

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE CERDAS GESTANTES EN UN SISTEMA DE CAMA PROFUNDA Y SU EFECTO SOBRE EL AMBIENTE

Reproductive Performance in Pregnant Sow in a Deep Bedding System and its Effect on Environment

José Alfonso Aké-Chalé¹, Ileana de los Ángeles González-Canché³, Carlos González-Araujo², Germán Giacomán-Vallejos³ y José Roberto Sanginés-García^{1*}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Conkal. Km. 16,3 Antigua Carretera Mérida Motul, Conkal, Yucatán. México. ²Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579, Maracay, Edo. Aragua, Venezuela. ³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Av. Industrias no Contaminantes por Periférico Norte Apdo. Postal 150 Cordemex Mérida, Yucatán, México.
* Tel. +52(999)912413, Fax +52(999)9124135, roberto.sangines@tconkal.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo de cerdas reproductoras en un sistema de cama profunda. Se utilizaron 29 cerdas híbridas comerciales, primíparas, las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar desbalanceado con dos tratamientos: sistema de cama profunda (n=14) y piso de concreto (n=15), los lechones en cama se destetaron a los 28 días (d), mientras los de piso a los 21 d. Se evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas del efluente del sistema tradicional y la temperatura de la cama en la superficie y a 20 cm de profundidad en cinco puntos, así como también, los cambios en las características fisicoquímicas en el rastrojo de maíz (*Zea mays*). El número de lechones nacidos vivos y destetados fue similar (P>0,05) en ambos sistemas. El número de lechones nacidos vivos y el peso de la camada al parto y al destete fue similar (P>0,05), sin embargo, el peso individual al nacimiento y al destete fue mayor (P½0,05) en cama profunda con 1,59 y 7,79 vs. 1,37 y 6,67, la ganancia diaria fue similar (P>0,05). Se encontró elevada variabilidad en la concentración de contaminantes en los efluentes de la granja, debido a variaciones en el uso del agua para limpieza y confort de los animales. La temperatura de la cama en la superficie fue en promedio 3,3°C, mayor que la del ambiente, a 20 cm de profundidad alcanzó temperaturas mayores a los 60°C en las zonas húmedas y su-

cias, el rastrojo fue enriquecido con nitrógeno (N) y fósforo (P) provenientes de las excretas y disminuyó su concentración de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). El comportamiento reproductivo de las cerdas en cama profunda fue similar al observado en el sistema tradicional, por lo que la implementación de este sistema es una estrategia para reducir el impacto ambiental de las granjas a pequeña y mediana escala.

Palabras clave: Cama profunda, comportamiento reproductivo, impacto ambiental, cerdas.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the productive performance of sows on deep litter system. Twenty nine commercial hybrid sows gilts were used, which were distributed in a completely randomized design with two treatments unbalanced: deep litter system (n = 14) concrete floor (n = 15), piglets weaned bed 28 days (d), while the floor at 21 d, were evaluated physicochemical and microbiological characteristics of the effluent from the traditional and bed temperature on the surface and 20 cm depth in five points, as well as changes in the physicochemical characteristics in corn stover (*Zea mays*). The number of piglets born alive and weaned was similar (P> 0.05) in both systems. The number of piglets born alive and litter weight at birth and at weaning was similar (P>0.05), however individual weight at birth and at weaning was higher (P< 0.05) in deep bed with 1.59 and 7.79 vs. 1.37 and 6.67), daily

gain was similar ($P>0.05$). There was high variability in the concentration of pollutants in the effluent from the farm, due to variations in water use for cleaning and comfort of the animals. Bed temperature at the surface averaged 3.3°C higher than ambient, 20 cm depth reached temperatures above 60°C in the humid and dirty, stubble was enriched with nitrogen (N) and phosphorus (P) from the excreta and decreased the concentration of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). The reproductive performance of sows on deep litter was similar to that observed in the traditional system, so that the implementation of this system is a strategy to reduce the environmental impact from farms to small and medium scale.

Key words: Deep bedding, reproductive performance, ambient pollution, sows.

INTRODUCCIÓN

La porcicultura es una de las principales actividades económicas del subsector pecuario de México. La producción de carne de cerdo (*Sus scrofa*) en 2009 fue 1,16 millones de toneladas (t) y generó 350 mil empleos directos y 1,7 millones de empleos indirectos [3]. El estado de Yucatán ocupa el quinto lugar nacional y aporta el 8,5% de la producción porcina con 98,4 t [2, 24]. El sistema de producción más utilizado en las regiones tropicales incluye el confinamiento en instalaciones con piso de concreto y uso de grandes volúmenes de agua, tanto para la limpieza de los corrales como para el confort de los animales. Las granjas son una fuente importante de contaminación de los recursos hidráulicos con microorganismos patógenos (coliformes fecales) y nutrimentos como el nitrógeno (N) y fósforo (P) los cuales producen la eutrofización de los cuerpos de agua continentales y marítimos [19, 26, 34]. Los residuos porcinos se descargan indiscriminadamente en las fuentes de agua, superficiales o subterráneas [12, 16, 26], contaminando el ambiente con olores desagradables y favorecen la reproducción de fauna nociva, principalmente moscas y roedores [18].

