

11674



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA
SALUD ANIMAL**

**EFFECTOS DEL ESTRES CRONICO CAUSADO POR LA REDUCCION
DEL ESPACIO DISPONIBLE Y/O TAMAÑO DE GRUPO SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD Y CAMBIOS METABOLICOS Y ENDOCRINOS DE
CERDOS EN CRECIMIENTO Y FINALIZACION.**

T E S I S

Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta

MIGUEL GERARDO HERNÁNDEZ CASTORENA

**ASESOR
SERGIO GOMEZ ROSALES**

**COMITE TUTORAL
MA. DE LA SALUD RUBIO LOZANO
HECTOR R. VERA AVILA**

Ajuchitlán, Colón, Qro.

2003

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DECLARACIÓN

El autor da su consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México para que ésta tesis sea disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

Atentamente,

Miguel Gerardo Hernández Castorena.

DEDICATORIA

"In Virtud Médiu"

A mi amada familia.

A los que sembraron la inquietud por conocer.

A los que excedieron el concepto de amistad.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Al grupo de investigadores, personal administrativo y de servicio del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal.

A su asesor principal Dr. Sergio Gómez Rosales, en su apoyo constante y guía en el desarrollo tanto del presente trabajo como en el curso del posgrado.

Al honorable jurado: Dr. Moisés Montaña Bermúdez, Dra. Ma. de la Salud Rubio Lozano, Dra. Ma. Ofelia Mora Izaguirre, Dr. Héctor R. Vera Ávila; en su asesoría al buen desarrollo de este trabajo.

Resumen

Efectos del estrés crónico causado por la reducción del espacio disponible y/o tamaño de grupo sobre la productividad y cambios metabólicos y endócrinos de cerdos en crecimiento y finalización.

Para evaluar los efectos del estrés crónico causado por la reducción del espacio disponible y/o incremento en el tamaño de grupo sobre la productividad y cambios en las concentraciones de glucosa, urea, glicerol y cortisol en cerdos en crecimiento y finalización, se realizaron 2 experimentos. En el experimento 1, que duró 6 semanas, se usaron 138 cerdos en crecimiento con un peso inicial de 28.05 ± 1.087 kg y 60 en finalización con un peso inicial de $65.70 \pm .803$ kg, en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3 (Densidades; 1 = un cerdo alojado individualmente con 2.5 m^2 disponibles de piso; 2 = 6 cerdos en Crecimiento o 4 en Finalización alojados en grupo con 5.64 m^2 disponibles de piso; 3 = 12 cerdos en Crecimiento u 8 en Finalización alojados en grupo con 5.64 m^2 disponibles de piso) \times 2 (Etapas de desarrollo: Crecimiento y Finalización); con igual número de Hembras y Machos castrados dentro de cada tratamiento. Las variables de respuesta fueron: consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), eficiencia alimenticia (EA) y concentración sérica de GLUCOSA, UREA y CORTISOL en 4 Tiempos de muestreo (TIEMPOS 0, 1, 3 y 5 = Día de inicio del experimento y final de las semanas 1, 3, y 5, respectivamente). Al final del experimento el CDA fue mayor ($P < .01$) en la Densidad 1 en comparación con los cerdos de las Densidades 2 y 3. La Densidad 3 tuvo mayor CDA ($P < .01$) que la Densidad 2. La GDP fue mayor ($P < .01$) en la Densidad 1 en relación a las Densidades 2 y 3. La GDP fue similar entre las Densidades 2 y 3 ($P > .01$). La EA fue mayor en la Densidad 2 que en las Densidades 1 y 3 ($P < .01$); entre estas dos últimas la EA fue similar ($P > .01$). El CDA y la GDP fueron mayores en Finalización ($P < .01$). La EA fue mayor en Crecimiento ($P < .01$). Los cerdos de la Densidad 2 presentaron menores concentraciones de CORTISOL ($P < .05$) en comparación con los cerdos de las Densidades 1 y 3. Los cerdos en Crecimiento mostraron mayores concentraciones de GLUCOSA ($P < .05$). El TIEMPO afectó la concentración de GLUCOSA forma lineal ($P < .05$) y las concentraciones de UREA y CORTISOL en forma cuadrática ($P < .01$). Algunas correlaciones entre la GDP, CORTISOL, GLUCOSA y UREA presentaron un nivel de significancia bajo y en la mayoría de ellas los efectos fueron opuestos en función del TIEMPO. En el experimento 2, que duró 4 semanas, se usaron 140 cerdos en Crecimiento con un peso inicial de 31.27 ± 1.947 kg; y 126 en Finalización con un peso inicial de 66.12 ± 2.507 kg en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3 (Densidades; 1 = un cerdo alojado individualmente con 2.5 m^2 disponibles de piso; 2 = 2 cerdos alojados en grupo con 2.5 m^2 disponibles de piso; 3 = 4 cerdos alojados en grupo con 2.5 m^2 disponibles de piso) \times 2 (Sexos: Machos castrados o Hembras). Las variables de respuesta fueron: CDA, GDP, EA; igual que en Exp. 1 y GLUCOSA, UREA, GLICEROL y CORTISOL en 3 Tiempos de muestreo (TIEMPO 0, 1 y 3; día de inicio del experimento y final de las semanas 1 y 3, respectivamente). En cerdos en Crecimiento, el aumento en la Densidad redujo el CDA y la GDP en forma lineal ($P < .01$). Los Machos tuvieron mayor CDA ($P < .05$) y GDP ($P < .08$). El

Tiempo afectó la concentración de UREA y CORTISOL en forma cuadrática ($P < .01$). En Finalización al aumentar la Densidad se redujo el CDA y la GDP en forma lineal ($P < .01$). El CDA fue mayor en Machos ($P < .09$). El TIEMPO afectó la concentración de CORTISOL y GLICEROL en forma cuadrática ($P < .01$). La concentración de CORTISOL fue mayor en los Machos castrados que en las Hembras ($P < .06$). En un análisis adicional donde se consideró el Grado de Estrés de los cerdos de acuerdo a la Densidad y jerarquía en el corral se encontró que el menor crecimiento en cerdos con mayor Grado de Estrés no se asoció con incrementos en las concentraciones de CORTISOL o metabolitos sanguíneos. El crecimiento de los cerdos en ambas etapas se deprimió en la misma magnitud en respuesta al incremento en el tamaño de grupo y/o reducción en el espacio disponible de piso. Los efectos detrimentales del incremento en el tamaño de grupo y/o reducción en el espacio disponible de piso fueron independientes con respecto al sexo. Tanto la GDP como el CDA se disminuyeron al aumentar la Densidad, pero esta disminución no estuvo relacionada a cambios en las concentraciones séricas de metabolitos sanguíneo y cortisol, por lo tanto, se concluye que las diferencias encontradas en el crecimiento de los animales estuvieron asociadas exclusivamente a las diferencias en el consumo de alimento.

Palabras clave: Estrés, Espacio disponible, Tamaño de grupo, Comportamiento productivo, Metabolitos sanguíneos, Cortisol.

Abstract

Effects of chronic stress caused by a reduction of floor space and/or group size on productivity and metabolic and endocrine changes in growing and finishing pigs.

In order to evaluate the effects of chronic stress caused by a reduction of floor space and/or group size on productivity and blood concentrations of glucose, urea, glycerol and cortisol in pigs of two productive stages, two experiments were done. In experiment 1, 138 Growing pigs were used, with an initial weight of 28.05 ± 1.087 kg and 60 Finishing pigs with an initial weight of $65.70 \pm .803$ kg, in a randomized complete block design in a factorial arrangement. Factors were Density (Densities; 1 = 1 pig allotted individually in a pen with 2.5 m^2 of floor space; 2 = 6 Growing pigs or 4 Finishing pigs allotted in group in a pen with 5.64 m^2 of floor space; 3 = 12 Growing pigs or 8 Finishing pigs allotted in group in a pen with 5.64 m^2 of floor space) and Productive stage: Growing and Finishing, with an equal number of castrated males and females within each treatment, during 6 weeks. Variables of response were: average daily feed intake (ADFI), Average daily gain (ADG), feed efficiency (FE) and serum concentration of glucose, urea and cortisol in 4 sampling times (TIME 0, 1, 3 and 5 = At the start of the experiment and end of weeks 1, 3 and 5, respectively). ADFI was greater for Density 1, compared to densities 2 and 3 ($P < .01$). Density 3 had greater ($P < .01$) ADFI than Density 2. ADG was higher ($P < .01$) in Density 1 in relation to Densities 2 and 3. ADG was similar in Densities 2 and 3. FE was higher ($P < .01$) in Density 2 than in Densities 1 and 3; between these last two FE was similar. ADFI and ADG were greater in Finishing pigs, but FE was higher in Growing pigs ($P < .01$). In Density 2 concentration of CORTISOL was greater compared with Densities 1 and 3 ($P < .05$). In Growing pigs concentration of GLUCOSE was higher than in Finishing pigs ($P < .05$). TIME effected the GLUCOSE concentration in a linear manner ($P < .01$) whereas UREA and CORTISOL showed a quadratic pattern ($P < .01$). Some correlation among ADG, CORTISOL, UREA and GLUCOSE showed a low level of significance and in most of them the effects were opposite depending on the TIME. In experiment 2, 140 Growing pigs with an initial weight of 31.27 ± 1.947 kg, and 126 Finishing pigs with an initial weight of 66.12 ± 2.507 kg were used in a randomized complete block design in a factorial arrangement. Factors were Density (Densities; 1 = 1 pig allotted individually in a pen with 2.5 m^2 of floor space; 2 = 2 pigs allotted in group in a pen with 2.5 m^2 of floor space; 3 = 4 pigs allotted in group in a pen with 2.5 m^2 of floor space) and Sex (Castrated males and females) The experiment lasted 4 weeks. Variables of response were: ADFI, ADG, FE (as in Exp. 1) and serum concentrations of GLUCOSA, UREA, GLYCEROL and CORTISOL. In 3 sampling Times (TIME 0, 1 and 3 = At the start of the experiment and end of weeks 1 and 3, respectively). In Growing pigs ADFI and ADG were reduced linearly ($P < .01$) as Density increased. Castrated males had higher ADFI ($P < .05$), and greater ADG ($P < .08$). Time of sampling had a quadratic effect ($P < .01$) on concentration of UREA and CORTISOL. Finishing pigs: showed a linear reduction ($P < .01$) on ADFI and ADG when increasing Density. ADFI was higher in Castrated males ($P < .09$). Time of sampling had a quadratic effect ($P < .01$) on concentration of GLYCEROL and CORTISOL. CORTISOL

was higher in Castrated males than in Females ($P < .06$). In an additional analysis, Grade of stress of pigs according with Density and social rank within the pen was considerate. It was found that poor performance of pigs with greater Grade of stress was not related with increasings of concentrations of CORTISOL or blood metabolites. Performance of pigs of both stages was depressed in the same magnitude in response to increasing of group size and/or reduction of floor space. The detrimental effects of increasing of group size and/or reduction of floor space were independent in relation to sex. ADFI as well as ADG were diminished when Density increased, but this was not related to changes in serum concentrations of metabolites and cortisol. Thus, it can be concluded that differences found in animal performance were exclusively associated to differences in feed intake.

Key words: Stress, Floor space, Group size, Performance, Blood metabolites, Cortisol.

INDICE GENERAL

<i>Contenido</i>	<i>Página</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Factores asociados a la depresión del crecimiento en cerdos	2
1.3 Teorías para explicar el retraso en el crecimiento	5
1.4 Respuestas biológicas asociadas al estrés	8
1.5 Cortisol como índice de estrés	9
1.6 Efectos del cortisol sobre el metabolismo de nutrientes	10
1.7 Medición de respuestas indirectas del estrés	11
1.8 Estrategias para contrarrestar la depresión del crecimiento en los cerdos	12
1.9 Justificación	
2. HIPÓTESIS	14
3. OBJETIVOS	14
4. EXPERIMENTO 1	15
4.1 Materiales y métodos	15
4.2 Resultados	19
4.3 Discusión	23
4.4 Conclusión	31
5. EXPERIMENTO 2	32
5.1 Materiales y métodos	32
5.2 Resultados	39
5.3 Discusión	43
5.4 Conclusión	50
6. CONCLUSION GENERAL	51
7. LITERATURA CITADA	74

Lista de cuadros y figura

	<i>Página</i>
Cuadro 1. Formulación de las dietas utilizadas en los experimentos 1 y 2.	53
Cuadro 2. Efecto de la interacción Densidad × Etapa sobre el comportamiento productivo de los cerdos (Experimento 1).	54
Cuadro 3. Efecto de la Densidad y la Etapa sobre el comportamiento productivo de los cerdos (Experimento 1).	55
Cuadro 4. Efecto de la interacción Densidad × Etapa × Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol (Experimento 1).	56
Cuadro 5. Efecto de la Densidad, la Etapa y el Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol (Experimento 1).	57
Cuadro 6. Coeficientes de correlación de las concentraciones de metabolitos y cortisol y la ganancia de peso (Experimento 1).	58
Cuadro 7. Coeficientes de correlación de las concentraciones de metabolitos y cortisol (experimento 1).	59
Cuadro 8. Efecto de la interacción Densidad × Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento (Experimento 2).	60
Cuadro 9. Efecto de la Densidad y el Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento (Experimento 2).	61
Cuadro 10. Efecto de la interacción Densidad × Sexo × Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en crecimiento (Experimento 2).	62
Cuadro 11. Efecto de la Densidad, el Sexo y el Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en crecimiento (Experimento 2).	63
Cuadro 12. Efecto de la interacción Densidad × Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en finalización (Experimento 2).	64
Cuadro 13. Efecto de la Densidad y el Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en finalización (Experimento 2).	65

Continuación de lista de cuadros y figura

Cuadro 14. Efecto de la interacción Densidad × Sexo × Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en finalización (Experimento 2).	66
Cuadro 15. Efecto de la Densidad, el Sexo y el Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en finalización (Experimento 2).	67
Cuadro 16. Conducta alimenticia y asignación del Grado de estrés en cerdos en crecimiento y finalización (Experimento 2).	68
Cuadro 17. Efecto del Grado de estrés sobre la ganancia de peso (kg/d), metabolitos sanguíneos y cortisol en cerdos en crecimiento (experimento 2).	69
Cuadro 18. Efecto del Grado de estrés sobre la ganancia de peso (kg/d), metabolitos sanguíneos y cortisol en cerdos en crecimiento (experimento 2).	71
Figura 1. Diseño de los corrales.	73

1. INTRODUCCIÓN

México ocupa el lugar número 18 en la producción mundial de carne de cerdo, aportando el 1% del volumen producido y se constituye como el segundo productor latinoamericano. El valor de la producción de carne de cerdo es el segundo en importancia en el país; su participación en el valor conjunto de los cárnicos producidos en México se ha mantenido en un promedio del 26%. Del año 2000 al 2001, la oferta de carne por la planta porcícola nacional creció a una Tasa Media de Consumo Anual de 3.82% para ubicarse en este último año en 1,143,581 toneladas. La menor tasa de crecimiento de los inventarios con respecto a la producción se debe al incremento en la productividad en el ámbito nacional, como consecuencia a la mejora genética y esquemas de manejo y sanidad (SAGAR, 1998; SAGARPA, 2002). Sin embargo, a pesar de estas mejoras, es importante reconocer que, aún en países industrializados, existen factores limitantes de la producción de las empresas porcícolas. Por ejemplo, se ha reportado que con el uso de líneas modernas de mayor capacidad y velocidad de crecimiento y esquemas modernos de producción, los cerdos tienen la capacidad de alcanzar el peso al mercado en 140 días o menos, sin embargo, en cerdos criados en condiciones comerciales se observa una reducción en la producción que va de 20 a 30%, comparados con cerdos criados en granjas experimentales (Campbell and Taverner, 1985; Black and Carr, 1993), por lo que el promedio de edad en alcanzar el peso al mercado es de 180 días. Los factores que contribuyen a este retraso en el crecimiento no han sido totalmente definidos, pero los factores ambientales inductores de estrés son ampliamente reconocidos como contribuyentes en forma importante a este retraso (Hyun et al., 1998b). Se han reconocido diferentes factores que pueden provocar un estado de estrés en cerdos entre los que destacan de manera importante: orden social y competencia (Gonyou et al., 1992; Chapple, 1993; Gómez et al., 2000), reagrupamiento (McGlone y Curtis, 1985; Björk et al., 1988), espacio restringido de piso (Kornegay y Notter, 1984; Kornegay et al., 1993a, b; NRC-89, 1993), alta temperatura ambiental (Close et al., 1978; López et al., 1991; Nienaber et al., 1991; Xin y Deshazer, 1992), entre otros, los cuales reducen el consumo de alimento y la ganancia de peso. Si bien, se han evaluado los efectos de estos factores ambientales, sobre el comportamiento productivo de los cerdos, no se

ha(n) dilucidado el(los) mecanismo(s) asociados a la depresión del crecimiento. Esta información es necesaria para planear estrategias, especialmente de tipo nutricional, con el fin de contrarrestar o minimizar estos efectos. Como una primera fase, el presente trabajo se enfoca, específicamente, a evaluar el comportamiento productivo y los posibles cambios en las concentraciones de glucosa, glicerol y urea (los cuales son metabolitos asociados al metabolismo de energía y proteína en el organismo) y cortisol (el cual se reconoce como el indicador universal del estrés) en cerdos alojados en grupo y con espacio restringido.

