura 7 y Figura 8)

Primer periodo: semanas 1 a 6. La temperatura inicial profunda en los tratamientos de menor densidad de cama fue menor (aproximadamente 37°C), comparada con los tratamientos de mayor densidad de cama (40-42°C); mientras que la temperatura inicial superficial no tuvo diferencias. En todos los tratamientos, la temperatura profunda mostró una tendencia al aumento en las dos primeras semanas, excepto en el tratamiento 1,35 B. Entre las semanas tres a seis, la temperatura profunda tiende a disminuir. Al final de este periodo, la temperatura fue menor en los tratamientos de menor

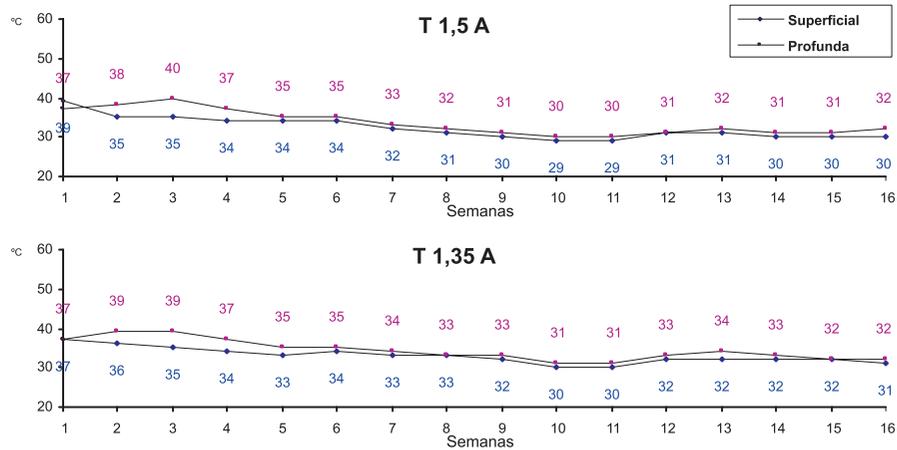


Figura 7. Comportamiento de la temperatura de la cama en la zona sucia según la densidad animal, con una densidad de cama de 350 Kg de raquis/animal.

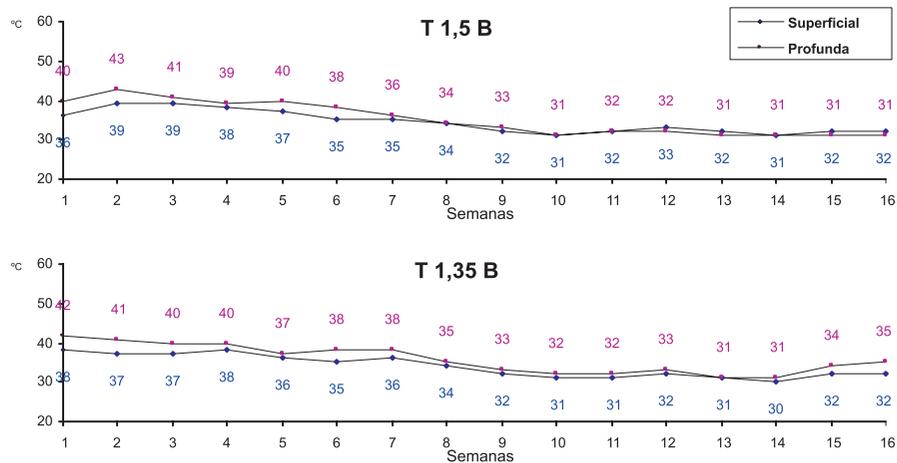


Figura 8. Comportamiento de la temperatura de la cama en la zona sucia según la densidad animal, con una densidad de cama de 450 Kg de raquis/animal.

densidad de cama (35°C), comparado con los tratamientos de mayor densidad de cama (38°C). La temperatura superficial mostró una tendencia a disminuir a lo largo de este periodo.

En los tratamientos 1,5 A y 1,35 A, la diferencia de temperatura superficial y profunda, tiende a ser similar (2°C). Los tratamientos 1,5 B y 1,35 B siguieron la misma tendencia, pero con un rango de temperatura mayor (3°C).

Segundo periodo: semanas 7 a 10. Las temperaturas superficial y profunda, presentaron una tendencia paralela (diferencia de 1 a 2°C), durante este periodo, indicando la estabilización de la temperatura.