Con el propósito de proporcionar un mejor confort a los animales y disminuir los niveles de contaminación ambiental se han propuesto sistemas alternativos para el alojamiento de los cerdos, los cuales incluyen los sistemas de producción a campo [1] y el sistema de engorde en cama profunda [23], desarrollado en Hong Kong. Este último consiste en el uso de residuos agrícolas como material de cama en donde permanecen los animales durante el ciclo de engorde, en el material de la cama se incorporan las excretas (sólidas y líquidas) enriqueciéndolo y produciendo una especie de composta que se retira al final del ciclo productivo y puede utilizarse para la producción agrícola [5, 18]. El sistema de cama profunda es una alternativa viable en la producción porcina, ya que además de ser económico contribuye a mejorar el bienestar animal y es favorable al ambiente [7].

No se ha evaluado el impacto de los factores estresantes causados por el tipo de sistema sobre los aspectos repro-

ductivos y se requiere de la realización de estudios que permitan conocer aún más sobre este aspecto [17, 21, 22, 25]. Con base en lo anterior, se evaluó el comportamiento reproductivo de cerdas gestantes en un sistema de cama profunda con la finalidad de reducir el impacto ambiental y determinar el efecto del sistema sobre el comportamiento de las cerdas y de los lechones entre el nacimiento y destete.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló del 1 de agosto, 2011 al 31 de marzo, 2012 en la unidad de producción e investigación agrícola y pecuaria del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México, ubicada a $21^{\circ} 05' \text{ LN}$ y $89^{\circ} 32' \text{ LO}$, a 8 msnm, el clima predominante es cálido húmedo y la mayor precipitación ocurre en verano [14]. Por las características del trabajo es importante la descripción de las variables durante el periodo de la prueba, como humedad y temperatura (FIG. 1).

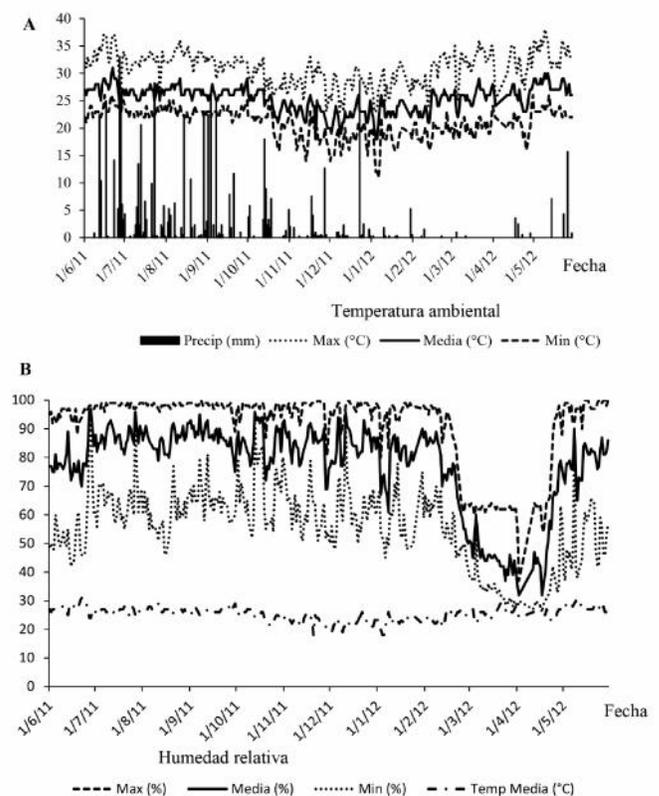


FIGURA 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS PREVALENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE JUNIO DE 2011 Y EL 31 DE MAYO DE 2012.

A. TEMPERATURA AMBIENTE Y PRECIPITACIÓN PLUMIAL.

B. HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA MEDIA.

Animales utilizados y manejo. Se utilizaron 29 cerdas híbridas primíparas de líneas mejoradas con un peso promedio de 90 ± 5 kg, las cerdas manejadas en el sistema de cama profunda tuvieron un periodo de adaptación de dos meses. Cuando los animales alcanzaron un peso promedio de 120 ± 7 kg, se procedió a darles servicio mediante monta natural en el segundo ciclo estral.

El manejo alimenticio consistió en 4 kg de alimento balanceado de una marca comercial en la fase de adaptación (entre los 80 y 120 kg de peso corporal) a los corrales de gestación y 2 kg durante el periodo de gestación en una sola ración con agua *ad libitum*. Antes de la recepción, las hembras fueron desparasitadas con ivermectina al 1% (Iverfin 1%®), utilizando una dosis de 1 mL por cada 33 kg de peso, asimismo, se les suministró complejo vitamínico ADE (A.D.E. Farvet®) y se vacunaron contra parvovirus. Las cerdas en el sistema tradicional se bañaron una vez al día con agua de pozo durante el momento en que se realizaba la limpieza de las instalaciones.

El tipo de alojamiento utilizado en el sistema de cama profunda fue de corrales tipo jaula con una dimensión de 2,5 x 3,5 m, con piso de tierra y una capa de rastrojo de maíz (*Zea mays*) obtenido después de la cosecha del grano seco, de 0,60 a 0,70 m de altura para el sistema de cama profunda, considerando que durante la gestación las cerdas se alojaron en parejas e individualmente en el periodo de parto y lactancia. En el caso del grupo control, fue manejado en un sistema de crianza tradicional en corrales individuales de 0,70 x 2,1 m con piso de concreto, provistas de comederos y bebederos tipo chupón, cinco días antes de la fecha programada de parto las cerdas del grupo control fueron transferidas a jaulas elevadas para parto y lactancia.