1.1 Antecedentes

1.2 Factores asociados a la depresión del crecimiento en cerdos

Los cerdos que son alojados individualmente manifiestan un mejor comportamiento productivo que los cerdos que son alojados en grupo. En trabajos con cerdos jóvenes se ha observado que el consumo de alimento y ganancia de peso son mayores en lechones alimentados individualmente que en lechones alojados en grupos de dos hasta cuatro por corral (Spicer y Aherne, 1987; Chapple, 1993). En las fases de crecimiento y finalización también se ha reportado que los cerdos alojados individualmente consumen más alimento y ganan más peso que los cerdos alojados en grupos de cuatro hasta ocho cerdos (Oka et al., 1982; Patterson, 1985; de Haer y Vries, 1993; Gonyou et al., 1992; Chapple, 1993; de Haer y Vries, 1993; Gómez et al., 2000). Resultados similares a los anteriores se han encontrado en verracos alojados individualmente o en grupos de cinco a ocho (Tonn et al., 1985; Hacker et al., 1994). En todos los trabajos anteriores se aseguró que los cerdos alojados en grupo tuvieran espacio adecuado o excedente de acuerdo a los requerimientos de las diferentes etapas productivas.

En el trabajo de Gómez et al. (2000) se alojaron cerdas en crecimiento y finalización en grupos de una o cuatro, ofreciendo en ambos tratamientos un espacio de 1.5 m², un comedero y un bebedero por cerda, independientemente del número de cerdas por corral, con el fin de reducir la competencia por espacio, alimento y agua, y reducir de esta manera la competencia en las cerdas alojadas en grupo. A pesar de lo anterior, la productividad de las cerdas alojadas individualmente fue superior a la de las cerdas alojadas en grupo. Según

los autores la competencia y la conducta agresiva para mantener un orden o jerarquía social se relacionó a la menor productividad de los cerdos alojados en grupo. El establecimiento de un orden social se inicia desde el momento del nacimiento ya que los cerdos compiten agresivamente para seleccionar las mamás más productoras de leche y donde los cerdos dominantes (generalmente los más grandes) relegan a sus hermanos más débiles a las mamás menos productoras. Esta misma conducta se repite durante toda la vida productiva de los cerdos al competir por su espacio vital, por espacio de comedero y bebedero, y por las áreas de mayor confort en el corral.

Mormede (1990) sugiere que hay factores que desencadenan un estrés de tipo social como la mezcla de diferentes grupos sociales, exposición a un nuevo ambiente, y el aislamiento total. La formación de grupos de tamaño típico involucra el mezclar cerdos desconocidos entre ellos, de diferentes corrales, que conlleva generalmente a peleas vigorosas para establecer un orden de dominancia (McGlone, 1986). Stookey y Gonyou, (1994) observaron que después de combinar a animales de diferentes grupos sociales, las interacciones agresivas se incrementan por las primeras 72 horas ocurriendo posteriormente una estabilidad en el grupo. Jensen (1982) reconoció que las peleas en cerdos disminuyen después del establecimiento del orden social pero que las interacciones agresivas como son amenazas y conductas de sumisión de los cerdos de más bajo rango social son normales en un grupo estable, lo cual podría conducir a un estado de estrés de tipo crónico, como fue descrito por Stookey y Gonyou, (1994); aunque el nivel de agresión mostrado por los cerdos en ese estudio no estuvo relacionado con la producción en otros trabajos se ha reportado una relación significativa, en la que la producción se ha mermado con el incremento en las agresiones, aunque estas han sido de corta duración (McGlone y Curtis, 1985; McGlone et al, 1987).

Se sugiere que los factores inductores de estrés social crónico pueden ser la sobrepoblación y la reducción de espacio disponible por cerdo, aunque la naturaleza exacta de las respuestas producidas no están bien dilucidadas (Zayan, 1990). La mayoría de los autores encuentran que al incrementarse el tamaño de grupo (sobrepoblación) no se afecta el

Falta página

N°

4

El espacio recomendado para cerdos en crecimiento varía con las diferentes fuentes consultadas. El rango de espacio de piso recomendado para un adecuado desempeño varía desde .72 hasta 1.03 m² (Jensen, 1991), en cerdos alojados en piso de concreto. Para cerdos en finalización se recomienda un rango de 1.0 hasta 1.05 m² de piso de concreto por cerdo (Jensen, 1991; Randolph et al., 1981).

Edmonds et al. (1998) al alojar cerdos con espacio adecuado (.74 m²/cerdo) y con espacio inadecuado (.50 m²/cerdo) observaron que los cerdos con espacio inadecuado tuvieron menor ganancia de peso (15.4 %), menor consumo de alimento (9.5 %) y menor eficiencia alimenticia (6.8 %) al compararse con los cerdos con espacio adecuado. Por su parte, Randolph et al. (1981) encontraron que la reducción de espacio disponible de .66 a .33 m² redujo la tasa de ganancia de peso en un 7 % en cerdos en crecimiento. En el estudio de Ward et al. (1997) se alojaron cerdos en crecimiento y finalización con espacio adecuado e inadecuado. Los cerdos con espacio adecuado obtuvieron una ganancia de peso 7.2 % y un consumo de alimento 2.86 % mayores. Brumm y Miller (1996) utilizaron cerdos de 20.6 kg de peso en grupos de 10 ó 14 cerdos por corral proporcionándoles .78 ó .56 m² respectivamente. Los cerdos que se alojaron con espacio adecuado (.78 m²) ganaron más peso (4.79 % más) y consumieron más alimento (6.17 % más) que los cerdos con espacio restringido (.56 m²). Así mismo Hyun et al. (1998a) al disminuir el espacio disponible de los cerdos en crecimiento (.25 m²) observaron que consumieron 8 % menos alimento y ganaron 16 % menos peso que el grupo de cerdos con espacio adecuado (.50 m² por cerdo).

1.3 Teorías para explicar el retraso en el crecimiento

Reducción del consumo de alimento y mayor gasto de energía

Uno de los posibles mecanismos que pueden explicar la menor productividad de los cerdos alojados en grupo es la simple reducción del consumo de alimento (i.e., nutrientes, en especial aminoácidos y energía), y por consecuencia, del crecimiento. El efecto de la jerarquización puede interferir con el consumo individual de alimento de los cerdos alojados en grupo debido a que los cerdos de nivel social más alto, además de desplazar o evitar que los cerdos de menor rango visiten el comedero, usualmente tienen más visitas al

comedero, pasan más tiempo comiendo, y consumen más alimento que los de nivel social más bajo (Hsia y Woodgush, 1983; 1984; Young y Lawrence, 1994). En relación a los cerdos que se les provee menos espacio disponible que el adecuado, Kornegay et al. (1993a) sugiere que la posible razón por la que un cerdo tiene pobre desempeño productivo, es por disminución en el consumo de energía, asociado al menor consumo de alimento. La misma opinión se obtiene de Moser et al. (1985) y NCR-89 (1993).

En los cerdos alojados en grupo, el incremento en la actividad física debido a la competencia y el mantenimiento del orden social se han asociado con un incremento en la tasa metabólica, y un mayor gasto de energía para disipar el calor producido (Chapple, 1993; de Haer y Merks, 1992; de Haer y de Vries, 1993). Así mismo, se ha observado que los cerdos dominantes permanecen parados por largos períodos de tiempo cerca del comedero con el fin de evitar que otros cerdos se acerquen a consumir alimento, mientras que los cerdos sumisos realizan un gran número de visitas al comedero pero rápidamente son desplazados del mismo sin haber consumido alimento (Young y Lawrence, 1994). También se ha sugerido que el simple hecho de convivir en un grupo puede incrementar la tasa metabólica debido a que los cerdos tienen mayores dificultades para disipar calor lo que se traduce en mayor gasto de energía (Patterson, 1985).

Al disminuir el espacio disponible por corral en cerdos alojados en grupo, Randolph (1981) observó que los patrones de conductas agresivas tendieron a incrementarse y se aumentó otro tipo de actividades como el estar parados por más tiempo, competencia y otras actividades no relacionadas con la ingestión de alimento que pueden incrementar el gasto de energía y reducir el crecimiento.

Como se puede observar, según los autores mencionados, al alojar cerdos en grupo con espacio disponible por animal por debajo de los niveles recomendados tiende a aumentar las consecuencias del mantenimiento del orden social como la disminución en el consumo de alimento, el aumento en la tasa metabólica y mayor gasto de energía lo que se traduce en

un menor crecimiento comparado con los cerdos alojados en grupo con espacio adecuado y aún menor que los cerdos alojados en forma individual.

Estrés crónico. Chapple (1993) y Stookey y Gonyou (1994) sugieren que el estrés crónico debido a los enfrentamientos y conducta agresiva de los cerdos dominantes en el grupo provoca la secreción de cortisol, y en consecuencia, cambios conductuales, endócrinos y metabólicos, y estos últimos, cambios profundos en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas, lo que se traduce en una reducción en la síntesis y deposición de proteínas musculares. En el estudio de Stookey y Gonyou (1994) donde se evaluaron los efectos de la reagrupación sobre el comportamiento productivo se encontró que la reagrupación de cerdos durante un período de 24 horas fue suficiente para limitar la ganancia de peso por más de 2 semanas, lo que se asoció a un estado de estrés crónico con una elevada concentración de cortisol. Estos resultados son apoyados por otros estudios previos y subsecuentes (Patterson, 1985; Gómez et al., 2000)

Chapple (1993) sugirió que el estrés de ser criado en grupo reduce la capacidad del cerdo para depositar proteína y que ésta es la causa de la reducción del consumo de alimento y de la eficiencia alimenticia; el mismo autor hipotetizó que cuando el espacio disponible por cerdo es reducido, el estrés es mediado a través de factores bioquímicos (entre ellos el cortisol) que regulan el crecimiento de los tejidos, disminuyen los requerimientos de nutrientes y reducen el consumo voluntario de alimento. La misma conclusión puede ser obtenida del estudio de Edmonds et al. (1998). Esta teoría también es apoyada por otros autores como Stookey y Gonyou (1994), Brumm y Miller (1996), y Ward et al. (1997).

1.4 Respuestas biológicas asociadas al estrés.

Los animales responden a los cambios ambientales con una gran variedad de mecanismos interrelacionados: anatómicos, bioquímicos, inmunológicos y conductuales. Las respuestas de adaptación pueden ser clasificadas en tipo específico y no específico y subdivididas en adaptaciones relativamente rápidas y relativamente lentas. Las respuestas específicas son reacciones de sobresalto, escalofrío, orientación a un sonido repentino y contracción de la pupila con luz brillante. Las respuestas no específicas relativamente rápidas están relacionadas con la liberación de epinefrina y norepinefrina (estrés agudo): respuesta de luchar o huir, vasoconstricción periférica, incremento del ritmo cardiaco, aumento de la presión sanguínea y del ritmo respiratorio e incremento en las concentraciones de glucosa sanguínea. Las respuestas relativamente lentas se asocian con la producción de corticosteroides ocurriendo la estimulación del sistema hipotálamo-hipófisis anterior-corteza adrenal (estrés crónico); cuya secreción tiene profundos efectos sobre muchos de los sistemas corporales (metabólico, bioquímico, fisiológico e inmunológico) (Axelrod y Reisine, 1984; Ewbank, 1985; Dantzer, 1986).

Según Moberg (1987) la respuesta de los animales hacia un factor estresante se vale de tres componentes principales. El primero es el reconocimiento de la amenaza que ocurre a nivel de sistema nervioso central y que culmina en una organización de defensa biológica de tipo homeostático (eustress). El segundo es la respuesta al estrés que confiere cambios conductuales, anatómicos y neuroendócrinos que llevan al individuo a presentar cambios que afecten su economía corporal y es compensada por actividades biológicas que anteceden al estrés como la gluconeogénesis inducida por los glucocorticosteroides (overstress). Si los estímulos indirectos de estrés son prolongados, entonces se desarrollará el tercer componente que es un estado prepatológico en el que sobrevienen cambios hormonales y conductuales que preceden al estado patológico en el cual se altera la capacidad individual para mantener las funciones normales y se desarrolla alguna enfermedad o presentación de estereotipias (distress). Por lo que Moberg, (1993) propone que el estado prepatológico puede resultar en un buen indicador de estrés.

Desafortunadamente, la medición de las respuestas asociadas al estrés es uno de los aspectos más difíciles de evaluar. Algunos autores han propuesto que la medición de la concentración de cortisol es un aceptable indicador de estrés (Dantzer y Mormede, 1981; Dantzer y Mormede, 1983; Moss, 1981; Stott, 1981; Becker et al., 1985, McGlone et al., 1993).

1.5 Cortisol como índice de estrés.

Becker et al. (1985) al someter a cerdos a 3 diferentes factores inductores de estrés (confinamiento por una hora, estimulación eléctrica por 6 minutos, y alta temperatura durante 6 horas) durante 3 días consecutivos, encontraron que los animales que fueron confinados alcanzaron un pico de cortisol a la primer hora del inicio del tratamiento, retornando a los niveles previos al estrés a las 7 horas del inicio de éste; los que fueron estimulados eléctricamente mostraron un pico de concentración plasmática de cortisol a los 20 minutos, reestableciéndose el nivel basal a las 2 horas post-tratamiento; y los que fueron termo estresados, alcanzaron un pico de cortisol sanguíneo al término del tratamiento, volviendo a su nivel basal una hora después. Los autores observaron que las concentraciones de cortisol fueron más altas en los animales tratados que en los animales a los que no se aplicó ningún factor inductor de estrés, confirmando que el cambio en la concentración plasmática de cortisol es el indicador universal de estrés en cerdos. En los trabajos de Spencer (1980) y Spencer y Hallett (1981), cerdos jóvenes fueron expuestos a un estrés de manejo durante 5 minutos (los animales fueron sacados de su corral, subidos a una rampa y regresados a su corral), se observó un incremento en la concentración de cortisol, insulina y tiroxina durante los primeros 15 a 20 minutos, volviendo a sus valores normales a los 60 minutos después del estrés. McGlone et al. (1993) observaron que cerdos en crecimiento que fueron sometidos a estrés de transporte durante 4 horas, mostraron un incremento en la concentración de cortisol con respecto a los cerdos que no fueron transportados. Webel et al. (1997) mencionan que lechones expuestos a un estrés inmunológico (los animales fueron inyectados con un polisacárido capsular de E. Coli) mostraron un incremento en la concentración de cortisol con respecto a los animales control; estos animales alcanzaron un pico en la concentración plasmática de cortisol dentro

de las 4 horas siguientes a la inoculación del polisacárido, y retornaron a los niveles basales a las 12 horas post-inoculación. Los resultados anteriores donde se reporta los cambios de las concentraciones de cortisol sanguíneo después de la exposición de los cerdos a varios factores inductores de estrés, sustentan el uso del cortisol como un indicador válido de estrés en cerdos.

1.6 Efectos del cortisol sobre el metabolismo de nutrientes.

Los glucocorticoides tienen efecto sobre los carbohidratos disminuyendo la adquisición de glucosa por parte de los tejidos periféricos, e incrementando la gluconeogénesis en el hígado al estimular las enzimas carboxi-cinasa de fosfoenolpiruvato y glucosa-6 fosfatasa, las cuales intervienen en la ruta gluconeogénica. También tienen un efecto permisivo al incrementar la respuesta del hígado a las hormonas gluconeogénicas (glucagón y catecolaminas) e incrementan la liberación de sustratos (lactato, piruvato y aminoácidos glucogénicos) en tejidos periféricos, en particular del músculo. Este último efecto puede ser intensificado por la disminución en la captación de aminoácidos periféricos y la síntesis proteica inducida por estos. Los glucocorticoides también intensifican la síntesis hepática y el almacenamiento de glucógeno al estimular la actividad de la glucógeno sintetasa y en menor magnitud al inhibir la degradación de este polisacárido (Tyrrell y Forsham, 1988; Aron y Tyrrell, 1994).

Los glucocorticoides alteran también el metabolismo de lípidos; en el tejido adiposo el efecto predominante es una mayor lipólisis con liberación de glicerol y ácidos grasos libres (Tyrrell y Forsham, 1988). La gluconeogénesis inducida favorece el catabolismo de las grasas, así como un cambio en la dirección de la utilización de las reservas lipídicas; esta movilización de grasa causa un nivel aumentado de los ácidos grasos circulantes favoreciendo de esta manera su uso para la conversión energética a la economía en general y el uso de unos cuantos de ellos para la producción de glucógeno hepático (McDonald, 1988).

Los efectos catabólicos de las hormonas glucocorticoides, sobre el músculo esquelético también han sido bien documentados. En los trabajos de Wool and Weinschelbaum (1960), Young (1970) y Hanoune et al. (1972) se observó un decremento en la tasa de síntesis de proteína después de la administración de glucocorticoides en ratas. Además Tomas et al. (1979; 1984) observaron, en ratas adrenalectomizadas, que el crecimiento se redujo cuando se aplicaron dosis de corticosterona característicos de los estados de estrés. McGlone et al. (1993) encontraron que cerdos que fueron sometidos a un estrés de transporte durante 4 horas mostraron un incremento en los niveles de cortisol plasmático, y perdieron 5.1 % de su peso corporal, comparados con los cerdos no transportados. El cambio en el peso corporal y el cortisol plasmático durante el transporte estuvo negativamente correlacionado, indicando que los cerdos que tuvieron mayor concentración plasmática de cortisol perdieron más peso. Esta reducción del crecimiento se asoció con una tasa incrementada de degradación de proteína muscular. Weibel et al. (1997) observaron un incremento en los niveles nitrógeno ureico en plasma de cerdos desafiados inmunológicamente después de que se presentó un aumento en la concentración plasmática de cortisol, sugiriendo que la elevación de cortisol tuvo un efecto en la proteólisis de estos animales dando por resultado la elevación del nitrógeno ureico en plasma.