Tercer periodo: semanas 11 a 16. Las temperaturas presentaron una tendencia estable. En este periodo la temperatura superficial osciló entre 31 y 32°C y la temperatura profunda entre 31 y 35°C.

Efecto de la densidad de cama y densidad animal sobre la temperatura de cama

La temperatura de cama se comportó directamente proporcional a la cantidad de cama (Kg de tusa/animal) y al número de animales alojados en cada corral. El comportamiento de la curva de temperatura varió en función del punto de medición y su relación con la zona húmeda, sucia y descanso.

En los tratamientos 1,5 B y 1,35 B con 450 Kg de tusa/animal, se observó una temperatura mayor (+/- 4°C) que en los tratamientos 1,5 A y 1,35 A con 350 Kg de tusa/animal. La temperatura fue mayor en los tratamientos con 1,35 m²/animal (+/- 2°C), como repuesta a la mayor cantidad de animales por unidad de área.

En relación a los puntos de medición y la zona del corral en que se ubicaron, se observaron tres comportamientos generales:

- En los puntos C, E y G (zona limpia), se observó que la fase termofílica tuvo mayor duración (8 a 10 semanas). Los valores de temperatura fueron mayores (32-52°C profunda y 31-43°C superficial), esto se explica por la mayor presencia de los animales, al ser una zona de descanso. Adicionalmente el punto de equilibrio en que se encuentran las temperaturas superficial y profunda fue más tardío que en los demás sitios del corral.

- Los puntos A, D y H (zona húmeda), ubicados en la zona cercana a las canoas de comedero y bebedero, tuvieron una duración menor en su fase termofílica (6 semanas), momento a partir del cual, la diferencia entre la temperatura superficial y profunda, fue cada vez menor. Esto sugiere que debido a una mayor humedad se presentó mayor actividad en el sustrato. Estos puntos en relación a los anteriores presentaron una temperatura menor (31-47°C profunda y 29-39°C superficial).
- Los puntos B, F e I (zona sucia), al igual que los puntos de la zona húmeda, tuvieron una fase termofílica más corta (6 semanas) comparados con la zona limpia (puntos C, E y G). La temperatura profunda en estos puntos fue menor que en los demás puntos (31-43°C profunda y 29-39°C superficial).

En los puntos extremos del corral (A, B, H e I) la temperatura estuvo aproximadamente 7°C menor comparada con los puntos centrales del corral (C, D, E, F y G).

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS CERDOS EN CAMA PROFUNDA UTILIZANDO RACIMOS VACÍOS DE PALMA DE ACEITE

El comportamiento productivo de los cerdos está reportado en la Tabla 3.

3.3.1 Ganancia diaria de peso (Tabla 3)

La mayor ganancia diaria promedio de peso la obtuvo el tratamiento 1,5B (0.652 kg), seguido por el tratamiento 1,5A (0.623 kg), 1,35B (0.611 kg) y 1,35A (0.535 kg). Lo anterior indica una mejor respuesta animal a la menor densidad animal, sugiriendo que pudo presentarse una menor competencia por el consumo del alimento en este grupo, así como un mayor bienestar animal (confort).

3.3.2 Conversión alimenticia (Tabla 3)

El tratamiento 1,5A reportó la mejor conversión alimenticia (2.64), seguido por los tratamientos 1,5B (2.69), 1,35B (2.71) y 1,35A (2.97). Este comportamiento corrobora los resultados presentados en la ganancia de peso, respecto al impacto de la densidad animal sobre el rendimiento productivo de los cerdos. No hubo diferencias significativas entre tratamientos, respecto a la densidad de cama.

Teniendo en cuenta los componentes de la dieta utilizada, el rendimiento productivo de los cerdos en este experimento, fue similar al de cerdos alimentados con dietas ricas en ácidos grasos provenientes de aceite

de palma, fruto entero de palma o subproductos del proceso de extracción como la cachaza (Bermúdez, 1999; Ocampo 1994a, 1994b; Ocampo *et al* 1990a, Ocampo *et al* 1990b).

Tabla 3. Comportamiento productivo de los cerdos en cama profunda utilizando racimos vacíos de palma de aceite.