La duración de la lactancia fue 21 ± 2 d en las cerdas del grupo control y 28 ± 2 d en las cerdas en cama profunda. En el primer caso, las cerdas se alojaron en jaulas de maternidad de 152,6 x 246,6 cm, con dos divisiones laterales de 49,5 x 241 cm, mientras que las cerdas del sistema de cama profunda se alojaron de manera individual en puestos de 2,50 x 3,50 m con área de exclusión, sin acceso a la madre, donde se pudo suministrar el alimento predestete a los lechones.

Tratamientos y diseño experimental. Los animales se distribuyeron según un diseño completamente al azar desbalanceado con dos tratamientos: sistema de cama profunda (n=14) y piso de concreto (n=15).

Variables evaluadas. El número de lechones paridos (incluyendo animales muertos), nacidos vivos y destetados se determinó contabilizando el número total de animales. Se evaluó el peso de la camada y por animal, tanto al nacimiento como al destete (a las edades definidas), utilizando una báscula digital (Ohaus® EUA, modelo Defender 3000, capacidad de 500 kg y precisión de 0,01 kg) con capacidad de 500 kg. Se comprobaron los supuestos del análisis de la varianza y se realizó el análisis para grupos de datos con diferente número de repeticiones, de un solo criterio de clasificación [32]. En

aquellas medias donde hubo diferencias ($P < 0,05$) se realizó prueba de t de Student mediante el programa estadístico SAS versión 8,0 [30], para ejecutar los análisis correspondientes.

Caracterización de los efluentes de la granja porcina tradicional. Se midió por duplicado en cada muestreo, las siguientes variables: demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno Kjeldahl total (NKT), nitratos (NO_3), amonio (NH_3), y fósforo total de fosfatos (PT), los cuales fueron determinados por espectrofotometría de UV/VIS empleando viales específicos adquiridos de la marca Hach® para mayor confiabilidad en los resultados y reducir los errores de preparación de soluciones. Para las variables; sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), se analizaron de acuerdo con Eaton y Franson [13].

El análisis de DQO se hizo de acuerdo al método de digestión de reflujo cerrado, tanto para la DQO total como la DQO soluble; el análisis de NKT se realizó de acuerdo al método de digestión de persulfato; para N-NO_3 de acuerdo al método ácido cromotrópico, para esto la muestra se centrifugó a 3000 rpm (Eppendorf, modelo 5804, Alemania) para eliminar interferencias con los sólidos, para N-NH_3 se realizó el método salicilato, y por último para PT se realizó de acuerdo al método de molibdovanadato con digestión de ácido persulfato.

En la caracterización del agua residual porcícola también se determinaron indicadores biológicos patógenos siendo estos: *Salmonella* spp., coliformes totales y fecales, mediante el método de filtración por membrana; también se realizó la determinación de huevos de helminto siguiendo el procedimiento establecido en la NMX-AA-113-SCFI-1999 [28] (cuando la muestra no contenía muchos sólidos) y con la NOM-004-SEMARNAT-2002 [29] (cuando la muestra contenía muchos sólidos).

Tamaño de muestra. Se realizó un muestreo de las aguas residuales porcinas por medio de una recolección de cinco muestras, a las cuales se les realizaron los análisis descritos anteriormente. A los valores obtenidos para los parámetros analizados se hizo el cálculo de promedio y desviación estándar. Para la determinación del tamaño de muestra se eligió a la DQO_T como parámetro de referencia, ya que tiene mucha relevancia en los sistemas anaerobios además de que fue uno de los que registró mayor desviación estándar. Se eligió un error muestral del 20%, con el cual se llega a 1444 mg de DQO /L que es el valor empleado en la fórmula para el cálculo del tamaño real de la muestra empleando la distribución "t" de student, que se describe a continuación.

$$N = N \frac{ts^2}{E}$$

donde:

N = Tamaño real de la muestra

E = Error muestral en mg/L. 1444 mg/L.

s = Desviación estándar del parámetro de DQO de la muestra, 4054 mg/L.

t = Percentil de la distribución "t" de Student, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo, 1,28,

El tamaño de muestra que se obtuvo fue de 13, para determinar la caracterización se aumentó cuatro muestreos, dando un total de 17 muestras.

Muestreo del agua residual. La caracterización de las aguas residuales se llevó a cabo en dos etapas, la primera se realizó entre el mes de agosto y septiembre y la segunda etapa en el mes de octubre, recolectando nueve muestras en la primera etapa y 10 en la segunda. En ambas etapas se llevó a cabo la preparación de materiales, reactivos y equipos así como la planeación del muestreo y la implementación de las técnicas a realizar. El muestreo consistió en tomar una muestra compuesta, la cual se obtuvo del colector de las aguas residuales porcinas que contiene una bomba sumergible con una derivación para la toma de muestra, al igual que otra para la alimentación del biodigestor.