1.7 Medición de respuestas indirectas del estrés.

Las observaciones anteriores subrayan la influencia del cortisol en el metabolismo intermediario de carbohidratos, lípidos y proteínas. En base a lo anterior en varios trabajos se ha evaluado el efecto de estrés sobre los cambios en la concentración de glucosa, ácidos grasos libres y nitrógeno ureico en sangre por que estos metabolitos se relacionan directamente con el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Spencer (1980) y Spencer y Hallett (1981) mencionan que en cerdos jóvenes que fueron expuestos a un estrés que simuló el embarque, los niveles plasmáticos de glucosa alcanzaron un nivel máximo a los 10 minutos, y regresaron a niveles basales a los 30 minutos. Los ácidos grasos libres en plasma disminuyeron en los primeros 30 minutos y después se incrementaron a un nivel máximo a las 3 horas. Weibel et al. (1997) encontraron que la concentración de nitrógeno ureico en plasma de lechones expuestos a un estrés inmunológico se elevó entre 8 y 12

horas post-tratamiento. Funderburke y Seerley (1990) mencionan que lechones destetados al día 14 de vida a los cuales se les empezó a ofrecer dieta sólida (estrés nutricional) perdieron peso, sufrieron hipoglucemia y presentaron concentraciones altas de ácidos grasos libres y cortisol dentro de las 132 horas posdestete comparado con lechones que no fueron destetados. Es necesario hacer notar que en los estudios publicados sobre este tema, las respuestas biológicas medidas fueron obtenidas en animales sometidos a estrés agudo, pero que en condiciones normales los cerdos están expuestos a fuentes de estrés durante toda su vida productiva, lo que los conlleva a sufrir estrés crónico.

1.8 Estrategias para contrarrestar la depresión del crecimiento en cerdos

En años recientes se ha observado un interés creciente por conocer la naturaleza de las respuestas al estrés, y en buscar alternativas, especialmente de tipo nutricional, que conduzcan a contrarrestar los efectos del estrés crónico. La fuente de estrés donde se han enfocado los mayores esfuerzos es en la reducción de espacio disponible por animal. La estrategia que se ha usado para compensar la reducción del consumo de alimento en estos cerdos alojados con espacio reducido ha sido el incremento de la densidad de nutrimentos de la dieta. Sin embargo, en diferentes trabajos realizados no se ha encontrado ninguna ventaja con el incremento de nutrientes en la dieta como son proteína, aminoácidos y/o energía (NCR-42, 1993; Hahn et al., 1995; Brumm y Miller, 1996; Edmonds et al., 1998). Es de resaltar que en ninguno de los trabajos mencionados se evaluaron respuestas metabólicas y/o endócrinas que se pudieran relacionar con la depresión del crecimiento de los cerdos, lo cual es necesario para definir estrategias de alimentación que vayan acorde a las necesidades (i.e., cambio en el uso de nutrientes) de estos animales.

1.9 JUSTIFICACIÓN

Los cerdos criados en granjas comerciales se enfrentan a diferentes factores inductores de estrés, en forma independiente o simultánea durante toda su vida productiva, ie., sufren estrés en forma crónica, sin embargo, no se han caracterizado estas respuestas biológicas y su patrón a través del tiempo. Desde el punto de vista nutricional, es importante definir con exactitud si existen cambios en la utilización de nutrimentos a nivel metabólico para decidir y evaluar estrategias alimenticias apropiadas. Si los cerdos que sufren estrés crónico presentan un incremento en la secreción de cortisol, y este a su vez, induce cambios en la utilización de proteína y energía, la eficiencia en el uso de estos nutrimentos se puede alterar. La alteración en el uso de nutrimentos puede ser más severa en cerdos en etapa de crecimiento o en hembras en etapa de finalización; esto se debe a que en la etapa de crecimiento la tasa de deposición de proteína y la tasa de incremento en el consumo de alimento es mayor que en la etapa de finalización, y de la misma manera, el potencial de deposición de proteína es mayor en las hembras que en los machos castrados en etapa de finalización. De la misma manera existe una variación en cuanto a la capacidad de consumo de alimento inherente al sexo, en diversos estudios se ha demostrado que los machos castrados consumen más alimento que las hembras, esto en conjunto con una situación de estrés, es decir, la alteración en el uso de nutrimentos, puede producir distintos niveles de severidad en cada sexo. Por otro lado en la explotación del cerdo es común alojarlos en confinamiento intensivo. El hacinamiento, la falta de espacio y la competencia individual por recursos limitados contribuyen a crear una situación de estrés. Las condiciones en un grupo grande de cerdos aunado a una pobre disponibilidad de espacio por cerdo incrementan las interacciones individuales en un ambiente del que los cerdos sumisos o subordinados no pueden escapar, esto conlleva a un pobre desempeño de estos animales. Por lo tanto, en el presente estudio se seleccionó como fuente de estrés el incremento en el tamaño de grupo y la reducción de espacio disponible de piso por cerdo ya que se ha documentado que estos dos factores deprimen el crecimiento de los cerdos y son los más comunes en granjas comerciales.

2. HIPOTESIS

Los cerdos que son alojados en grupo y con espacio restringido de piso muestran parámetros productivos inferiores, así como mayores concentraciones séricas de glucosa, urea, glicerol y cortisol, que los cerdos alojados individualmente.

3. OBJETIVOS

EXPERIMENTO 1.

1) Evaluar si la depresión del crecimiento por efecto del tamaño de grupo y/o reducción del espacio disponible de piso se relaciona con cambios en la concentración sérica de glucosa, urea y cortisol en cerdos en las etapas de crecimiento y finalización.

2) Evaluar si existe una relación en el tiempo entre la ganancia de peso y la concentración sérica de metabolitos sanguíneos (glucosa y urea) y cortisol en cerdos alojados con diferente tamaño de grupo y/o reducción del espacio disponible de piso en las etapas de crecimiento y finalización.

EXPERIMENTO 2.

1) Evaluar si la depresión del crecimiento por efecto de una reducción del espacio disponible de piso tamaño de grupo y/o incremento del tamaño de grupo se relaciona con cambios en la concentración sérica de glucosa, glicerol, urea y cortisol en cerdos de diferente sexo en las etapas de crecimiento y finalización.

2) Evaluar el efecto del grado de estrés sobre la ganancia de peso y la concentración de metabolitos sanguíneos y cortisol en cerdos de diferente sexo en las etapas de crecimiento y finalización.

4. EXPERIMENTO 1

4.2 Materiales y métodos

Se utilizaron 138 cerdos en Crecimiento (69 hembras y 69 machos castrados) con un peso inicial de 27.69 ± 1.087 kg; y 60 cerdos en Finalización (30 hembras y 30 machos castrados) con un peso inicial de $66.47 \pm .803$ kg, en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3×2 . Los factores de estudio fueron Densidad (Densidad 1, un cerdo alojado individualmente con 2.5 m^2 disponibles de piso; Densidad 2, 6 cerdos en Crecimiento o 4 en Finalización alojados en grupo con 5.64 m^2 disponibles de piso; Densidad 3, 12 cerdos en Crecimiento u 8 en Finalización alojados en grupo con 5.64 m^2 disponibles de piso) y Etapa (Etapas de desarrollo: Crecimiento y Finalización); con igual número de Hembras y Machos castrados dentro de cada tratamiento. Los cerdos tuvieron libre acceso al agua y al alimento. En el Cuadro 1 se muestran las dietas que consumieron los cerdos en el experimento. El experimento duró 6 semanas y el criterio de bloqueo fue la fecha de entrada de los animales al experimento. En ambas etapas se contó con 3 bloques completos en donde se tuvieron de una a tres repeticiones por tratamiento, dependiendo de la disponibilidad de corrales.

En las dos etapas, los cerdos de la Densidad 1 fueron alojados en corraletas con piso de cemento cuyas medidas son de $1.06 \times 2.6 \text{ m}$ ($2.75 \text{ m}^2 - .25 \text{ m}^2$ de área de comedero = 2.5 m^2 de área utilizable), y los cerdos de las Densidades 2 y 3 fueron alojados en corraletas con piso de cemento cuyas medidas fueron de $2.96 \times 2.22 \text{ m}$ ($6.57 \text{ m}^2 - .93 \text{ m}^2$ de área de comedero = 5.64 m^2 de área utilizable) con comedero tipo canoa y bebedero de chupón (Figura 1). El espacio disponible de piso por cerdo en las Densidades 2 y 3 fue como sigue:

Cerdos en crecimiento: Densidad 2 = $.94 \text{ m}^2$; Densidad 3 = $.47 \text{ m}^2$.

Cerdos en finalización: Densidad 2 = 1.41 m^2 ; Densidad 3 = $.71 \text{ m}^2$.

El rango de espacio de piso recomendado para un adecuado comportamiento productivo en cerdos en crecimiento varía desde $.72$ hasta 1.03 m^2 (Kornegay y Notter, 1984; Jensen, 1991), en cerdos alojados en piso de concreto. Para cerdos en finalización se recomienda un

rango de 1.0 hasta 1.05 m² de piso de concreto por cerdo (Kornegay y Notter, 1984; Jensen, 1991). Tomando en cuenta estas recomendaciones, los cerdos en crecimiento y finalización en la Densidad 2 tuvieron espacio adecuado de piso; mientras que en la Densidad, 3 el espacio disponible se encontraba por debajo del rango óptimo.

Variables de respuesta evaluadas

Comportamiento productivo.

Ganancia diaria de peso (GDP), los cerdos fueron pesados individualmente al inicio y al cumplirse 2, 4 y 6 semanas del experimento. La GDP se analizó en promedio por corral en los períodos 1-2, 3-4, y 5-6 semanas del experimento; la GDP de cada período se estimó del peso vivo obtenido al final de cada período menos el peso vivo al inicio del período dividido entre el número de días en el período. En el análisis de correlación descrito adelante se tomó la ganancia individual de los cerdos en cada período.

Consumo diario de alimento (CDA), el alimento ofrecido fue pesado diariamente así como también el alimento sobrante al día siguiente, de manera que el CDA se estimó por corral como la diferencia entre el alimento servido menos el alimento faltante en el comedero al siguiente día. El CDA se analizó por períodos como se explicó para la GDP.

La eficiencia alimenticia (EA) se determinó por corral dividiendo la GDP sobre el CDA, dentro de cada período analizado.

Metabolitos sanguíneos y cortisol.

De cada cerdo, se tomaron muestras de sangre de la vena cava anterior por venopunción. Se colectaron aproximadamente 10 ml de sangre por muestreo en tubos de vidrio de 12 ml de capacidad, los cuales no contenían anticoagulante. Después del muestreo, las muestras fueron centrifugadas a 1800 x g durante 15 min y el suero fue separado y almacenado a -20 °C hasta que fue analizado para determinar las concentraciones de glucosa (SERA-PACK glucosa, 6676 Bayer), urea (SERA-PACK urea, 6374 Bayer) y cortisol (COAT-A-COUNT cortisol, DPC). Los Tiempos de muestreo fueron: Tiempo 0, inicio del experimento; Tiempos 1, 3 y 5, final de las semanas 1, 3 y 5, respectivamente.

Análisis Estadísticos.

Para el análisis de resultados, el corral se consideró como unidad experimental, usándose los procedimientos de los Modelos Lineales Generales del paquete estadístico SAS (1989).

Para analizar las variables del comportamiento productivo se usó un modelo de bloques completos al azar en arreglo factorial, dado por la Densidad y la Etapa y la interacción entre ellos (Steel y Torrie, 1980). El modelo estadístico al cual se le atribuyó el total de la variación correspondió a:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}.$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación en el i-ésimo Bloque de la j-ésima Densidad y de la k-ésima Etapa; respuesta aleatoria asociada a:

μ = Media poblacional.

ρ_i = Efecto del i-ésimo Bloque.

α_j = Efecto de la j-ésima Densidad.

β_k = Efecto de la k-ésima Etapa.

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Interacción de la j-ésima Densidad y de la k-ésima Etapa.

ϵ_{ijk} = Error del i-ésimo Bloque en la j-ésima Densidad y en la k-ésima Etapa.

Los metabolitos sanguíneos y cortisol fueron analizados usando un modelo de parcelas divididas con 3 factores: Densidad, Etapa y Tiempo de muestreo. La parcela mayor fue el corral, quedando definido por la Densidad, la Etapa y la interacción entre estos 2 factores; el término del error de ésta parcela lo comprendió la interacción Densidad y Etapa dentro del bloque. La parcela menor fue el Tiempo de muestreo y su interacción con los componentes de la parcela mayor.

El modelo estadístico al cual se le atribuyó el total de la variación correspondió a:

$$Y_{ijkm} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \delta_{ijk} + \gamma_m + (\alpha\gamma)_{jm} + (\beta\gamma)_{km} + (\alpha\beta\gamma)_{jkm} + \epsilon_{ijkm}.$$

Donde:

Y_{ijkm} = Observación en el i-ésimo bloque de la j-ésima Densidad, de la k-ésima Etapa y del m-ésimo Tiempo; respuesta aleatoria asociada a:

μ = Media poblacional.

ρ_i = Efecto del i-ésimo Bloque.

α_j = Efecto de la j-ésima Densidad.

β_k = Efecto de la k-ésima Etapa.

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Interacción de la j-ésima Densidad y de la k-ésima Etapa.

δ_{ijk} = Error de la parcela mayor.

γ_m = Efecto del m-ésimo Tiempo.

$(\alpha\gamma)_{jm}$ = Interacción de la j-ésima Densidad y del m-ésimo Tiempo.

$(\beta\gamma)_{km}$ = Interacción de la k-ésima Etapa y del m-ésimo Tiempo.

$(\alpha\beta\gamma)_{jkm}$ = Interacción de la j-ésima Densidad, de la k-ésima Etapa y del m-ésimo Tiempo.

ϵ_{ijkm} = Error de la parcela menor.

En las variables de respuesta obtenidas en forma individual, ganancia de peso, concentración de glucosa, urea y cortisol, se realizó un análisis de correlación de Pearson, para conocer la relación de estas respuestas a través del tiempo.

4.2 Resultados

Comportamiento productivo.

Los resultados del comportamiento productivo se presentan en los Cuadros 2 y 3. En el Cuadro 2 se observa que no hubo diferencias estadísticas por efecto de la interacción Densidad × Etapa en ninguna de las variables de respuesta evaluadas. A continuación se describen los resultados de los efectos mayores.

Efecto de la Densidad. Se encontró que el CDA fue mayor ($P < .01$) en los cerdos de la Densidad 1 (Cuadro 3), alojados individualmente, en comparación con los cerdos en grupo de las Densidades 2 y 3, en las semanas 1-2, 3-4 y 5-6, y en el promedio de todo el experimento (semanas 1-6). Los cerdos de la Densidad 3 mostraron mayor ($P < .01$) CDA que los cerdos de la Densidad 2 en las semanas 1-2 y 5-6, y en el promedio de todo el experimento. La GDP fue mayor ($P < .01$) en los cerdos de la Densidad 1 en relación a los cerdos de las Densidades 2 y 3, en la semana 3-4 y en el promedio de todo el experimento. La GDP fue similar durante todo el experimento en los cerdos de las Densidades 2 y 3. La EA fue menor en los cerdos de la Densidad 1 en las semanas 1-2 ($P < .05$) que en los cerdos de las Densidades 2 y 3. En la semana 3-4, la EA fue mayor ($P < .05$) en los cerdos de las Densidades 1 y 2 en relación a los cerdos de la Densidad 3. Al final del experimento, la EA fue mayor ($P < .01$) en los cerdos de la Densidad 2 que en los cerdos de las Densidades 1 y 3; entre estas dos últimas, la EA fue similar.

Efecto de la Etapa. El CDA fue mayor ($P < .01$) en los cerdos en finalización en comparación con los cerdos en crecimiento en las semanas 1-2, 3-4 y 5-6, y a través de todo el experimento (Cuadro 3). La GDP fue mayor ($P < .01$) en los cerdos en finalización que en los cerdos en crecimiento en la semana 3-4, y en el promedio del experimento. La EA fue mayor en los cerdos en crecimiento que en los cerdos en finalización en las semanas 1-2 ($P < .01$), 3-4 ($P < .10$), y 5-6 ($P < .05$), y en el promedio del experimento ($P < .01$).

Metabolitos sanguíneos y cortisol

Los resultados de los promedios de las concentraciones de metabolitos sanguíneos y cortisol se presentan en los cuadros 4 y 5. Se observa en el cuadro 4 que no hubo diferencias estadísticas por efecto de la interacción Densidad × Etapa × Tiempo en ninguna de las variables de respuesta evaluadas. Tampoco se encontraron diferencias al analizar las interacciones Densidad × Etapa, Densidad × Tiempo, Etapa × Tiempo, por lo que a continuación se presentan solo los resultados de los efectos mayores.