	T1,5A	T1,35A	T1,5B	T1,35B	P
Peso vivo, kg					
Inicial	22,54	20,79	24,86	24,86	-
Final	91,03	79,69	96,58	92,04	-
Ganancia diaria de peso, kg	0,623	0,535	0,652	0,611	0.132
Consumo alimento, kg					
Total periodo/cerdo	180,9	174,8	193,3	181,9	-
Cerdo/día	1,64	1,59	1,76	1,65	-
Conversión alimenticia	2,64	2,97	2,69	2,715	0.282

Estadísticamente, no hubo diferencias significativas entre los cuatro tratamientos evaluados.

CONCLUSIONES

El sistema de cama profunda utilizando racimos vacíos de palma de aceite es adecuado para la producción de cerdos de engorde con un buen rendimiento productivo.

El comportamiento espacial de los cerdos permitió definir tres zonas en el corral: zona sucia, zona limpia y zona húmeda.

Se presentó mayor temperatura en los tratamientos con mayor densidad de cama (450 kg raquis/animal) y mayor densidad animal (1,35 m²/animal).

La temperatura de la cama presento cambios según la zona del corral. Los mayores valores de temperatura superficial y profunda respectivamente, se observaron

en la zona limpia (31 y 52 °C), seguida por la zona húmeda (29 y 47 °C) y la zona sucia (29 y 43 °C). Se registró mayor temperatura en los puntos centrales del corral (A, B, H e I) comparados con los puntos ubicados en los extremos del corral (C, D, E, F y G).

La mayor ganancia de peso (0.652 kg/animal/día) y la mejor conversión alimenticia (2.64) fueron obtenidas por los tratamientos con menor densidad animal (1,5 m²/animal). Los cuatro tratamientos tuvieron un comportamiento de la ganancia de peso y la conversión alimenticia, similar a los reportados con dietas ricas en grasa utilizando el aceite crudo de palma como principal fuente energética durante el engorde de cerdos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Palmeras Santana Ltda. por la financiación y apoyo durante la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bermúdez J., Rodríguez J, Ocampo A. y Peñuela L. 1999. Ensilaje de vísceras de pescado Cachama blanca (*Piaractus brachyponum*) como fuente de proteína para la alimentación de cerdos de engorde en una dieta con aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis* - *Elaeis oleifera*). *Livestock Research for Rural Development* (11) 2 1999. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd11/2/ocam112.htm>
- Brumm, M. C., Harmon, J. D., Honeyman, M. S. & Kliebenstein, J. B. 1997. Structures for grow-finish swine. En: *Agricultural Engineers Digest*. Mid West Plan Service (MWPS). Ames I.A
- Farias, D. M., Ballesteros, M. I. & Bendek, M. 1999. Variación de Parámetros Físicoquímicos durante un Proceso de Compostaje. *Revista Colombiana de Química*. V.28, Bogotá, Colombia.
- Fundación Natura. 1998. Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador. Repamar Cepis. GTZ. Quito, Ecuador. Disponible en: www.cepis.org.pe/eswww/repamar/GTZproye/compost/compost.htm. Información consultada en Noviembre de 2004.
- Gallardo A,D. 2000. Sistema de Producción Porcina con Utilización de Cama Profunda o Deep Bedding. Disponible en: www.chillan.udec.cl/drural/canada2000.html. Información consultada en Octubre de 2004.
- Montoya-Gómez. 1997. Producción de Composta. Dirección general de Obras y Servicios generales. Vivero Bajo. UNAM. Instituto de Biología-Jardín Botánico, p. 1-5.
- Ocampo A. 1994a. Efecto del nivel de pulidura de arroz en una dieta basada en el fruto entero de palma africana para el engorde de cerdos. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 6, Number 2, October 1994.
- Ocampo A. 1994b. Utilización del fruto de palma africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 6, Number 1, March 1994.
- Ocampo A., Castro C. y Alfonso L. 1990a. Determinación del nivel óptimo de proteína al utilizar cachaza de palma africana como fuente de energía en raciones para cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 2, Number 2, July 1990.
- Ocampo A., Lozano E. y Reyes E. 1990b. Utilización de la cachaza de palma africana como fuente de energía en el levante, desarrollo y ceba de cerdos. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 2, Number 1, February 1990.
- Peet, B. 2003. Using Pig Behaviour to Optimize Pen Design. *Pork Industry*. Lacombe, Canadá.
- Richard, T. L. & Smiths, S. 1998. Management of bedded-pack manure from swine hoop structures. ASAE paper n. 984127. St Joseph. MI.: ASAE.