Para garantizar la obtención de muestras representativas se dejó correr el agua residual a la salida de la manguera muestreadora por 30 segundos. Transcurrido ese tiempo se procedió al llenado hasta la primera mitad del recipiente del muestreo, se suspendió por un lapso de tiempo y se procedió a llenar nuevamente el recipiente hasta completar el volumen de muestra requerida. Una vez recolectada la muestra se midió inmediatamente los parámetros de campo, pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. Posteriormente se dividió la muestra en diferentes contenedores, uno para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, otra para la determinación de huevos de helminto y otra estéril para los indicadores microbiológicos.

Manejo de la cama. Para formar la cama de cada corral, con un volumen de 5,25 m³ (2,5 x 3,5 x 0,6 m) se utilizaron 50 pacas de rastrojo de 19 kg cada una, equivalente a 950 kg. La cama se removió diariamente al inicio del experimento, con la finalidad de que las cerdas no formasen un área sucia y posteriormente, cada tercer día. Se registró la temperatura de la cama en la superficie y a 20 cm de profundidad en cinco puntos del corral (en los extremos y al centro), utilizando un termómetro digital Extech ® de entrada dual (-150 a 450°C) y con un termómetro digital infrarrojo a distancia (máximo 12 m) HER 425 ® (-20 a 350°C).

Análisis estadístico. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y en caso de encontrar diferencias, se empleo la prueba de Tukey (P \geq 0,05) para la comparación de medias [32].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento productivo. Los resultados obtenidos indican que el número de lechones paridos, nacidos vivos y

destetados fue similar (P>0,05) en dos sistemas de producción evaluados (TABLA I), lo que concuerda con los resultados de Honeyman y col. [22], al evaluar el comportamiento de cerdas jóvenes gestantes y lactantes en diferentes sistemas de alojamiento. Por otra parte, Honeyman y Kent [21], al evaluar el promedio de 115 camadas encontraron 11,3 lechones nacidos vivos y 8,1 destetados. En el presente trabajo, los lechones nacidos vivos y destetados en cama profunda fue menor (9,79 y 7,29, respectivamente), se debe considerar que las cerdas fueron servidas muy jóvenes y de bajo peso, lo que repercutió en el tamaño bajo de la camada; además, todas las madres fueron de primer parto [15]. La mortalidad perinatal fue más elevada en las cerdas mantenidas en cama profunda con respecto a las que estuvieron en jaulas elevadas (2,5 vs. 1,14), si bien, en el número de lechones destetados no se detectó diferencia (P>0,05) fue por el elevado coeficiente de variabilidad encontrado (29,12%). Existen diversos factores de riesgo en la mortalidad perinatal de los lechones entre los que destacan el número de parto de las cerdas, el tamaño de la camada, la presencia de fetos momificados y la época del año. La mortalidad fue mayor durante la temporada de invierno (noviembre a febrero) en Yucatán [31], que fue la época de partos (diciembre 2011 a febrero 2012).

TABLA I
NÚMERO DE LECHONES PARIDOS, NACIDOS VIVOS Y DESTETADOS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, CON CAMA PROFUNDA Y CON PISO DE CONCRETO

Tratamiento	Número de lechones por camada		
	Paridos	Nacidos vivos	Destetados
Cama profunda	10,50	9,79	7,29
Piso	10,40	9,27	8,13
Valor de P	0,938	0,676	0,320
EE	0,92	0,88	0,60

Literales distintas en la misma columna indican diferencias (Tukey $\alpha = 0,05$). EE = Error estándar de la media.

Tanto el peso al nacimiento como al destete de los lechones del sistema de crianza en cama profunda fue mayor (P<0,05), con respecto al peso al destete, la diferencia de peso se atribuye a que los lechones permanecieron una semana más con sus madres (TABLA II), ya que la ganancia diaria entre el nacimiento y destete fue similar (P>0,05). Estas observaciones difieren a las realizadas por Honeyman y col. [22], quienes no encontraron diferencias en el peso al nacimiento y al destete en un sistema de cama profunda y de piso de concreto. Con respecto a la ganancia diaria de peso, estos autores reportan para el sistema de cama profunda un promedio de ganancias de 0,238 kg.

Por su parte, Honeyman y Kent [21] reportan en un sistema de cama profunda, pesos promedios de 1,77 kg en lechones nacidos vivos y 10,34 kg al destete, estos valores fueron superiores a los obtenidos en este estudio. Vilorio y col. [35] indicaron que se obtienen mejores resultados de los indi-

TABLA II
EDAD AL DESTETE Y PESO DE LA CAMADA EN UN SISTEMA DE CAMA PROFUNDA Y CON PISO DE CONCRETO

Tratamiento	Peso camada (kg)		Peso individual (kg)		
	Parto	Destete	nacimiento	destete	Ganancia diaria
Cama profunda	14,82	54,90	1,59 ^a	7,79 ^a	0,221
Piso	12,86	54,25	1,37 ^b	6,67 ^b	0,250
Valor de P	0,284	0,907	0,029	0,008	0,0794
EE	1,29	3,95	0,66	2,78	0,011

Literales distintas en la misma columna indican diferencias (Tukey $r = 0,05$). EE = Error estándar de la media.

cadore de respuesta: ganancia en vida, salida a matadero, índice de conversión, descarte, y ganancia diaria por fase, en la medida que se avanza de la estructura física de corral de piso sólido, piso tipo rejilla, y piso tipo cama profunda. Es decir, se encontraron mejores resultados bajo el sistema de piso cama profunda.