Efecto de la Densidad. En el Cuadro 5 se observa que la Densidad afectó significativamente ($P < .05$) la concentración de cortisol; los cerdos de la Densidad 2 mostraron menor concentración de cortisol en comparación con los cerdos de las Densidades 1 y 3; entre estos dos tratamientos la concentración de cortisol fue similar.

Efecto de la Etapa. Los cerdos en la etapa de crecimiento tuvieron mayor concentración de glucosa ($P < .05$) en todo el experimento.

Efecto del Tiempo. El Tiempo afectó la concentración de glucosa en forma lineal ($P < .01$), observándose una disminución en las concentraciones de glucosa a través del experimento. El Tiempo afectó en forma cuadrática la concentración de urea ($P < .01$), presentándose una elevación del Tiempo 0 a las semanas 1, manteniéndose estable hasta la semana 3, y posteriormente se presentó una caída en la semana 5. La concentración de cortisol también fue afectada en forma cuadrática por el Tiempo ($P < .01$), ya que hubo una caída inicial en su concentración del Tiempo 0 a la semana 1, después la concentración se mantuvo en el Tiempo 3, y finalmente se presentó una segunda caída en el Tiempo 5.

Análisis de correlación.

Los coeficientes de correlación de los datos individuales de las concentraciones de glucosa, urea y cortisol con la ganancia diaria de peso a través de diferentes períodos del experimento se muestran en el cuadro 6.

Semanas 1-2. La GDP tuvo una relación negativa ($r = -.19$; $P < .01$) con las concentraciones de glucosa del Tiempo 0, una relación positiva con las concentraciones de urea de los Tiempos 1 ($r = .29$; $P < .01$) y 3 ($r = .18$; $P < .01$) y una relación positiva con las concentraciones de cortisol en el Tiempo 0 ($r = .15$; $P < .05$), Tiempo 1 ($r = .16$; $P < .05$) y Tiempo 3 ($r = .23$; $P < .01$).

Semanas 3-4. La GDP tuvo una relación negativa con las concentraciones de urea al Tiempo 3 ($r = -.14$; $P < .05$) y positiva al Tiempo 5 ($r = .21$; $P < .01$).

Semanas 5-6. La GDP tuvo una relación positiva con las concentraciones de glucosa al Tiempo 0 ($r = .25$; $P < .01$) y negativa al Tiempo 1 ($r = -.24$; $P < .01$); tuvo una relación negativa con las concentraciones de urea de los Tiempos 1 ($r = -.37$; $P < .01$) y 3 ($r = -.42$; $P < .01$); y tuvo una relación negativa con las concentraciones de cortisol del Tiempo 1 ($r = -.19$; $P < .01$).

Semanas 1-6. La GDP tuvo una relación positiva con la concentración de urea al Tiempo 3 ($r = -.26$; $P < .01$) y negativa al Tiempo 5 ($r = .17$; $P < .03$).

Los coeficientes de correlación de los datos individuales de las concentraciones de glucosa y urea con las concentraciones de cortisol a través de los diferentes Tiempos de muestreo se presentan en el cuadro 7.

Glucosa. Al Tiempo 1 la concentración de glucosa tuvo relación positiva con la concentración de cortisol al Tiempo 1 ($r = .25$; $P < .01$). Al Tiempo 3 la concentración de glucosa mostró una relación positiva con las concentraciones de cortisol al Tiempo 1 ($r = .26$; $P < .01$) y 3 ($r = .16$; $P < .05$). Al Tiempo 5, la concentración de glucosa tuvo una relación negativa ($r = -.20$; $P < .01$) con la concentración de cortisol al Tiempo 1.

Urea. Al Tiempo 1 la concentración de urea tuvo una relación positiva con las concentraciones de cortisol al Tiempo 0 ($r = .22$; $P < .01$), 1 ($r = .22$; $P < .01$) y 3 ($r = .22$; $P < .01$). Al Tiempo 3, la concentración de urea tuvo una relación positiva con las concentraciones de cortisol al Tiempo 0 ($r = .24$; $P < .01$), 1 ($r = .15$; $P < .05$), 3 ($r = .15$; $P < .05$). Al Tiempo 5, la concentración de urea mostró una correlación negativa ($r = -.25$; $P < .01$) con la concentración de cortisol al tiempo 0.

4.3 Discusión

Comportamiento productivo.

Los cerdos alojados en forma individual mostraron mayor consumo de alimento y mayor ganancia de peso que los cerdos alojados en grupo con espacio adecuado o restringido (Cuadro 3). Estos resultados confirman los hallazgos previos de otros estudios donde se comparó la productividad de cerdos alojados en forma individual y cerdos alojados en grupo donde se aseguró que éstos últimos tuvieran espacio adecuado o excedente de acuerdo a los requerimientos en las etapas de crecimiento y finalización (Oka et al., 1982; Patterson, 1985; de Haer y Merks, 1992; Gonyou et al., 1992; Chapple, 1993; de Haer y de Vries, 1993; Gómez et al., 2000). Uno de los posibles mecanismos que pueden explicar la menor productividad de los cerdos alojados en grupo es la simple reducción del consumo de alimento (i.e., nutrientes, en especial aminoácidos y energía), y por consecuencia, del crecimiento, debido a que los animales de nivel social más alto, además de desplazar o evitar que los cerdos de menor rango visiten el comedero, usualmente tienen más visitas al comedero, pasan más tiempo comiendo, y consumen más alimento que los de nivel social más bajo (Kornegay et al., 1993a; Moser et al., 1985; NCR-89, 1993); de la misma manera, es posible que el incremento en la actividad física debido a la competencia y el mantenimiento del orden social se haya asociado con un incremento en la tasa metabólica, y un mayor gasto de energía para disipar el calor producido (Chapple, 1993; de Haer y Merks, 1992; de Haer y de Vries, 1993). Por otro lado, también se sugiere que el estrés crónico debido a los enfrentamientos y conducta agresiva de los cerdos dominantes en el grupo provoca la secreción de cortisol, y en consecuencia, cambios conductuales, endócrinos y metabólicos, y estos últimos, cambios profundos en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas, lo que se traduce en una reducción en la síntesis y deposición de proteínas musculares (Chapple, 1993; Stookey y Gonyou, 1994; Brumm y Miller, 1996).

Los cerdos en grupo con espacio adecuado mostraron menor consumo de alimento, pero la misma ganancia de peso que los cerdos en grupo con espacio restringido, mientras que en varios estudios donde se aumentó el tamaño de grupo o se redujo el espacio por cerdo

(Lindvall, 1981; Kornegay y Notter, 1984; NCR-89, 1993; Edmonds et al., 1998 y Ward et al., 1997), se ha observado que estas dos condiciones disminuyen el consumo de alimento de cerdos de distintas etapas productivas. Sin embargo, en otros trabajos se han encontrado resultados diferentes. Por ejemplo, en el trabajo de Brumm y Miller (1996) no se encontró diferencia en el consumo de alimento al alojar cerdos en grupos de 12 animales por corral y el espacio de piso se redujo de 1.02 hasta .65 m² por corral. Petherick et al. (1989) encontraron que al aumentar el tamaño de grupo por corral de 6 hasta 36 cerdos, provistos con el mismo espacio de piso por cerdo, no mostraron diferencias en el consumo de alimento. De la misma manera, en otros trabajos (Randolph et a., 1981; Patherick et al., 1989; Gonyou et al., 1992; Nielsen y Lawrence, 1993; Nielsen et al., 1995) no se han observado diferencias en consumo de alimento o ganancia de peso al comparar grupos de cerdos desde 5 hasta 30 por corral.

En ninguno de los estudios mencionados arriba se ha señalado un mayor consumo de alimento en cerdos alojados en grupos de mayor tamaño o con espacio restringido que cerdos en grupos más pequeños o con espacio adecuado como fue encontrado en este trabajo. Una posible explicación de lo anterior es que durante el presente experimento se observó que los cerdos de la Densidad 3 mostraron un mayor desperdicio de alimento. El mayor desperdicio de alimento en este tratamiento se debió a que por el tipo de comedero usado, varios cerdos podían consumir alimento al mismo tiempo (de 4 a 5), lo cual provocó mayor competencia a nivel del comedero y que una parte del alimento servido cayera al piso donde rápidamente se mezclaba con las excretas de los cerdos, y este alimento una vez mezclado era rechazado por los cerdos, de manera que el alimento desperdiciado se contabilizó como alimento consumido.

Metabolitos sanguíneos y cortisol.

En el presente estudio, se encontró una mayor eficiencia alimenticia en los cerdos en grupo alojados con espacio adecuado en comparación con cerdos alojados individualmente y con los cerdos en grupo con espacio restringido, lo cual probablemente esté relacionado a las concentraciones de cortisol observadas en los mismos tratamientos, siendo menores en los

cerdos en grupo con espacio adecuado que en los otros dos tratamientos. La menor eficiencia alimenticia observada en los cerdos en grupo con espacio restringido también se ha observado en otros estudios (Edmonds et al., 1998; Brumm y Miller, 1996; Hyun et al., 1998a, 1998b). En este trabajo, la menor eficiencia de los cerdos con espacio restringido probablemente se debió a que por intermediación del cortisol, algunos nutrientes que de otra manera pudieran utilizarse para el crecimiento se desviaron para suplir otras funciones (Moberg, 2000), sin que este cambio afectara la concentración de metabolitos sanguíneos como se discute más adelante.

La menor eficiencia alimenticia y la mayor concentración de cortisol en los cerdos alojados individualmente en relación a los cerdos en grupo con espacio adecuado, son resultados inesperados. En primer lugar porque en trabajos previos no se han encontrado diferencias en la eficiencia entre cerdos alojados individualmente o en grupo (Oka et al., 1982; Patterson, 1985; de Haer y Merks, 1992; Gonyou et al., 1992; Chapple, 1993; de Haer y de Vries, 1993; Gómez et al., 2000); en segundo lugar, porque esto se contrapone a la hipótesis planteada en el sentido de que los cerdos en grupo probablemente estarían expuestos a un mayor grado de estrés, y por lo tanto se esperaba que mostraran mayores concentraciones de cortisol, como fue sugerido por varios autores (Chapple, 1993; Ladewig, 2000; Moberg, 2000). Sin embargo, se ha demostrado que también al encerrar a los cerdos en un cajón durante una hora provoca incrementos en las concentraciones de cortisol (Becker et al., 1985), así como el aislamiento de los cerdos de sus congéneres durante una hora (Schrader et al., 1999).

Otra posible explicación a la mayor concentración de cortisol en los cerdos alojados individualmente es que en los trabajos mencionados previamente (Oka et al., 1982; Patterson, 1985; de Haer y Merks, 1992; Gonyou et al., 1992; Chapple, 1993; de Haer y de Vries, 1993; Gómez et al., 2000) los cerdos se mantuvieron en edificios cerrados en donde se controló la temperatura dentro de rangos muy estrechos, mientras que el presente experimento se realizó en un edificio parcialmente aislado del medio ambiente con cortinas de plástico, y como consecuencia, durante el transcurso del experimento se observaron

temperaturas por debajo de la zona de confort a nivel de los corrales donde se alojaron los cerdos. Cuando los cerdos son alojados en grupo, se reduce la superficie corporal expuesta al frío, por lo tanto, es posible mantener la temperatura corporal constante sin recurrir a un incremento del metabolismo basal; mientras que en los cerdos alojados individualmente, es probable que al estar expuestos totalmente al medio ambiente, tuvieran que recurrir a incrementos del metabolismo basal para mantener su temperatura en el frío. Cuando los cerdos son expuestos al frío se ha observado una mayor concentración de cortisol (Bate et al., 1985; Hicks et al., 1998). Por lo tanto, en el presente estudio, la combinación del aislamiento y de las bajas temperaturas ambientales pudo haber provocado la mayor concentración de cortisol en los cerdos alojados individualmente.

Las concentraciones de cortisol observadas en este trabajo se encuentran dentro de los rangos fisiológicos observados en otros estudios (Becker et al., 1985; McGlone et al., 1993; Stull et al., 1999). Las concentraciones de cortisol mostraron un patrón de tipo cuadrático a través del tiempo, pero si se consideran solamente las concentraciones iniciales y finales, estas presentan una tendencia a disminuir. En el estudio de Ruis et al (1997) donde se evaluaron las concentraciones de cortisol en cerdos entre 12 y 24 semanas de edad (rango que coincide con los cerdos usados en el presente estudio) se observó una disminución en el cortisol sanguíneo con respecto a la edad, lo que coincide con la tendencia encontrada en este trabajo, pero no coincide con los resultados de Stull et al. (1999) donde se observó un ligero incremento en las concentraciones de cortisol en cerdos desde el destete hasta que alcanzaron el peso de mercado. Las diferencias entre estos hallazgos probablemente se deban a que en el último estudio los cerdos se muestrearon dentro de un rango mayor de tiempo de su vida productiva, entre 4 y 24 semanas. En el mismo estudio de Stull et al. (1999) no se observaron diferencias entre los mismos cerdos muestreados en la fase de crecimiento y finalización, lo cual también coincide con la falta de diferencias entre cerdos en crecimiento y finalización del presente trabajo.

Sin embargo, es importante puntualizar que las correlaciones positivas observadas entre las concentraciones de cortisol y la ganancia de peso en las primeras semanas coinciden con las

resultados de Stull et al. (1999), en donde las concentraciones de cortisol tendieron a incrementarse con respecto a la edad de los cerdos. Esta discrepancia en los resultados, es decir, una relación positiva entre las concentraciones de cortisol y la ganancia de peso de los cerdos durante las primeras semanas, pero con concentraciones de cortisol con una tendencia a disminuir a través del tiempo, no se puede explicar; pero debido a que todas las correlaciones obtenidas son bajas, estos resultados se deben tomar con reservas.

La mayor concentración de glucosa sanguínea en cerdos en crecimiento, y la reducción en las concentraciones de glucosa conforme los cerdos van creciendo coinciden con los resultados de Gómez et al. (2000, 2002a, b), sin embargo, las concentraciones de glucosa encontradas en este experimento son más bajas que las reportadas por los autores mencionados. Las concentraciones séricas de glucosa fueron similares entre las diferentes densidades, lo cual también coincide con el reporte de Gómez et al. (2000) donde se compararon cerdos alojados en forma individual y cerdos en grupos de cuatro por corral provistos con espacio adecuado, y con los resultados de Ward et al. (1997) al comparar grupos de cerdos alojados con espacio adecuado o restringido. Aunque los hallazgos anteriores no coinciden con los de Kornegay et al. (1993b) en donde se encontró mayores concentraciones de glucosa en lechones mantenidos con espacio adecuado comparados con aquellos con espacio restringido. Los autores explicaron que esta diferencia se debió, probablemente, al mayor consumo de alimento mostrado por los cerdos con espacio adecuado (Kornegay et al., 1993b). En cuanto a las correlaciones entre glucosa al inicio y primera semana del experimento y la ganancia de peso individual al final del experimento no se tiene una explicación de su significado biológico, pero en vista de que estas correlaciones son bajas, probablemente no tengan mucha importancia práctica.

El incremento en las concentraciones de urea sanguínea a través del tiempo ha sido reportado previamente (Chen et al., 1999a, b; Gómez et al., 2002a, b), lo cual obedece a que conforme los cerdos van creciendo, sus necesidades de aminoácidos disminuyen; sin embargo, el consumo de alimento sigue en aumento, lo que provoca una mayor degradación de los aminoácidos excedentes, y por lo tanto, una mayor concentración de

urea en sangre a través del tiempo. Esta misma explicación es válida en el caso de las correlaciones positivas entre las concentraciones de urea y la ganancia de peso individuales obtenidas en diferentes semanas del experimento. Sin embargo, no es claro el porque en algunas semanas algunas correlaciones entre ganancia de peso y concentraciones de urea fueron negativas; en términos biológicos menores concentraciones de urea en sangre se pueden traducir en un menor gasto de energía en el proceso de degradación de aminoácidos, y por lo tanto, una mayor oferta de energía en los procesos de crecimiento. No es claro porque las concentraciones de urea mostraron una caída en la quinta semana del experimento ya que como se observa en el Cuadro 3, el consumo de alimento en las semanas 5 y 6 se mantuvo al mismo nivel que en las semanas 3 y 4.

La falta de diferencias en las concentraciones de urea entre cerdos alojados en forma individual y en grupo también fueron observadas en el estudio de Gómez et al. (2000) y en el de Ward et al. (1997). Sin embargo, en el trabajo de Kornegay et al. (1993b) se observaron mayores concentraciones de urea en cerdos mantenidos con espacio adecuado en comparación de los cerdos mantenidos con espacio restringido en las últimas dos semanas del trabajo (quinta y sexta semanas), lo cual se asoció al mayor consumo de alimento.

En general, los resultados muestran que los cerdos alojados individualmente mostraron un mayor consumo de alimento y ganancia de peso, pero menor eficiencia alimenticia y mayores concentraciones de cortisol que en los cerdos en grupo con espacio adecuado. Por su parte, los cerdos en grupo con espacio restringido mostraron mayor consumo de alimento, igual ganancia de peso, menor eficiencia alimenticia y mayores concentraciones de cortisol que los cerdos en grupo con espacio adecuado. Sin embargo, los cerdos alojados individualmente y los alojados en grupo con espacio restringido tuvieron mayores concentraciones de cortisol desde el muestreo inicial hasta el final del experimento. Esto no coincide con la respuesta adaptativa al estrés que se ha mencionada en varios estudios en donde se ha observado que al inicio de una situación de estrés, los niveles de cortisol se incrementan en plasma, pero posteriormente, cuando el mismo estresor se repite durante

cierto período de tiempo, estas concentraciones van disminuyendo paulatinamente (Becker et al., 1985; Ruis et al., 1997; Schrader et al., 1999). No se encontraron cambios entre tratamientos en las concentraciones de glucosa y urea a pesar de las diferencias en cortisol, como se había postulado en la hipótesis.