La ganancia diaria de los lechones entre el nacimiento y el destete fue similar ($P > 0,05$) en ambos grupos, no obstante la edad al destete fue menor en los lechones de crianza tradicional (en jaulas elevadas); Honeyman y Kent [22] en cerdas bajo el sistema de cama profunda destetaron en promedio a 33 d de edad y obtuvieron un intervalo destete-celo de 7,6 d, y en lo sucesivo hasta el 5° parto, valores de 2,35 partos cerda⁻¹ año⁻¹ y 26,4 lechones cerda⁻¹ año⁻¹; por lo que aumentar una semana el destete, mejora el vigor de los lechones y no se afecta el intervalo parto-concepción. Hill [20] menciona que el sistema de producción de cerdos en cama profunda bajo el concepto de proveer al animal la habilidad de seleccionar y modificar su propio microambiente a través del material de la cama. Además, el sistema de cama profunda es una alternativa viable en la producción porcina, ya que no se afectan las características productivas y reproductivas de los cerdos (tales como la edad al destete y peso de la camada) en sistemas a pequeña escala con un menor impacto ambiental en comparación con los sistemas con piso de concreto [36].

González [17] señala que los sistemas de producción alternativos (tales como el de cama profunda) constituyen una alternativa viable para la porcicultura, ya que en estos sistemas se logran niveles de eficiencia productiva comparables a los confinados. Los sistemas alternativos fundamentalmente, los de cama profunda son menos agresivos al medio ambiente. En los sistemas alternativos se logra mayor bienestar animal. Este sistema presentó menos problemas en cuanto a enfermedades más comunes de un sistema de confinamiento y esto es un factor para que los lechones se desarrollen efectivamente en el sistema de cama profunda.

La tecnología de cama profunda es una alternativa que satisface las demandas actuales de los productores porcinos, con resultados productivos en los rasgos de comportamiento de los cerdos similares a los obtenidos con el sistema de estabulado clásico y además con un menor impacto ambiental que el sistema de crianza tradicional [9].

Por su parte, Cruz y col. [8] consideran que, la tecnología de crianza de cerdos en cama profunda ofrece mejores condiciones de bienestar animal para los cerdos, comparado con el sistema tradicional sobre piso de concreto. Mientras que Campiño y Ocampo [6] señalan que, conocer el patrón de actividades de los cerdos constituye una herramienta fundamental para obtener buenos rendimientos productivos y ofrecer una mejor calidad de vida.

Impacto ambiental de los sistemas de producción porcina. En el sistema de crianza tradicional, en las regiones tropicales se utiliza gran cantidad de agua para la limpieza de los corrales y el confort de los animales. Se ha detectado que la mayoría de las granjas pequeñas y medianas no cuentan con la infraestructura para el tratamiento y disposición final de las aguas residuales y son este tipo de granjas las que mayor cantidad de agua utilizan por animal, no obstante, las granjas grandes y megas, generan el 82% de agua residual [12]. En las regiones tropicales, el agua residual de las granjas porcinas está constituida por las heces, la orina y el alimento de desperdicio, así como el agua que se pierde a partir de los bebederos y en el agua usada para la limpieza de las instalaciones y enfriamiento de los animales. Ésta se colecta en drenes abiertos y por lo tanto, además del agua corriente, contiene suelo y otras partículas [33]. Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual generada en la granja se presentan en la TABLA III, la variabilidad en la concentración de los diferentes contaminantes se debe, entre otros factores, a la cantidad de agua empleada el día del muestreo. Se procuró realizar el muestreo bajo las mismas condiciones de toma de muestra, una vez concluidas las labores de limpieza en la granja. Una menor concentración de contaminantes implica un mayor uso de agua en la granja, el cual puede variar de 30 a más de 60 litros por animal al día. Con respecto a la presencia de microorganismos y huevos de helmintos, los resultados se presentan en las TABLAS IV y V, Como se observa, el potencial contaminante de las aguas residuales hacia los acuíferos fue elevado, tal y como lo constatan varios trabajos [4, 11, 27], donde la contaminación por nitratos y bacterias coliformes fecales en el agua subterránea del estado de Yucatán, se debe a la distribución azarosa de la presencia de fracturas, cavidades y conductos de disolución en la región y las mayores concentraciones de nitratos se tuvieron en el agua que subyace las áreas en donde se desarrollan actividades como la agricultura, porcicultura y ganadería.

TABLA III
VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA GRANJA PORCINA
CON SISTEMA DE MANEJO TRADICIONAL

Variable	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Est.
DQO _T (mg/L)	2,770	19,000	8,679	4,891
DQO _S (mg/L)	796	6,085	2,086	1,208
NKT (mg/L)	240	1,770	589	348
N-NH ₃ (mg/L)	139	674,6	321	154
PT (mg/L)	202	1624	575	352
ST (mg/L)	3,221	23,047	9,393	5,075
SS (mg/L)	2,805	22,200	6,892	4,961

DQO_T = Demanda química de oxígeno total; DQO_S = Demanda química de oxígeno soluble; NKT = Nitrógeno Kjeldahl total; N-NH₃ = Nitrógeno amoniacal; PT = Fósforo total en fosfatos; ST = Sólidos totales; SS = Sólidos solubles.

TABLA IV
COLONIAS DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN LAS AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS
DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE CONKAL

Unidades formadoras de colonias	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Est.
CF (UFC /100 mL)	70X10 ⁶	5,5 x10 ⁸	254 X10 ⁶	118 X10 ⁶
CT (UFC /100 mL)	1,7x10 ⁸	8,4 x10 ⁸	334 X10 ⁶	164 X10 ⁶
SALM (UFC /100 mL)	80 X10 ⁶	4,4 x10 ⁸	191 X10 ⁶	99 X10 ⁶

CF = Coliformes fecales; CT = Coliformes totales; SALM = *Salmonella* spp.

TABLA V
HUEVOS DE PARÁSITOS ENCONTRADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES
PORCÍCOLAS DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE CONKAL

Muestra	Tipo norma	Áscaris	Strongyloide	Coccidia	Totales	Unidad
1	Agua	9,8	31,2	89,8	130,8	# H/L
2	Agua	4494,2	6,4	-	4500,6	# H/L
3	Biosólidos	1,8	0,0	-	1,8	# H/2 g ST
4	Biosólidos	230,8	0,1	-	230,8	# H/2 g ST
5	Biosólidos	98,6	0,0	-	98,6	# H/2 g ST
6	Biosólidos	76,7	3,8	-	80,5	# H/2 g ST
7	Biosólidos	25,9	0,1	-	26,0	# H/2 g ST

*H=huevos de helminto.

En la cama, se observó un enriquecimiento del rastrojo en cuanto al contenido de N y P y una disminución en la concentración de la fibra detergente neutro y fibra detergente ácida (TABLA VI). Independientemente del enriquecimiento de la cama con nutrientes, Cruz y col. [10] constataron que no se produce contaminación del suelo ni por elementos ni por microorganismos después de tres ciclos de crianza en cama profunda. La temperatura superficial de la cama fue en promedio $3,3 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ mayor que la ambiente (FIG. 2). Por otro lado, la temperatura de la cama a 20 cm de profundidad tuvo una variación entre 30 y 68°C , dependiendo de la zona de muestreo, siendo más elevadas en las áreas consideradas

como zona sucia, a pesar de que se removía la cama con frecuencia para evitar que las cerdas establecieran dicha zona, en la FIG. 3, se presentan los datos observados de la temperatura de la cama. Similar a lo observado por Campiño y Ocampo [5] se definieron tres zonas en la cama: limpia, húmeda y sucia, las cuales estuvieron en función de la colocación del bebedero y comedero y en el presente experimento se encontraron temperaturas muy elevadas, principalmente en las zonas sucias, indicando una mayor actividad microbiana y un proceso de composteo de la cama, tanto por el enriquecimiento en materia orgánica y nutrientes, como por la capacidad de retención de humedad del rastrojo.

TABLA VI
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL RASTROJO DE MAÍZ Y DE LA CAMA DE LAS REPRODUCTORAS
CON BASE A RASTROJO DESPUÉS DE SEIS MESES DE USO

	Rastrojo	Cama final	Desv. Est.
Materia seca (%)	85,06	84,88	0,44
Cenizas (%)	4,33	15,19	0,78
Nitrógeno Kjeldahl Total (%)	0,55	1,65	0,12
Fósforo total (mg.kg ⁻¹)	354,65	4571,46	45,48
Calcio total (g.kg ⁻¹)	5,04	21,00	8,68
FDN (%)	87,35	60,58	3,23
FDA (%)	57,53	54,18	2,13

FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido.

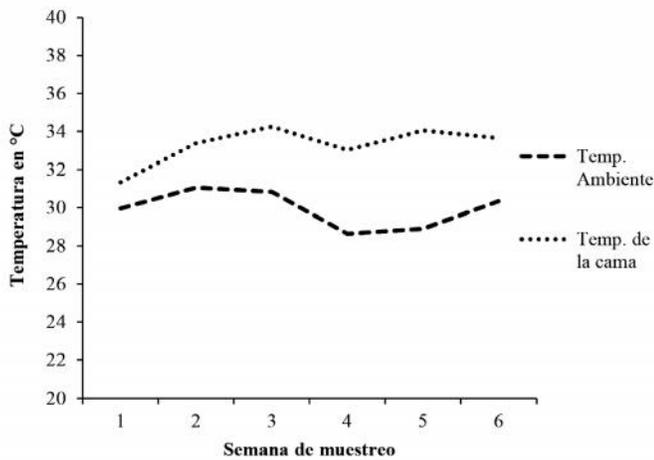


FIGURA 2. EFECTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL, SOBRE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LA CAMA DE RASTROJO DE MAÍZ.

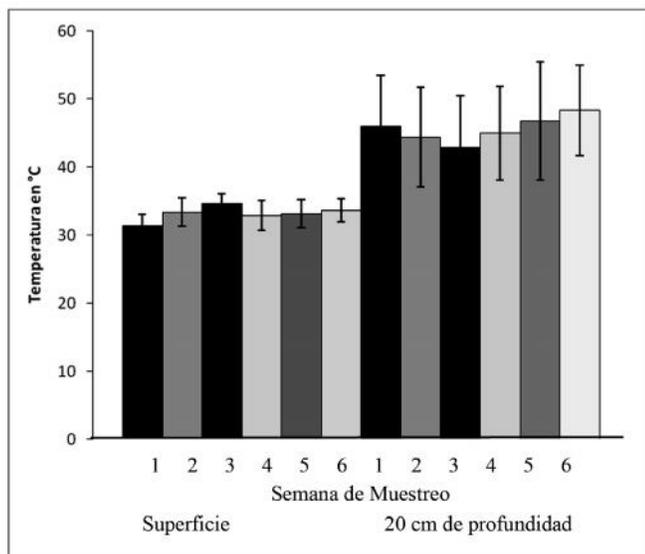


FIGURA 3. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE MUESTREO SOBRE LA TEMPERATURA DE LA CAMA PROFUNDA A BASE DE RASTROJO DE MAÍZ EN CERDAS REPRODUCTORAS.