Se ha demostrado que las concentraciones de cortisol y glucosa se incrementan rápidamente después de aplicado un estrés, es decir, son de respuesta rápida al estrés, y su elevación en plasma es transitoria (Spencer, 1980; Spencer y Hallett, 1981), sin embargo, no es claro porque en los cerdos alojados individualmente y los de grupo con espacio restringido solamente se detectó el incremento en cortisol, pero no en glucosa. Las bajas correlaciones entre cortisol y glucosa sugieren que bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo, las concentraciones séricas de glucosa no son un buen indicador del grado de estrés en cerdos.

En relación a urea, se ha indicado que es un metabolito de respuesta tardía al estrés (Tomas et al., 1979; Tyrrell y Forsham, 1988) y esto se confirmó en el trabajo de Webel et al. (1997) donde se encontró un incremento en las concentraciones de urea seis horas después del incremento en las concentraciones de cortisol cuando los cerdos fueron sometidos a un estrés inmunológico. En el presente trabajo se esperaba que aquellos cerdos que mostraran mayores concentraciones de cortisol, tuvieran un incremento continuo, de tipo crónico, en las concentraciones de urea, sin embargo, no se detectaron cambios pronunciados en las concentraciones de este metabolito, a pesar de las diferencias en las concentraciones de cortisol entre tratamientos por lo que al igual que glucosa, en el presente trabajo, las concentraciones de urea no fueron un indicador confiable del grado de estrés en los cerdos.

Recientemente se ha expuesto que la identificación de indicadores fisiológicos de estrés que sean confiables es muy difícil debido a que en algunos estudios se ha observado que el mismo indicador fisiológico a veces responde o a veces no responde al mismo tipo de estrés; en algunos casos extremos, el mismo indicador fisiológico puede presentar efectos contrarios cuando un animal es expuesto al estrés, sin que hasta ahora se tenga una

explicación razonable a estos problemas (Blecha, 2000; Lay y Wilson, 2002). Por su parte, otros autores (Becker et al., 1985; Ruis et al., 1997) concluyen que al evaluar las respuestas al estrés de los animales es importante considerar factores como, los ritmos circadianos, la edad, el sexo, el tipo de estresor y momento del día en que se aplica el estresor. Con todo esto, existe la posibilidad que debido al método de sangrado, tiempos de sangrado y momento en que se tomó la muestra no se hayan obtenido cambios detectables en la concentración de metabolitos sanguíneos, en aquellos cerdos que presentaron un incremento en la concentración de cortisol. Se debe destacar que aunque los cerdos alojados individualmente mostraron una mayor concentración de cortisol que los cerdos en grupo con espacio adecuado, este incremento no influyó para que estos cerdos dejaran de mostrar un mayor crecimiento que sus congéneres alojados en grupo; así mismo, los cerdos en grupo con espacio restringido también mostraron mayor concentración de cortisol pero la misma ganancia de peso que los cerdos con espacio adecuado, sin embargo presentaron mayor consumo de alimento y, por lo tanto menor eficiencia alimenticia que estos últimos. Lo anterior indica que en este trabajo, la ganancia de peso de los cerdos bajo diferentes condiciones de tamaño de grupo y/o espacio individual disponible no estuvo relacionada a las concentraciones de cortisol, glucosa o urea, y que el menor crecimiento de los cerdos en grupo solamente fue un reflejo directo del menor consumo de alimento. Finalmente, es importante aclarar que debido a la falta de relación entre el cortisol y la ganancia de peso obtenidos en este trabajo, es difícil concluir acerca del efecto que podría tener las concentraciones de cortisol registradas en este trabajo sobre la ganancia de peso, pero en especial, sobre la utilización de nutrientes en cerdos de diferente etapa productiva.

4.4 Conclusión

Los cerdos alojados individualmente mostraron una mayor ganancia de peso y mayor consumo de alimento que los cerdos alojados en grupo con espacio adecuado y restringido; sin embargo, los cerdos alojados en grupo con espacio adecuado tuvieron una mayor eficiencia alimenticia y menor concentración de cortisol que los cerdos alojados individualmente y los cerdos en grupo con espacio restringido. En los cerdos alojados individualmente, el aislamiento y la exposición al frío pudieron provocar estas respuestas; en los cerdos en grupo con espacio restringido, probablemente la competencia y conducta agresiva se asociaron con las respuestas como se planteó en la hipótesis. La mayor concentración de cortisol y la menor eficiencia alimenticia en los cerdos alojados individualmente y los cerdos en grupo con espacio restringido pudo alterar el metabolismo de los nutrientes, lo que se reflejó en una menor eficiencia alimenticia, sin embargo esto no se reflejó en cambios en las concentraciones de glucosa y urea. Lo anterior, más la baja asociación entre las concentraciones de cortisol y glucosa y urea a través del tiempo podrían indicar que bajo las condiciones en que se realizó este trabajo, las concentraciones plasmáticas de glucosa, urea y cortisol no resultaron indicadores confiables de estrés crónico. El crecimiento de los cerdos en crecimiento y finalización se deprimió en la misma magnitud en respuesta a la reducción de espacio disponible de piso y/o incremento en el tamaño de grupo.

5. EXPERIMENTO 2

5.1 Materiales y métodos

Se utilizaron 140 cerdos en crecimiento (70 hembras y 70 machos castrados) con un peso inicial de 31.27 ± 1.947 kg; y 126 cerdos en finalización (63 hembras y 63 machos castrados) con un peso inicial de 66.12 ± 2.507 kg. Los cerdos de cada etapa fueron asignados a 6 tratamientos en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3×2 . Los factores de estudio fueron Densidad (Densidad 1 = un cerdo alojado individualmente con 2.5 m^2 disponibles de piso; Densidad 2 = 2 cerdos alojados en grupo con 2.5 m^2 disponibles de piso; Densidad 3 = 4 cerdos alojados en grupo con 2.5 m^2 disponibles de piso) y Sexo (Hembras o Machos castrados). El criterio de bloqueo fue la fecha de entrada de los animales al experimento, el cual duró cuatro semanas. Se tuvo una repetición por tratamiento en cada bloque. En total se contó con 10 bloques en la etapa de Crecimiento y 9 en la etapa de Finalización.

Todos los cerdos fueron alojados en corraletas con piso de cemento cuyas medidas son de $1.06 \times 2.6 \text{ m}$ ($2.75 \text{ m}^2 - .25 \text{ m}^2$ de área de comedero = 2.5 m^2 de área utilizable), con comedero tipo canoa y 1 bebedero de chupón (Figura 1). El espacio disponible de piso por cerdo en las Densidades 2 y 3 fue de 1.25 y $.63 \text{ m}^2$, respectivamente.

El rango de espacio de piso recomendado para un adecuado comportamiento productivo en cerdos en crecimiento varía desde $.72$ hasta 1.03 m^2 (Kornegay y Notter, 1984; Jensen, 1991), en cerdos alojados en piso de concreto. Para cerdos en finalización se recomienda un rango de 1.0 hasta 1.05 m^2 de piso de concreto por cerdo (Kornegay y Notter, 1984; Jensen, 1991). Tomando en cuenta estas recomendaciones, los cerdos en crecimiento y finalización en la Densidad 2 tuvieron espacio adecuado de piso; mientras que en la Densidad 3 el espacio disponible se encontraba por debajo del rango óptimo.

En el Cuadro 1 se muestran las dietas que consumieron los cerdos en este experimento.

Variables de respuesta evaluadas

Comportamiento productivo.

Ganancia diaria de peso (GDP), los cerdos fueron pesados individualmente al inicio y al cumplirse 1,2, 3 y 4 semanas del experimento. La GDP se analizó en promedio por corral en las mismas semanas y en el promedio del experimento (1-4 semanas), estimándose del peso vivo obtenido al final de cada semana menos el peso vivo al inicio de la semana dividido entre el número de días en la semana. En el análisis de observaciones individuales descrito adelante se tomó la ganancia individual de los cerdos en cada semana.

Consumo diario de alimento (CDA), el alimento ofrecido fue pesado diariamente así como también el alimento sobrante al día siguiente, de manera que el CDA se estimó por corral como la diferencia entre el alimento servido menos el alimento faltante en el comedero al siguiente día. El CDA se analizó por semana como se explicó para la GDP.

La eficiencia alimenticia (EA) se determinó por corral dividiendo la GDP sobre el CDA, dentro de cada semana del estudio.

Metabolitos sanguíneos y cortisol.

De cada cerdo, se tomaron muestras de sangre de la vena cava anterior por venopunción. Se colectaron aproximadamente 10 ml de sangre por muestreo en tubos de vidrio de 12 ml de capacidad, sin anticoagulante. En el día del muestreo, las muestras fueron centrifugadas a 1800 x g durante 15 min, y el suero fue separado y almacenado a - 20 °C hasta que fue analizado para determinar las concentraciones de glucosa (SERA-PACK glucosa, 6676 Bayer), urea (SERA-PACK urea, 6374 Bayer), glicerol (Triglyceride, GPO Trinder, procedure No. 337, Sigma Diagnostics) y cortisol (COAT-A-COUNT cortisol, DPC). Los Tiempos de muestreo fueron: Tiempo 0, inicio del experimento; Tiempos 1 y 3, final de las semanas 1 y 3, respectivamente.

Determinación del orden social.

Durante la segunda semana del experimento se realizaron dos observaciones de 2 horas en cada corral con el fin de determinar el número de visitas de los cerdos al comedero cuantificadas como la frecuencia promedio de visitas al comedero; tiempo promedio por

visita al comedero cuantificado en minutos; y tiempo total de estancia en el comedero, obtenido del producto de las dos variables anteriores. Estas observaciones se realizaron durante dos diferentes días en cada corral, después de ofrecer el primer alimento del día a los cerdos siguiendo el procedimiento de Gómez et al. (2000). El orden social de cada cerdo fue asignado de acuerdo al tiempo total de permanencia en el comedero ya que se ha documentado que los cerdos dominantes generalmente presentan un mayor número de visitas y pasan más tiempo cerca del comedero; en cambio los cerdos sumisos evitan acercarse al comedero mientras los cerdos dominantes se encuentran cerca, y además, son desplazados del comedero un mayor número de veces debido a la conducta agresiva de los dominantes. En el Cuadro 16 se presentan las categorías obtenidas del orden social dentro de cada Densidad y la asignación del Grado de estrés en cerdos en crecimiento y finalización, de acuerdo a las variables arriba mencionadas.

Análisis estadísticos.

En el análisis de resultados, cada corral se designó como unidad experimental, usándose los procedimientos de los Modelos Lineales Generales del paquete estadístico SAS (1989). En todos los análisis se usó un modelo de bloques al azar en donde el criterio de bloque fue la fecha de entrada de los cerdos al experimento.

Para analizar las variables del comportamiento productivo se usó un modelo de bloques completos al azar en arreglo factorial, dado por Densidad y Sexo y la interacción entre ellos (Steel y Torrie, 1980).

El modelo estadístico al cual se le atribuyó el total de la variación fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}.$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación en el i-ésimo Bloque de la j-ésima Densidad y del k-ésimo Sexo, es la respuesta aleatoria asociada a:

μ = Media poblacional.

ρ_i = Efecto del i-ésimo Bloque.

α_j = Efecto de la j-ésima Densidad.

β_k = Efecto del k-ésimo Sexo.

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Interacción de la j-ésima Densidad y del k-ésimo Sexo.

ϵ_{ijk} = Error del i-ésimo Bloque en la j-ésima Densidad y en el k-ésimo Sexo.

Los metabolitos sanguíneos y cortisol fueron analizados usando un modelo de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con 3 factores: Densidad, Sexo y Tiempo de muestreo. La parcela mayor fue el corral, quedando definido por la Densidad, el Sexo y la interacción entre estos 2 factores; el término del error de ésta parcela lo comprendió la interacción Densidad y Sexo dentro del bloque. La parcela menor fue el Tiempo de muestreo y su interacción con los componentes de la parcela mayor.

El modelo estadístico al cual se le atribuyó el total de la variación fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \delta_{ijk} + \gamma_m + (\alpha\gamma)_{jm} + (\beta\gamma)_{km} + (\alpha\beta\gamma)_{jkm} + \varepsilon_{ijklm}.$$

Donde:

Y_{ijklm} = Observación en el i-ésimo Bloque, de la j-ésima Densidad, del k-ésimo Sexo y del m-ésimo Tiempo, es la respuesta aleatoria asociada a:

μ = Media poblacional.

ρ_i = Efecto del i-ésimo bloque.

α_j = Efecto de la j-ésima Densidad.

β_k = Efecto del k-ésimo Sexo.

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Interacción de la j-ésima Densidad y del k-ésimo Sexo.

δ_{ijk} = Error de la parcela mayor.

γ_m = Efecto del m-ésimo Tiempo.

$(\alpha\gamma)_{jm}$ = Interacción de la j-ésima Densidad y del m-ésimo Tiempo.

$(\beta\gamma)_{km}$ = Interacción k-ésimo Sexo y del m-ésimo Tiempo.

$(\alpha\beta\gamma)_{jkm}$ = Interacción de la j-ésima Densidad, del k-ésimo Sexo y del m-ésimo Tiempo.

ε_{ijklm} = Error de la parcela menor.

En ambos análisis, se realizaron contrastes lineales y cuadráticos para conocer el patrón en las variables de respuesta en función de las fuentes de variación.

Análisis del Grado de estrés.

Una vez asignado el orden social de los cerdos dentro de cada Densidad, estas dos variables se combinaron para dar origen a una tercera variable denominada Grado de Estrés; la manera en que las nuevas categorías fueron obtenidas se muestra en el Cuadro 16 para cerdos en crecimiento y finalización. En el Cuadro a continuación se describen las siete categorías obtenidas. Con las categorías obtenidas por Grado de Estrés se realizaron diferentes análisis de varianza usando en todos los casos un modelo de bloques al azar en donde el criterio de bloque fue la fecha de entrada de los cerdos al experimento y la unidad

experimental fue el cerdo. El propósito de analizar estos datos individuales en forma separada fue el de evaluar si los cambios en la ganancia de peso así como las concentraciones de metabolitos sanguíneos y cortisol sufrieron modificaciones como consecuencia del Grado de estrés que experimentó cada animal dentro de su corral en función del número de cerdos y espacio disponible.

Categorías obtenidas de acuerdo al Grado de Estrés.

Densidad	Orden social	Grado de estrés	Descripción
1	1	1	Cerdo individual con espacio excedente y sin competencia.
2	1	2	Cerdo en grupo de dos, con espacio adecuado y primer rango.
2	2	3	Cerdo en grupo de dos, con espacio adecuado y segundo rango.
3	1	4	Cerdo en grupo de cuatro, con espacio restringido y primero en el rango.
3	2	5	Cerdo en grupo de cuatro, con espacio restringido y segundo en el rango.
3	3	6	Cerdo en grupo de cuatro, con espacio restringido y tercero en el rango.
3	4	7	Cerdo en grupo de cuatro, con espacio restringido y cuarto en el rango.

Para analizar la GDP en cada una de las semanas por separado, se usó un modelo de bloques completos al azar en arreglo factorial, dado por el Grado de Estrés (1, 2 y 4) y el Sexo (hembras y machos castrados) y la interacción entre ellos. Para analizar los metabolitos sanguíneos y cortisol, se usó un modelo de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas con 3 factores: Grado de Estrés, Sexo y Tiempo de muestreo. La parcela mayor fue el cerdo, quedando definido por el Grado de Estrés, el Sexo y la interacción entre ellos; el término del error de ésta parcela lo comprendió la interacción Grado de Estrés y Sexo dentro del bloque. La parcela menor fue el Tiempo de muestreo y su interacción con los componentes de la parcela mayor. En los cuatro análisis que se describen a continuación se tuvieron 10 repeticiones por Grado de estrés en la etapa de crecimiento y 9 en la etapa de finalización.

Análisis 1. Comparación de variables de respuestas entre los cerdos con Grado de Estrés 1, 2 y 4. Es decir, se comparó al cerdo individual vs. los cerdos de primer rango de las Densidades 2 y 3. Al analizar tanto la GDP como los metabolitos sanguíneos y cortisol se realizaron contrastes lineales y cuadráticos para detectar las tendencias de las respuestas de acuerdo al Grado de Estrés

Análisis 2. Comparación de variables de respuestas entre los cerdos con Grado de Estrés 1, 3 y 5. Es decir, se comparó al cerdo individual vs. los cerdos del segundo rango de las Densidades 2 y 3. Al analizar tanto la GDP como los metabolitos sanguíneos y cortisol se realizaron contrastes lineales y cuadráticos para detectar las tendencias de las respuestas de acuerdo al Grado de Estrés.