CONCLUSIONES

El sistema de cama profunda tiene gran potencial para el manejo de cerdas reproductoras, ya que permite obtener animales con mayor peso al nacimiento sin que se afecte la prolificidad y la habilidad materna de la cerda, por lo que su implementación es importante como estrategia para mejorar los sistemas intensivos tradicionales de producción porcina basados en piso de concreto. Por otra parte, no se generan efluentes y se reduce considerablemente el potencial contaminante de las explotaciones porcinas a pequeña y mediana escala, no obstante, se debe rechazar el uso de rastrojo de maíz como cama, ya que retiene humedad y se producen temperaturas muy elevadas que generan disconfort en las cerdas.

AGRADECIMIENTO

Al Fondo Mixto CONACYT y a la Coordinación Metropolitana de Yucatán (COMET) del Gobierno del estado de Yucatán por el apoyo financiero otorgado en la realización de este trabajo, a través de los proyectos: Uso de la cama profunda como alternativa para reducir el impacto ambiental ocasionado por la porcicultura peri-urbana, con clave YUC-2009-C07-130842 e Incorporación de procesos biotecnológicos para el manejo sustentable de aguas residuales del sector porcícola, con clave YUC-2008-C06-108851.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LY, J.; RICO, C. Cría de cerdos al aire libre. El caso cubano. En: Aparicio, T.M.A.; González, A, C. (Eds.) **Producción porcina a campo: Un modelo alternativo y sostenible**. Caja Rural Extremadura. Granada, España. 239 pp. 2009.
- [2] BOBADILLA, S. E. E.; ESPINOZA, O.A.; MARTÍNEZ. C. F. E. Dinámica de la producción porcina en México de 1980 a 2008, *Rev. Mex. Cien. Pec.* 1(3): 251-268. 2010.
- [3] CABELLO, V. M. A.; TORRES, G. E. Carne de porcino, 2010-2011, Dirección de Análisis Económico y Consul-

- toría. Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA), Banco de México. 25 pp. 2010.
- [4] CABRERA, A.; PACHECO, J.; FRÍAS, J.; RAMÍREZ, J.; RAMÍREZ, M. Mapeo de aguas subterráneas contaminadas por nitratos y bacterias en el estado de Yucatán, México. En: **Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales**, Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, A.C. (FEMISCA). Guanajuato, Gto. 04/17-20. México. 8 pp. 2002.
- [5] CAMPIÑO, G.P.; OCAMPO, A. Comportamiento de la temperatura de la cama profunda de cerdos de engorde utilizando racimos vacíos de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. **Orinoquia**. 11(1):65 – 74. 2007.
- [6] CAMPIÑO, E. G. P.; OCAMPO, D. A. Comportamiento de cerdos de engorde en un sistema de cama profunda utilizando racimos vacíos de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. **Orinoquia**. 14(2): 147-159. 2010.
- [7] CRUZ, E.; ALMAGUEL, R. E.; MEDEROS, C. M.; GONZÁLEZ, A. C. Sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. XIX (5): 495-499. 2009.
- [8] CRUZ, M. E.; ALMAGUEL, G. R. E.; LY, J. Evaluación del bienestar animal de cerdos en crecimiento alojados en sistema de cama profunda. **Rev. Electr. Vet.** 12(7): 1-9. 2011.
- [9] CRUZ, E.; ALMAGUEL, R. E.; MEDEROS, C. M.; LY, J. Uso de camas profundas en los sistemas de engorde de cerdos en el sector campesino en Cuba. **Zoot. Trop.** 28(2): 183-191. 2010.
- [10] CRUZ, E.; ALMAGUEL, R. E.; ROBERT, M.; LY, J. Estudio sobre la contaminación del suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos con el sistema de cama profunda a pequeña escala. **Tropicul**. 30 (2): 113-116. 2012.
- [11] CUEVAS, E.; PACHECO, J.; CABRERA, A.; CORONADO, V.; VÁZQUEZ, J.; COMAS, M. Calidad química y bacteriológica del agua subterránea en el principal campo de pozos para el abastecimiento de Mérida, Yucatán, México. En **Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales**. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, A.C. (FEMISCA), Guanajuato, Gto. 04/17-20. México. 10 pp. 2002.
- [12] DRUCKER, A. G.; ESCALANTE, S. R.; GÓMEZ, G. V.; MAGAÑA, R. S. La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. **Rev. Latinoam. Econ.** 34(135): 105-125. 2003.
- [13] EATON, A. D.; FRANSON, M. A. H. Standard methods for the examination of water & wastewater. **Amer. Public Health Assoc.** 20th Rev Ed. Washington, DC, USA 1160 pp. 2005.
- [14] FLORES-GUIDO, J.S.; ESPEJEL-CARVAJAL, I. Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán. **Etnoflora Yucatanense**. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. 135 pp. 1994.
- [15] GARCÍA-GONZÁLEZ, J. S.; HERRADORA-LOZANO, M. A.; MARTÍNEZ-GAMBA, R. G. Efecto del número de parto de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechones. **Rev. Mex. Cien. Pec.** 2(4): 403-414. 2011.
- [16] GERMÁN, A. C. G.; CAMACHO, R. J. C.; GALLEGOS, S. J. Instalaciones y alojamientos para cerdos. En **Producción de cerdos**. Colegio de Postgraduados, Secretaría de la Reforma Agraria. México. Manual del participante. 82 pp. 2005.
- [17] GONZÁLEZ, C. Sistemas alternativos de producción de cerdos en Venezuela. In: Nieves, D.; Vivas, J. y Zambrano, C. (Eds.). **VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos**. Guanare, 11/17 y 18. Venezuela. Pp 20-29. 2005.
- [18] GONZÁLEZ, A. C. Uso de la cama profunda en cerdos en Venezuela, como mecanismo para reducir el impacto ambiental. En: **IX Encuentro de Nutrición en Animales Monogástricos**. Montevideo, 11/14-16. Uruguay. Pp 95-101. 2007.
- [19] HERRERA-SILVEIRA, J. A. Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): Investigación, diagnóstico y manejo. **Ecotróp.** 19: 94-108. 2006.
- [20] HILL, J. D. X Deep bed swine finishing. En: **5º Seminário Internacional de Suinocultura**. Expo Center Norte, Sao Paulo, 11/27-28. Brasil. Pp 83-88. 2006.
- [21] HONEYMAN, M.; KENT, D. Performance of a Swedish deep-bedded feeder pig production system in Iowa. **Amer. J. Alternative Agricul.** 16(2): 50-56. 2001.
- [22] HONEYMAN, M. S.; KENT, D.; CHRISTIAN, L. Reproductive performance of young sows from various gestation housing systems. Management/Economics 2000. Iowa State University. ASL-R1678, 4 p. En Línea: <http://www.ipic.iastate.edu/reports/99swinereports/asl-1678.pdf>. 04/09/2012.
- [23] IMBEAH, M. Composting piggery waste. A review. **Bioresour. Techn.** 63:197-203. 1998.
- [24] LEYVA, M. C. E.; COBOS, M. R.; MENDOZA, P. A. El mercado de la carne de cerdo de Yucatán, 1995-2005. **Rev. Econ.** 1(72): 69-100. 2009.
- [25] MANTECA, X.; GASA, J. Bienestar y nutrición de cerdas reproductoras. En: **XXI Curso de Especialización. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA)**. Madrid, 11/7-8. España. Pp 215-236. 2005.

- [26] MÉNDEZ, N. R.; CASTILLO, B. E.; VÁZQUEZ, B. E.; BRICEÑO, P. O.; CORONADO, P. V.; PAT, C. R.; GARRIDO, V. P. Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. **Ingenier.** 13(2): 13-21. 2009.
- [27] PACHECO, A. J.; CALDERÓN, R. L.; CABRERA, S. A. Delineación de la zona de protección hidrogeológica para el campo de pozos de la planta Mérida I, en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. **Ingenier.** 8(1): 7-16. 2004.
- [28] SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. Norma oficial Mexicana. NMX-AA-113-SCFI-1999. Análisis de agua-determinación de huevos de helminto-método de prueba 1999. En Línea: <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/Noticias/NMX-AA-113-SCFI-1999.06/08/2011>.
- [29] SEMARNAT. Norma oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental-lodos y biosólidos-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. En Línea: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1342/1/nom-004-semarnat-2002.pdf>. 06/08/2011.
- [30] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Versión 8. 2000.
- [31] SEGURA-CORREA, J. C.; ALZINA-LÓPEZ, A. A.; SOLORIO-RIVERA, J. L. Evaluación de tres modelos y factores de riesgo asociados a la mortalidad de lechones al nacimiento en el trópico de México. **Téc. Pec. Méx.** 45(2): 227-236. 2007.
- [32] STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. Comparaciones múltiples. En: **Bioestadística. Principios y Procedimientos** 2ª Ed. McGraw-Hill. México. Pp 166-188. 1988.
- [33] TAIGANIDES, E. P. Pig waste management and recycling. **The Singapore experience**. International Development Research Center. Ottawa, Canada. 368 pp. 1992.
- [34] VÁZQUEZ, E.; MEJÍA, G. Impacto ambiental de las granjas porcícolas en el Estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. **Gac. Universit.** No. 14: 19-21. 1992.
- [35] VILORIA, F.; SULBARAN, L.; GONZÁLEZ, C.; ALMONTE, M.; GONZÁLEZ, C. Comparación de tres tipos de estructura física de corral (cama profunda, piso sólido y piso con rejilla) para cerdos en fase de finalización en granjas comerciales. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 16(4): 216-223. 2008.
- [36] WASTELL, M. E.; LUBISCHER, P.; PENNER, A. Deep Bedding - An Alternative System for Raising Pork. **Am. Soc. Agric. Eng.** 17(4): 521-526. 2001.