Análisis 3. Comparación de variables de respuestas entre los cerdos con Grado de Estrés 1 y 6. Es decir se comparo al cerdo individual vs. los cerdos de tercer rango de la Densidad 3. Las medias se separaron utilizando el método de Diferencia Mínima Significativa.

Análisis 4. Comparación de variables de respuestas entre los cerdos con Grado de Estrés 1 y 7. Es decir se comparó al cerdo individual vs. los cerdos de cuarto rango de la Densidad 4. Las medias se separaron utilizando el método de Diferencia Mínima Significativa.

5. 2 Resultados

Cerdos en crecimiento.

Comportamiento productivo

Los resultados de los cerdos en crecimiento se presentan en los Cuadros 8 y 9. La interacción Densidad \times Sexo no resultó significativa para ninguna de las variables evaluadas (Cuadro 8). Abajo se describen los resultados de los efectos principales.

Efecto de Densidad. El aumento en la Densidad redujo el CDA en forma lineal ($P < .01$) durante las semanas 1, 2, 3, 4 y 1-4 del experimento (Cuadro 9). La Densidad también afectó en forma lineal ($P < .01$) la GDP en el promedio del experimento (Cuadro 9). La EA no se vio afectada por la Densidad en ninguna de las semanas del experimento.

Efecto del sexo. Los machos castrados (Cuadro 9), tuvieron mayor CDA en la semanas 2 ($P < .08$), 3 y 4 y en el promedio del experimento ($P < .05$) que las hembras. A través de todo el experimento, los machos castrados ($P < .08$) ganaron más peso que las hembras.

Metabolitos sanguíneos

Los resultados de las concentraciones séricas de metabolitos y cortisol se presentan en los Cuadros 10 y 11. La interacción Densidad \times Sexo \times Tiempo no resultó significativa para ninguna de las variables evaluadas (Cuadro 10). Tampoco las interacciones Densidad \times Sexo, Densidad \times Tiempo y Sexo \times Tiempo resultaron significativas.

Efecto de la Densidad. No se observaron diferencias estadísticas significativas por efecto de la Densidad en ninguna de las variables analizadas (Cuadro 11).

Efecto del Sexo. El Sexo no tuvo influencia sobre ninguna de las variables analizadas (Cuadro 11).

Efecto del Tiempo. El Tiempo no afectó las concentraciones de glucosa y glicerol. Las concentraciones de urea y cortisol mostraron un patrón de tipo cuadrático ($P < .01$) a través del Tiempo. En el caso de urea, se presentó una elevación del tiempo 0 al Tiempo 1 y disminuyó ligeramente al Tiempo 3. El cortisol, disminuyó del Tiempo 0 al Tiempo 1 y posteriormente disminuyó ligeramente al Tiempo 3.

Cerdos en finalización.

Comportamiento productivo

Los resultados del comportamiento productivo de cerdos en finalización se presentan en los Cuadros 12 y 13. No se encontraron interacciones significativas Densidad \times Sexo para ninguna de las variables estudiadas (Cuadro 12).

Efecto de la Densidad. Al aumentar la Densidad (Cuadro 13), se redujo el CDA en forma lineal ($P < .01$) durante las semanas 1, 2, 3 y 4 del experimento y en el promedio del mismo. El aumento en la Densidad redujo en forma lineal ($P < .01$) la GDP en la semana 4 y en el promedio del experimento. La EA no se vio afectada por la Densidad en ninguna de las semanas del experimento.

Efecto del Sexo. En los machos castrados (Cuadro 13), el CDA fue mayor que en las hembras en las semanas 3 ($P < .09$) y 4 ($P < .05$) y en el promedio del experimento ($P < .09$). El Sexo no afectó la GDP ni la EA durante ninguna de las semanas del experimento.

Metabolitos sanguíneos

Los resultados de las concentraciones séricas de metabolitos y cortisol en cerdos en finalización se presentan en los Cuadros 14 y 15. Las interacciones Densidad \times Sexo, Densidad \times Tiempo, Sexo \times Tiempo y Densidad \times Sexo \times Tiempo no resultaron significativas para ninguna de las variables evaluadas (Cuadro 14).

Efecto de la Densidad. No se observaron diferencias estadísticas significativas por efecto de la Densidad en ninguna de las variables analizadas (Cuadro 15).

Efecto del Sexo. El Sexo no tuvo influencia sobre las concentraciones de glucosa, glicerol y urea (Cuadro 15). La concentración de cortisol fue mayor ($P < .06$) en los machos castrados que en las hembras.

Efecto del Tiempo. El Tiempo no afectó las concentraciones de glucosa o urea. El tiempo afectó la concentración de glicerol y cortisol en forma cuadrática ($P < .01$). Las concentraciones de glicerol se mantuvieron estables entre el Tiempo 0 y 1, pero disminuyeron al Tiempo 3. El cortisol disminuyó del Tiempo 0 al 1, y se mantuvo estable entre el Tiempo 1 y 3.

Análisis de acuerdo al Grado de Estrés.

Cerdos en crecimiento

Los resultados del análisis de las ganancias de peso y metabolitos sanguíneos individuales de los cerdos en Crecimiento se presentan en el Cuadro 17, respectivamente.

La GDP fue similar entre los cerdos del Grado de estrés 1 y los cerdos del Grado de estrés 2 y 4. La GDP fue mayor ($P < .05$) en los cerdos del Grado de estrés 1 que en los cerdos de los Grados 3, 5, 6 y 7. En los cuatro análisis realizados, los machos castrados tuvieron mayor ganancia de peso que las hembras (Análisis 1 y 4, $P < .05$; Análisis 2 y 3, $P < .10$).

Al comparar los cerdos del Grado de estrés 1 con los de 3 y 5, la concentración de urea fue mayor en los cerdos del Grado 3 ($P < .05$); en los cerdos del Grado de estrés 1 la concentración de glicerol fue mayor ($P < .05$) que en los cerdos con Grado 6 y 7.

En los cuatro análisis urea presentó un patrón de tipo cuadrático ($P < .05$), con una elevación del tiempo 0 al Tiempo 1 y disminuyó ligeramente al Tiempo 3. El cortisol también mostró un comportamiento cuadrático ($P < .01$) en los cuatro análisis,

disminuyendo del Tiempo 0 al Tiempo 1 y posteriormente disminuyendo ligeramente al Tiempo 3.

Cerdos en finalización

Los resultados del análisis de las ganancias de peso y metabolitos sanguíneos individuales de los cerdos en Finalización se presentan en el Cuadro 18, respectivamente.

En la etapa de finalización la GDP fue mayor ($P < .05$) entre los cerdos del Grado de estrés 1 que en los cerdos del Grado de estrés 2, 3, 4, 5, 6 y 7 al final del experimento. En ninguno de los análisis realizados el efecto del Sexo resultó significativo.

Al comparar las concentraciones de glucosa, el cerdo con Grado de estrés 1 resultó con una menor concentración de glucosa ($P < .07$) que los cerdos con Grado de estrés 2 y 4. Las hembras con Grado de estrés 1 mostraron menor concentración de glucosa que las hembras con Grado 7, mientras que los machos castrados mostraron concentraciones similares de glucosa (Grado de estrés \times Sexo, $P < .03$). En el análisis 3 (Grado de estrés 1 vs. 6), los machos castrados mostraron mayores concentraciones de glucosa que las hembras.

El glicerol mostró un patrón de tipo cuadrático en los cuatro análisis (Análisis 1, $P < .05$; Análisis 2 y 3, $P < .01$; Análisis 4, $P < .06$), siendo las concentraciones similares en el Tiempo 0 y 1, y mostrando una caída al Tiempo 3. El cortisol también presentó un comportamiento cuadrático ($P < .01$) en los cuatro análisis ya que las concentraciones se disminuyeron del Tiempo 0 al 1, y se mantuvieron estables al Tiempo 3.

5.3 Discusión

Los cerdos alojados individualmente tuvieron un mayor consumo de alimento y ganancia de peso que los cerdos alojados en grupos de dos y cuatro (Cuadros 9 y 13). Lo anterior concuerda con los resultados publicados por Chapple (1993) al observar una reducción lineal en el consumo de alimento y la ganancia de peso al comparar 1, 3 y 5 cerdos por corral. En cerdos en finalización, Gómez et al. (2000) encontraron menor consumo de alimento y ganancia de peso en grupos de cuatro cerdos comparados con cerdos alojados individualmente. En el mismo reporte de Gómez et al. (2000), cerdos en crecimiento alojados individualmente mostraron una mayor ganancia de peso pero el mismo consumo de alimento que cerdos alojados en grupo. Resultados similares fueron reportados por Gonyou et al. (1992) y de Haer y de Vries (1993). Por el contrario, Eisemann y Argenzio (1999) no encontraron diferencias productivas entre cerdos alojados individualmente y aquellos alojados en grupos de tres.

En relación a la eficiencia alimenticia, en el presente experimento no se encontraron diferencias entre tratamientos, lo cual coincide con todos los reportes mencionados anteriormente (Gonyou et al., 1992; Chapple, 1993; de Haer y de Vries, 1993; Gómez et al., 2000). Sin embargo, no coincide con los resultados del primer experimento donde los cerdos alojados en grupo con espacio adecuado mostraron una mayor eficiencia que los cerdos alojados individualmente y los cerdos en grupo con espacio restringido. Esta diferencia probablemente se deba a que el presente experimento se realizó durante un año completo, mientras que el primer experimento se realizó solamente a principios del año cuando las temperaturas ambientales fueron más bajas y pudo haber generado una condición de estrés térmico en los cerdos que no estuvieron en grupo. También en el primer experimento, el tamaño del grupo en los cerdos en crecimiento se incrementó de seis a doce, y en finalización se incrementó de cuatro a ocho; mientras que en este experimento el tamaño de grupo se restringió a dos y cuatro cerdos por corral. Lo cual podría implicar que las condiciones de jerarquía dentro del corral se establecieron de forma más severa que en grupos más numerosos que los del presente experimento, ya que según McGlone (1993) en grupos pequeños como estos las jerarquías se componen de manera lineal y no como

existiera en grupos más numerosos donde varios individuos juegan un mismo rango de esa jerarquía. De manera que las diferencias en comportamiento se diluyen entre mas numeroso es el grupo.

En la literatura consultada no se encontraron trabajos previos donde se haya comparado el comportamiento productivo entre cerdos alojados individualmente y cerdos en grupo con o sin espacio restringido. Sin embargo, es lógico inferir que al reducir el espacio disponible por cerdo la magnitud de la caída en el consumo de alimento y ganancia de peso fueran mayores en comparación con los cerdos alojados individualmente como se observa en los Cuadros 9 y 13.

De acuerdo a la literatura consultada, es claro que tanto el incremento en el tamaño del grupo como la reducción de espacio disponible de piso por cerdo afectan el comportamiento productivo en forma independiente, aunque la mayoría de los resultados observados indican que la restricción de espacio de piso produce los efectos más severos (NRC, 1998). En algunos estudios se ha evaluado la interacción entre el incremento del tamaño de grupo y la reducción del espacio disponible por cerdo (Randolph et al., 1981; Gonyou y Stricklin, 1998; Wolter et al., 2000), sin embargo, en ninguno de ellos se afectó el crecimiento de los cerdos por efecto de la interacción entre estos dos factores. Estos resultados coinciden con otros trabajos en cerdos (Hyun et al., 1998a; Hyun et al., 1998b) donde se demostró que la presencia de varios factores inductores de estrés en forma concurrente disminuyen los parámetros productivos en forma aditiva, y que la remoción o eliminación de un factor inductor de estrés mejora los índices productivos aunque otros todavía persistan. Los resultados del presente trabajo (Cuadros 9 y 13) coinciden con la sugerencia de Hyun et al. (1998a, b) ya que tanto el consumo de alimento y la ganancia de peso se mejoran al comparar los cerdos en grupos de 4 con espacio restringido con los cerdos en grupos de 2 con espacio adecuado (el consumo de alimento y la ganancia de peso mejoraron en el promedio de las dos etapas 12.4 y 14.9 %, respectivamente), y con los cerdos alojados individualmente (el consumo de alimento y la ganancia de peso mejoraron en el promedio de las dos etapas 24.8 y 33.3 %, respectivamente).

Con respecto al efecto de sexo, al igual que en el presente experimento, en estudios previos se había demostrado la superioridad de los machos castrados sobre las hembras en cuanto a consumo de alimento y ganancia de peso (Henry et al., 1992; van Lunen y Cole, 1996; NRC, 1998). El objetivo de comparar a los machos castrados y las hembras en el presente trabajo es que se esperaba que al menos en la etapa de finalización las hembras fueran afectadas en forma más severa por efecto de la Densidad, debido a su mayor capacidad de deposición de tejido magro que los machos castrados. Sin embargo, los resultados indican que los efectos detrimentales ejercidos por la Densidad fueron independientes del sexo.

A diferencia del primer experimento y de otros reportes previos (Gómez et al., 2000, 2002a, b), en el presente estudio no hubo diferencias en las concentraciones de glucosa sanguínea a través de los tiempos de muestreo. Se desconoce la razón de estas diferencias, aunque en el presente estudio, a diferencia del experimento 1, las concentraciones de glucosa obtenidas coinciden muy de cerca con las observadas en los estudios mencionados (Gómez et al., 2000, 2002a, 2002b), a pesar de la falta de diferencias. En relación al sexo, la falta de diferencias en las concentraciones de glucosa entre machos y hembras también fueron observadas por Grandhi y Strain (1982) y Doornenbal et al. (1983). Las concentraciones séricas de glucosa fueron similares entre las diferentes densidades, lo cual coincide con los resultados del primer experimento, y con el reporte de Gómez et al. (2000) donde se compararon cerdos alojados en forma individual y cerdos en grupos de cuatro por corral provistos con espacio adecuado, y con los resultados de Ward et al. (1997) al comparar grupos de cerdos alojados con espacio adecuado o restringido. Aunque los hallazgos anteriores no coinciden con los de Kornegay et al. (1993b) en donde se encontraron mayores concentraciones de glucosa en lechones mantenidos con espacio adecuado comparados con aquellos con espacio restringido.

La falta de diferencias en las concentraciones de urea sanguínea a través del tiempo no coinciden con los resultados del primer experimento y con otros reportes previos (Chen et al., 1999a; Chen et al. 1999b); probablemente esto se deba a que en el presente estudio el

período de muestreo fue de tres semanas, mientras que en los trabajos mencionados el período de muestreo fue mayor. La falta de diferencias en las concentraciones de urea entre cerdos alojados en forma individual y en grupo también fueron observadas en el estudio de Gómez et al. (2000) y en el de Ward et al. (1997). Sin embargo, en el trabajo de Kornegay et al. (1993b) se observó mayores concentraciones de urea en cerdos mantenidos con espacio adecuado en comparación de los cerdos mantenidos con espacio restringido en las últimas dos semanas del trabajo (quinta y sexta semanas), lo que también se asoció al mayor consumo de alimento.

Las concentraciones de glicerol mostraron un patrón cuadrático en relación al tiempo de muestreo en cerdos en finalización, pero no se observaron diferencias por efecto de la Densidad. Aunque no se encontraron referencias donde se puedan comparar los resultados obtenidos, es importante denotar que un incremento de cortisol en sangre estimula la movilización de los depósitos de grasa, con una concomitante liberación de ácidos grasos libres y glicerol a la sangre (McDonald, 1988; Tyrrell y Forsham, 1988). En trabajos previos donde se han evaluado respuestas al estrés agudo se ha observado que después de aplicado el factor inductor de estrés, la concentración de ácidos grasos libres en plasma se incrementa lentamente y permanecen elevados hasta cuando menos 3.5 h después del desafío (Spencer, 1980; Spencer y Hallett, 1981; 1985), y es de esperarse que glicerol muestre un patrón similar.

De esta manera, los resultados obtenidos por Ward et al. (1997) donde no se encontraron diferencias en las concentraciones de ácidos grasos libres en cerdos alojados con espacio adecuado o restringido coinciden con lo observado en este trabajo; pero, no coinciden con los resultados de Gómez et al. (2000) donde se observó una menor concentración de ácidos grasos libres en cerdos alojados individualmente, comparados con cerdos en grupo. Una posible explicación a lo anterior es que dado que glicerol es una molécula pequeña que se usa en diferentes rutas metabólicas, probablemente una vez liberado es rápidamente ingresado a los tejidos para su metabolización; o también puede ser que ya que por cada tres ácidos grasos liberados se libera un glicerol, es probable que el cambio en las

concentraciones sanguíneas de este metabolito no sean lo suficientemente sensibles para poder detectar diferencias.

Las concentraciones de cortisol disminuyeron a través del tiempo, lo que concuerda con los resultados de Ruis et al. (1997), pero no coincide con los resultados del primer experimento donde no se observaron diferencias en las concentraciones de cortisol ni con los resultados de Stull et al. (1999) en donde se observó un ligero incremento en las concentraciones de cortisol en cerdos desde el destete hasta que alcanzaron el peso de mercado. A diferencia de lo observado en el primer estudio, en el presente experimento no se detectaron diferencias en las concentraciones de cortisol por efecto de las Densidades. Este resultado coincide con lo reportado por Kornegay et al. (1993a,b) en donde no se encontraron diferencias en las concentraciones de corticoesteroides o el peso de las adrenales en lechones alojados con espacio adecuado o restringido, aunque en este último tratamiento los cerdos ganaron menos peso. En el estudio de Bustamante et al. (1996) tampoco se observaron diferencias en las concentraciones de cortisol entre lechones alojados individualmente y aquellos alojados en grupos. En concordancia, Yen y Pond (1987) reportaron que no hubo efecto de la restricción de espacio sobre el peso de las adrenales, aunque el crecimiento se deprimió. A diferencia, Lindemann et al. (1987) observaron una mayor actividad esteroide en cerdos alojados en grupos de 10 por corral comparados con los grupos de 5.

En el análisis de acuerdo al Grado de estrés, se encontró que la ganancia de pesos de los cerdos en crecimiento alojados individualmente (Grado de estrés 1) fue mayor a la de los cerdos del Grado 3, 5, 6 y 7; en finalización los cerdos con Grado de Estrés 1 mostraron mayor ganancia de peso que todos los demás cerdos en los diferentes Grados de estrés. Sin embargo, en ninguno de los análisis se encontró indicios de que la menor ganancia de peso observada se relacionara con cambios marcados en las concentraciones de metabolitos o cortisol. Por ejemplo, en crecimiento los cerdos con Grado de estrés 3 tuvieron mayores concentraciones de urea que los de Grado 1, y en finalización los cerdos con Grado 2 y 4 tuvieron mayores concentraciones de glucosa que los de Grado 1; sin embargo, salvo en estos dos casos donde se podría especular que el incremento en urea y glucosa

probablemente se debió al estrés en los cerdos, no se encontraron más indicios, en especial, en los referente a las concentraciones de cortisol. Por otro lado, en la etapa de crecimiento los cerdos con Grado de estrés 1 mostraron mayores concentraciones de glicerol que los de Grado 6 y 7, lo cual se contrapone a la teoría de que el incremento en glicerol podría indicar movilización de las reservas grasas en aquellos cerdos sujetos a estrés.

Los resultados obtenidos en otros trabajos donde se ha estudiado la relación entre el orden social y concentraciones de cortisol han sido variables. En el estudio de Tuchscherer et al. (1998) se observó que después de ser mezclados, los cerdos dominantes y sumisos mostraron un incremento en las concentraciones de glucosa, pero disminución en las concentraciones de cortisol, en comparación con los cerdos de rango medio. Por su parte de Groot et al. (2001) reportaron que después de mezclar a dos cerdos desconocidos se observó un incremento en las concentraciones de cortisol pero estas no se relacionaron al orden social o al sexo. En el estudio de Zanella et al. (1998) se encontró que las concentraciones de cortisol fueron más altas en las cerdas intermedias, que en las dominantes y sumisas, presumiblemente porque estas cerdas tienen que competir con las dominantes y mantener su dominancia sobre las sumisas. A diferencia de esto, en el estudio de Tuchscherer et al. (1998) se encontró que los cerdos sumisos presentaban mayor indicio de estrés en comparación con cerdos intermedios y dominantes. Por su parte de Jonge et al. (1996) encontraron que en cerdos criados en par desde el destete, el sumiso manifestó síntomas de estrés crónico en la edad adulta como retraso en el crecimiento y elevación de cortisol en plasma después de aplicar un estresor. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, coinciden con los de de Groot et al. (2001) ya que tampoco se detectó una relación entre las concentraciones de cortisol, rango social (en nuestro caso, Grado de estrés) ni con el sexo.

Los resultados obtenidos sugieren que el menor crecimiento de los cerdos alojados en grupos de dos y cuatro puede ser atribuido solamente al menor consumo de alimento, y no a efectos de tipo metabólico debido al estrés, lo cual concuerda con las sugerencias de varios autores (Hsia y Woodgush, 1983, 1984; Young y Lawrence, 1994) quienes postulan que el

efecto del orden social puede interferir con el consumo individual de alimento de los cerdos alojados en grupo debido a que los cerdos de nivel social más alto, además de desplazar o evitar que los cerdos de menor rango visiten el comedero, usualmente tienen más visitas al comedero, pasan más tiempo comiendo, y consumen más alimento que los de nivel social más bajo. En la misma línea, pero en relación a los cerdos que se les provee menos espacio disponible que el adecuado, varios autores han sugerido que la posible razón por la que un cerdo tiene pobre desempeño productivo, es por disminución en el consumo de energía, asociado al menor consumo de alimento (Moser et al., 1985; Kornegay et al., 1993a; NCR-89, 1993).

Sin embargo, se acepta que al igual que en el primer experimento, factores de diseño en el trabajo, en especial en lo referente a el método, momento y tiempos de sangrado, pudieron haber influido en los resultados. También es probable que los indicadores fisiológicos seleccionados en el trabajo no sean lo suficientemente confiables cuando los cerdos presentan estrés de tipo crónico, y quizás en trabajos futuros, el uso de un mayor número de indicadores sea preferible. Las hembras y los machos castrados fueron afectados en la misma magnitud en función de la Densidad, y puesto que no se detectó cambios en ninguno de los indicadores de estrés evaluados, no es posible concluir acerca de los efectos de estrés en cerdos de diferente sexo.

5. 4 Conclusión

Los cerdos alojados individualmente mostraron mayor ganancia de peso y consumo de alimento que los cerdos alojados en grupo de dos y cuatro, sin embargo, no se encontró evidencia que indicara que el menor crecimiento de los cerdos alojados en grupo se debiera a una mayor secreción de cortisol con incrementos en las concentraciones séricas de glucosa, urea y glicerol como consecuencia del estrés. En el análisis de datos individuales tampoco se encontró indicios de que en los cerdos sumisos donde se presentó la menor tasa de ganancia de peso, esta se relacionara a incrementos en las concentraciones de cortisol debido al estrés. Los efectos detrimentales de la reducción del espacio disponible y/o incremento en el tamaño de grupo fueron independientes con respecto al sexo. Los resultados sugieren que bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo, las diferencias encontradas en el crecimiento de los animales estuvieron asociadas exclusivamente a las diferencias en el consumo de alimento.

6. Conclusión General

Los resultados obtenidos en ambos experimentos coinciden en el hecho de que la ganancia de peso de los cerdos no estuvo asociada con cambios en las concentraciones de cortisol o metabolitos sanguíneos. Es de destacar que en el primer experimento aunque los cerdos alojados individualmente presentaron mayores concentraciones de cortisol, su ganancia de peso fue superior a los cerdos de los otros tratamientos. Una explicación probable es que al tener libre acceso a los recursos alimenticios en estos cerdos se hayan presentado algunas señales metabólicas que contrarrestaron los efectos detrimentales de las elevadas concentraciones de cortisol; lo que quizás no sucedió en los cerdos alojados en grupo con espacio restringido en donde se presentó una competencia, y por ende un consumo más racionado de los mismos recursos alimenticios.

También existe la posibilidad que los indicadores fisiológicos evaluados no reflejen en forma adecuada el grado de estrés en cerdos que son sometidos a un estrés de tipo crónico, o que la metodología empleada en el estudio no haya sido lo suficientemente sensible para poder detectar diferencias en las variables evaluadas. Sin embargo, los metabolitos seleccionados y el diseño de los experimentos se basaron en experiencias previas de trabajos en el área de nutrición relacionados al establecimiento del requerimiento de nutrimentos y a determinar la relación entre el patrón de metabolitos sanguíneos y la deposición de tejidos (i.e., grasa y músculo) en cerdos sometidos a diferentes regímenes de alimentación. El diseño nutricional se combinó con un diseño dirigido a provocar estrés de tipo crónico a los cerdos ya que la meta final del proyecto es el de establecer si los cerdos sometidos a estrés crónico requieren de un régimen de alimentación diferente, en relación a los cerdos criados en condiciones ideales de manejo. Se acepta que en estudios de tipo nutricional existen muchos otros metabolitos sanguíneos importantes, como por ejemplo, intermediarios metabólicos como piruvato y lactato, los mismos ácidos grasos libres, aminoácidos y varias enzimas relacionadas al metabolismo de los mismos, que no fueron evaluadas en el presente estudio y que probablemente constituyan indicadores más confiables de estrés crónico en cerdos.

Debido a que no se encontró ninguna relación entre la ganancia de peso y la concentración de cortisol y metabolitos sanguíneos en ambos trabajos, tampoco se pudo establecer el efecto que el estrés pudiera provocar en cerdos con un mayor potencial de deposición de tejido magro como lo son los cerdos en crecimiento y las hembras en fase de finalización. La premisa fue que en ambos casos, se podría presentar un efecto detrimental mayor del estrés crónico sobre el crecimiento, lo que en teoría se detectaría con una interacción de Densidad \times Etapa productiva (Experimento 1) o de Densidad \times Sexo (Experimento 2). Los resultados indican que dicha aseveración es falsa.

Si los resultados de ganancia de peso obtenidos en ambos trabajos reflejan meramente diferencias en el consumo de alimento, debido a factores como la jerarquía social y la competencia por el alimento, desde el punto de vista nutricional este es un resultado favorable debido a que el problema se podría atacar a través de diferentes estrategias nutricionales. Por el contrario, si las diferencias en la ganancia de peso se debieran a cambios en el uso metabólico de nutrientes, entonces se tendrían que explorar además de opciones nutricionales, otras herramientas para tratar de minimizar los efectos fisiológicos del estrés. Hasta el momento es claro que no se detectaron cambios en las concentraciones de los metabolitos sanguíneos seleccionados, sin embargo, se debe tomar en cuenta que las respuestas evaluadas solo representan una de las vías a través de las cuales el estrés puede manifestarse y que existen diferentes sistemas y niveles en la respuesta al estrés que no fueron considerados en el presente trabajo. Debido a esto, es recomendable en futuros experimentos, primeramente identificar a indicadores más sensibles, que recurriendo a ellos se pueda dilucidar si existen cambios en la utilización metabólica de nutrimentos, antes de proceder a evaluar estrategias nutricionales tendientes a mejorar el comportamiento productivo de los cerdos sujetos a las condiciones usadas en el presente trabajo.

Cuadro 1. Formulación de las dietas utilizadas en los experimentos 1 y 2.

Ingrediente (%)	Dieta	
	Crecimiento	Finalización
Sorgo	56.66	61.48
Pasta de canola	6.00	11.00
Grano de cebada	13.90	10.70
Pasta de soya	17.10	5.60
Sebo	3.60	3.80
Melaza	--	3.00
Cacao	--	2.00
Carbonato de calcio	0.86	0.82
Fosfato de Calcio	0.85	0.68
Sal, NaCl-I	0.36	0.36
L-Lisina-HCL	0.22	0.26
Vitaminas ¹	0.20	0.16
Minerales ²	0.08	0.07
L-Treonina	0.06	0.067
Colina, HCl	0.03	--
DL-Metionina	0.02	--
Análisis calculado		
Energía metabolizable, Mcal/kg	3.25	3.23
Proteína digestible (%)	13.77	11.13
Lisina digestible (%)	0.85	0.65
Treonina digestible (%)	0.57	0.45
Calcio (%)	0.60	0.57
Fósforo Disponible (%)	0.23	--
Análisis de laboratorio		
Proteína cruda, %	16.51	13.48
Energía bruta, kcal/kg	4,095	3,901

¹ Vitaminas, cada kg aportó: 250 mg de biotina; 1200 mg de ácido fólico; 3,375,000 UI de Vitamina A; 1,200 mg de vitamina B₂; 500 mg de vitamina B₆; 17.50 mg de vitamina B₁₂; 675,000 UI de vitamina D₃; 20,000 UI de Vitamina E; 6.8 g de D-Pantotenato de Ca; 26.95 g de Niacina; 198 g de Cloruro de Colina; 75 g de antioxidante.

² Minerales, cada Kg aportó: 268 g de Na; 34 g de Ca; 29 g de Zn; 26 g de Fe; 2700 mg de Mg; 6140 mg de Mn; 2200 mg de Cu; 216 mg de Cb; 100 de I; 27 mg de Se.

Cuadro 2. Efecto de la interacción Densidad × Etapa sobre el comportamiento productivo de los cerdos (Experimento 1).

Etapa ^a	C			F			EEM ^c
Densidad ^b	1	2	3	1	2	3	
Semanas 1-2 ^d							
Consumo de alimento, kg/d	2.10	1.53	1.62	2.91	2.38	2.66	.076
Ganancia de peso, kg/d	0.90	0.82	0.83	0.76	0.79	0.89	.063
Eficiencia alimenticia	0.43	0.53	0.51	0.26	0.33	0.33	.025
Semanas 3-4 ^d							
Consumo de alimento, kg/d	2.38	1.86	2.02	3.30	2.70	2.98	.123
Ganancia de peso, kg/d	0.91	0.72	0.65	1.24	0.84	0.75	.069
Eficiencia alimenticia	0.39	0.39	0.32	0.38	0.32	0.25	.029
Semanas 5-6 ^d							
Consumo de alimento, kg/d	2.28	1.84	1.98	3.35	2.62	2.98	.098
Ganancia de peso, kg/d	0.77	0.79	0.68	0.82	0.86	0.79	.069
Eficiencia alimenticia	0.34	0.44	0.35	0.25	0.33	0.27	.042
Semanas 1-6 ^d							
Consumo de alimento, kg/d	2.25	1.74	1.87	3.18	2.57	2.87	.091
Ganancia de peso, kg/d	0.86	0.78	0.72	0.94	0.83	0.81	.025
Eficiencia alimenticia	0.39	0.45	0.39	0.29	0.33	0.28	.013

^a Etapa C = Crecimiento, F = Finalización.

^b Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = seis cerdos en crecimiento o cuatro en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso; Densidad 3 = doce cerdos en crecimiento u ocho en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso.

^c Error estándar de la media.

^d La interacción Etapa × Densidad no resultó significativa en ninguna de las variables de respuesta, P > 0.10.

Cuadro 3. Efecto de la Densidad y la Etapa sobre el comportamiento productivo de los cerdos (Experimento 1).

	Densidad ^a			EEM ^b	Etapa		EEM ^b
	1	2	3		C	F	
Semanas 1-2							
Consumo de alimento, kg/d	2.50 ^c	1.96 ^e	2.14 ^d	.056	1.75 ^c	2.65 ^d	.050
Ganancia de peso, kg/d	0.83	0.81	0.86	.047	0.85	0.81	.042
Eficiencia alimenticia	0.35 ^f	0.43 ^g	0.42 ^g	.018	0.49 ^c	0.31 ^d	.016
Semanas 3-4							
Consumo de alimento, kg/d	2.84 ^c	2.28 ^d	2.50 ^d	.091	2.09 ^c	3.00 ^d	.082
Ganancia de peso, kg/d	1.07 ^c	0.78 ^d	0.70 ^d	.051	0.76 ^c	0.94 ^d	.046
Eficiencia alimenticia	0.38 ^f	0.35 ^f	0.28 ^g	.021	0.36 ^h	0.32 ⁱ	.019
Semanas 5-6							
Consumo de alimento, kg/d	2.81 ^c	2.23 ^e	2.48 ^d	.072	2.03 ^c	2.98 ^d	.065
Ganancia de peso, kg/d	0.79	0.83	0.74	.051	0.75	0.82	.046
Eficiencia alimenticia	0.29	0.38	0.31	.031	0.38 ^f	0.28 ^g	.028
Semanas 1-6							
Consumo de alimento, kg/d	2.72 ^c	2.16 ^d	2.37 ^e	.067	1.96 ^c	2.87 ^d	.060
Ganancia de peso, kg/d	0.90 ^c	0.80 ^d	0.77 ^d	.018	0.79 ^c	0.86 ^d	.017
Eficiencia alimenticia	0.34 ^c	0.39 ^d	0.33 ^c	.010	0.41 ^c	0.30 ^d	.009

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = seis cerdos en crecimiento o cuatro en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso; Densidad 3 = doce cerdos en crecimiento u ocho en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso.

^b Error estándar de la media.

^{c, d, e} Distintos superíndices en el mismo renglón, dentro del mismo efecto indican diferencia, P < 0.01

^{f, g} Distintos superíndices en el mismo renglón, dentro del mismo efecto indican diferencia, P < 0.05

^{h, i} Distintos superíndices en el mismo renglón, dentro del mismo efecto indican diferencia, P < 0.10

Cuadro 4. Efecto de la interacción Densidad × Etapa × Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol (Experimento 1).

	Densidad ^a	1		2		3		EEM ^c	
	Etapa ^b	C	F	C	F	C	F		
Tiempo ^d		Glucosa, mg/dl ^e							
0		106.2	93.8	93.1	85.0	86.2	97.1		
1		90.9	76.1	99.0	83.7	101.2	89.9		
3		69.07	59.8	66.4	60.9	72.4	59.2		
5		54.7	37.1	52.8	51.9	54.9	46.3	9.861	
Tiempo ^d		Urea, mg/dl ^e							
0		23.3	27.5	21.3	24.7	18.8	27.3		
1		47.8	44.1	37.6	40.4	43.4	34.4		
3		43.2	47.7	42.4	33.3	43.7	40.5		
5		23.4	20.9	13.2	26.4	12.8	23.3	8.374	
Tiempo ^d		Cortisol, µg/dl ^e							
0		5.2	3.9	4.7	3.8	5.1	5.3		
1		4.3	4.1	3.5	2.8	3.9	4.5		
3		4.6	4.4	3.4	3.4	4.5	5.0		
5		4.0	3.5	2.3	2.6	3.1	3.1	4.003	

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = seis cerdos en crecimiento o cuatro en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso; Densidad 3 = doce cerdos en crecimiento u ocho en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso.

^b Etapa C = crecimiento; F = finalización.

^c Error estándar de la media.

^d Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1, 3 y 5 = Final de las semanas 1, 3 y 5, respectivamente.

^e No hubo efecto de la interacción Densidad × Etapa × Tiempo de muestreo, P > 0.10.

Cuadro 5. Efecto de la Densidad, la Etapa y el Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol (Experimento 1).

	Densidad ^a				Etapa ^b			0	Tiempo ^c			
	1	2	3	EEM ^d	C	F	EEM ^d		1	3	5	EEM ^d
Glucosa, mg/dl ^{eh}	73.4	74.1	75.9	3.632	78.9	70.0	3.005	93.6	90.1	64.6	49.6	4.109
Urea, mg/dl ^f	34.7	29.9	30.5	3.115	30.9	32.5	2.588	23.8	41.3	41.8	20.0	3.504
Cortisol, µg/dl ^{fg}	4.2	3.3	4.3	0.225	4.0	3.9	0.187	4.7	3.9	4.2	3.1	0.255

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = seis cerdos en crecimiento o cuatro en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso; Densidad 3 = doce cerdos en crecimiento u ocho en finalización alojados en grupo con 5.64 m² disponible de piso.

^b Etapa C = crecimiento; F = finalización.

^c Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1, 3 y 5 = Final de las semanas 1, 3 y 5, respectivamente.

^d Error estándar de la media.

^e Efecto de Etapa, P = 0.05.

^f Efecto de Tiempo de muestreo, cuadrático, P < 0.01.

^g Efecto de Densidad, cuadrático, P < 0.01.

^h Efecto de Tiempo de muestreo, lineal, P < 0.01.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre las concentraciones de metabolitos y cortisol y la ganancia de peso (Experimento 1)*.

Tiempo ^a	Glucosa				Urea				Cortisol			
	0	1	3	5	0	1	3	5	0	1	3	5
Ganancia de peso												
Semanas 1-2 ^b	-.189	.001	.077	.118	-.029	.293	.182	-.139	.154	.165	.238	-.112
^c	.007	NS	NS	NS	NS	.001	.010	NS	.031	.020	.001	NS
Semanas 3-4 ^b	.065	.122	.032	-.074	.023	-.058	-.142	.213	-.117	.023	-.019	.104
^c	NS	NS	NS	NS	NS	NS	.045	.009	NS	NS	NS	NS
Semanas 5-6 ^b	.257	-.246	-.063	-.079	-.089	-.370	-.424	.134	-.129	-.194	-.061	.064
^c	.001	.001	NS	NS	NS	.001	.001	NS	NS	.001	NS	NS
Semanas 1-6 ^b	.088	-.028	.028	-.033	-.042	-.098	-.260	.171	-.080	-.001	.069	.051
^c	NS	NS	NS	NS	NS	NS	.001	.037	NS	NS	NS	NS

* N = 198.

^a Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1, 3 y 5 = Final de las semanas 1, 3 y 5, respectivamente.

^b Coeficiente de correlación.

^c Nivel de probabilidad; NS = No significativo, P > 0.10.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación de las concentraciones de metabolitos y cortisol (Experimento 1)*.

		Glucosa Tiempo ^a				Urea Tiempo ^a			
		0	1	3	5	0	1	3	5
Cortisol Tiempo ^a	0								
	b	-0.098	-0.018	0.124	-0.034	-0.035	0.218	0.244	-0.249
	c	0.17	0.79	0.08	0.68	0.62	0.01	0.001	0.001
1	b	-0.048	0.256	0.202	-0.199	0.056	0.219	0.147	0.122
	c	0.49	0.001	0.001	0.014	0.42	0.01	0.03	0.13
3	b	-0.029	0.022	0.163	0.128	-0.023	0.223	0.149	0.001
	c	0.67	0.75	0.02	0.12	0.74	0.001	0.03	0.99
5	b	0.024	0.071	0.002	0.001	-0.052	0.033	-0.031	0.126
	c	0.77	0.39	0.97	0.99	0.53	0.69	0.70	0.13

* N = 198.

^a Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1, 3 y 5 = Final de las semanas 1, 3 y 5, respectivamente.

^b Nivel de correlación.

^c Nivel de probabilidad.

Cuadro 8. Efecto de la interacción Densidad × Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento (Experimento 2).

	Densidad ^a	1		2		3		EEM ^c
	Sexo ^b	M	H	M	H	M	H	
	n	10	10	10	10	10	10	
Semana 1 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.14	1.95	1.80	1.77	1.67	1.70	0.097
Ganancia de peso, kg/d		0.69	0.62	0.58	0.66	0.48	0.47	0.105
Eficiencia alimenticia		0.31	0.33	0.29	0.36	0.31	0.33	0.036
Semana 2 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.32	1.99	1.90	1.83	1.76	1.74	0.088
Ganancia de peso, kg/d		0.91	0.77	0.72	0.82	0.80	0.70	0.088
Eficiencia alimenticia		0.41	0.39	0.41	0.45	0.47	0.42	0.049
Semana 3 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.46	2.07	1.99	1.88	1.87	1.80	0.081
Ganancia de peso, kg/d		1.00	0.81	0.88	0.71	0.75	0.68	0.091
Eficiencia alimenticia		0.41	0.40	0.46	0.37	0.43	0.39	0.051
Semana 4 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.53	2.11	2.08	1.94	1.94	1.83	0.081
Ganancia de peso, kg/d		0.77	0.63	0.59	0.61	0.69	0.58	0.085
Eficiencia alimenticia		0.29	0.29	0.27	0.31	0.35	0.33	0.038
Semanas 1-4 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.36	2.03	1.94	1.86	1.82	1.77	0.085
Ganancia de peso, kg/d		0.84	0.70	0.67	0.69	0.65	0.56	0.045
Eficiencia alimenticia		0.36	0.35	0.35	0.38	0.37	0.33	0.019

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso. ^b Sexo M = machos castrados; H = hembras. ^c Error estándar de la media. ^d No hubo efecto de la interacción Densidad × Sexo, P > 0.10.

Cuadro 9. Efecto de la Densidad y el Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento (Experimento 2).

	n	Densidad ^a			EEM ^c	Sexo ^b		EEM ^c
		1	2	3		M	H	
Semana 1	20	20	20		30	30		
Consumo de alimento, kg/d ^d	2.05	1.79	1.69	0.069	1.87	1.81	0.056	
Ganancia de peso, kg/d	0.65	0.62	0.47	0.074	0.59	0.58	0.061	
Eficiencia alimenticia	0.33	0.33	0.32	0.026	0.30	0.34	0.021	
Semana 2								
Consumo de alimento, kg/d ^{de}	2.16	1.86	1.75	0.062	1.99	1.85	0.051	
Ganancia de peso, kg/d	0.84	0.77	0.75	0.062	0.81	0.76	0.050	
Eficiencia alimenticia	0.40	0.43	0.44	0.035	0.43	0.42	0.028	
Semana 3								
Consumo de alimento, kg/d ^{df}	2.26	1.93	1.83	0.057	2.10	1.92	0.047	
Ganancia de peso, kg/d	0.90	0.79	0.71	0.064	0.87	0.73	0.052	
Eficiencia alimenticia	0.40	0.42	0.42	0.036	0.43	0.39	0.029	
Semana 4								
Consumo de alimento, kg/d ^{df}	2.32	2.01	1.88	0.057	2.18	1.96	0.047	
Ganancia de peso, kg/d	0.70	0.60	0.63	0.060	0.68	0.60	0.049	
Eficiencia alimenticia	0.29	0.29	0.34	0.026	0.30	0.31	0.021	
Semanas 1-4								
Consumo de alimento, kg/d ^{dg}	2.19	1.90	1.79	0.060	2.04	1.88	0.049	
Ganancia de peso, kg/d ^{de}	0.77	0.68	0.60	0.032	0.72	0.65	0.026	
Eficiencia alimenticia	0.36	0.36	0.35	0.013	0.36	0.35	0.011	

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso. ^b Sexo M = machos castrados; H = hembras. ^c Error estándar de la media. ^d Efecto lineal de Densidad, P < 0.01. ^e Efecto de Sexo, P < 0.08. ^f Efecto de Sexo, P < 0.01. ^g Efecto de Sexo, P < 0.04.

Cuadro 10. Efecto de la interacción Densidad × Sexo × Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en crecimiento (Experimento 2).

	Densidad ^a	1		2		3		EEM ^c
	Sexo ^b	M	H	M	H	M	H	
	n	10	10	10	10	10	10	
Tiempo ^d		Glucosa, mg/dl ^e						
0		112.5	151.1	107.5	111.1	109.4	118.2	
1		107.1	111.3	129.5	126.7	107.0	117.4	
3		128.8	118.6	110.5	117.3	97.4	107.0	15.634
Tiempo ^d		Urea, mg/dl ^e						
0		25.3	22.5	25.6	25.4	22.8	22.5	
1		30.1	28.8	28.2	28.0	27.4	27.8	
3		26.6	25.0	27.8	28.5	27.0	25.6	2.259
Tiempo ^d		Glicerol, mg/dl ^e						
0		24.0	19.7	22.2	23.2	22.1	20.4	
1		22.7	23.4	18.5	17.7	20.4	16.3	
3		19.6	23.0	18.6	18.5	19.8	16.6	2.699
Tiempo ^d		Cortisol, µg/dl ^e						
0		5.9	6.3	5.7	4.6	5.3	6.9	
1		3.2	4.8	2.7	2.9	3.0	2.6	
3		2.2	2.9	3.0	2.8	3.6	2.4	0.595

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso. ^b Sexo M = machos castrados; H = hembras. ^c Error estándar de la media. ^d Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1 y 3 = Final de las semanas 1 y 3, respectivamente. ^e No hubo efecto de la interacción Densidad × Sexo × Tiempo de muestreo, P > 0.10.

Cuadro 11. Efecto de la Densidad, el Sexo y el Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en crecimiento (Experimento 2).

	Densidad ^a				Sexo ^b			Tiempo ^c			
	1	2	3	EEM ^d	M	H	EEM ^d	0	1	3	EEM ^d
n	20	20	20		30	30		60	60	60	
Glucosa, mg/dl	121.6	117.1	109.5	6.382	112.3	119.8	5.210	118.3	116.5	113.3	6.382
Urea, mg/dl ^e	26.4	27.3	25.5	0.922	26.7	26.0	0.753	24.0	28.4	26.7	0.922
Glicerol, mg/dl	22.1	19.8	19.3	1.102	20.9	19.9	0.899	21.9	19.8	19.4	1.102
Cortisol, µg/dl ^e	4.2	3.6	3.9	0.243	3.8	4.0	0.198	5.8	3.2	2.8	0.243

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso.

^b Sexo M = machos castrados; H = hembras.

^c Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1 y 3 = Final de las semanas 1 y 3, respectivamente.

^d Error estándar de la media.

^e Efecto de Tiempo de muestreo (cuadrático, P < 0.01).

Cuadro 12. Efecto de la interacción Densidad × Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en finalización (Experimento 2).

	Densidad ^a	1		2		3		EEM ^c
	Sexo ^b	M	H	M	H	M	H	
	n	9	9	9	9	9	9	
Semana 1 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.65	2.45	2.59	2.40	2.15	2.09	0.139
Ganancia de peso, kg/d		0.73	0.88	0.87	0.21	0.39	0.44	0.219
Eficiencia alimenticia		0.25	0.33	0.32	0.16	0.22	0.23	0.063
Semana 2 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.79	2.57	2.66	2.41	2.13	2.07	0.131
Ganancia de peso, kg/d		1.00	0.94	0.93	0.96	0.78	0.76	0.104
Eficiencia alimenticia		0.35	0.36	0.37	0.40	0.39	0.40	0.050
Semana 3 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.89	2.66	2.66	2.41	2.20	2.08	0.133
Ganancia de peso, kg/d		0.89	0.66	0.66	0.62	0.55	0.67	0.098
Eficiencia alimenticia		0.30	0.25	0.24	0.26	0.26	0.33	0.041
Semana 4 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.96	2.69	2.67	2.42	2.25	2.11	0.128
Ganancia de peso, kg/d		0.85	0.75	0.60	0.70	0.40	0.58	0.117
Eficiencia alimenticia		0.29	0.28	0.22	0.28	0.17	0.25	0.047
Semanas 1-4 ^d								
Consumo de alimento, kg/d		2.82	2.59	2.65	2.41	2.18	2.08	0.130
Ganancia de peso, kg/d		0.87	0.79	0.75	0.65	0.60	0.60	0.060
Eficiencia alimenticia		0.30	0.31	0.29	0.27	0.28	0.30	0.024

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso. ^b Sexo M = machos castrados; H = hembras. ^c Error estándar de la media. ^d No hubo efecto de la interacción Densidad × Sexo, P < 0.10.

Cuadro 13. Efecto de la Densidad y el Sexo sobre el comportamiento productivo de cerdos en finalización (Experimento 2).

	n	Densidad ^a			EEM ^c	Sexo ^b		EEM ^c
		1	2	3		M	H	
Semana 1		18	18	18		27	27	
Consumo de alimento, kg/d ^d		2.55	2.50	2.12	0.098	2.46	2.31	0.080
Ganancia de peso, kg/d		0.81	0.54	0.42	0.154	0.66	0.51	0.126
Eficiencia alimenticia		0.29	0.24	0.23	0.044	0.27	0.24	0.036
Semana 2								
Consumo de alimento, kg/d ^d		2.68	2.53	2.10	0.092	2.53	2.35	0.075
Ganancia de peso, kg/d		0.97	0.94	0.77	0.073	0.90	0.89	0.060
Eficiencia alimenticia		0.36	0.38	0.39	0.035	0.37	0.39	0.028
Semana 3								
Consumo de alimento, kg/d ^{df}		2.78	2.53	2.14	0.094	2.58	2.38	0.077
Ganancia de peso, kg/d		0.77	0.64	0.61	0.069	0.70	0.65	0.056
Eficiencia alimenticia		0.28	0.25	0.29	0.029	0.27	0.28	0.023
Semana 4								
Consumo de alimento, kg/d ^{de}		2.82	2.55	2.18	0.091	2.63	2.40	0.074
Ganancia de peso, kg/d		0.80	0.65	0.49	0.082	0.62	0.68	0.067
Eficiencia alimenticia		0.28	0.25	0.21	0.033	0.23	0.27	0.027
Semanas 1-4								
Consumo de alimento, kg/d ^{df}		2.71	2.53	2.13	0.092	2.55	2.36	0.075
Ganancia de peso, kg/d ^d		0.83	0.70	0.60	0.042	0.74	0.68	0.035
Eficiencia alimenticia		0.30	0.28	0.29	0.017	0.29	0.29	0.014

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso. ^b Sexo M = machos castrados; H = hembras.

^c Error estándar de la media. ^d Efecto de Densidad (lineal, P < 0.01). ^e Efecto de Sexo, P < 0.04. ^f Efecto de Sexo, P < 0.10.

Cuadro 14. Efecto de la interacción Densidad × Sexo × Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en finalización (Experimento 2).

Densidad ^a	1		2		3		EEM ^c	
Sexo ^b	M	H	M	H	M	H		
	n	9	9	9	9	9		
Tiempo ^d		Glucosa, mg/dl ^e						
0		106.8	87.2	93.5	106.1	102.1	104.9	
1		106.1	82.6	98.5	97.7	102.9	93.8	
3		90.3	85.5	112.2	117.6	102.4	108.6	
								8.243
Tiempo ^d		Urea, mg/dl ^e						
0		21.7	23.1	24.6	21.8	22.1	21.6	
1		24.2	18.0	22.7	17.8	18.5	20.6	
3		18.9	24.9	24.9	21.7	21.3	20.7	
								2.541
Tiempo ^d		Glicerol, mg/dl ^e						
0		17.5	24.1	19.4	17.2	21.5	21.3	
1		20.5	20.7	20.4	15.8	20.1	25.8	
3		12.0	16.2	16.6	20.4	17.0	14.5	
								2.621
Tiempo ^d		Cortisol, µg/dl ^e						
0		4.5	3.1	3.5	5.3	4.8	4.8	
1		3.0	2.3	2.8	1.9	2.9	2.2	
3		2.4	2.0	3.4	1.8	3.0	2.1	
								0.601

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso. ^b Sexo M = machos castrados; H = hembras. ^c Error estándar de la media. ^d Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1 y 3 = Final de las semanas 1 y 3, respectivamente. ^e No hubo efecto de la interacción Densidad × Sexo × Tiempo de muestreo, P > 0.10.

Cuadro 15. Efecto de la Densidad, el Sexo y el Tiempo de muestreo sobre la concentración sérica de metabolitos y cortisol de cerdos en finalización (Experimento 2).

	Densidad ^a				Sexo ^b			Tiempo ^c				
	n	1	2	3	EEM ^d	M	H	EEM ^d	0	1	3	EEM ^d
Glucosa, mg/dl	18	93.1	104.3	102.5	3.365	27	27	2.747	54	54	54	3.365
Urea, mg/dl	18	21.8	22.3	20.8	1.037	27	27	0.847	54	54	54	1.037
Glicerol, mg/dl ^e	18	18.5	18.3	20.0	1.070	27	27	0.873	54	54	54	1.070
Cortisol, µg/dl ^{ef}	18	2.9	3.1	3.3	0.245	27	27	0.200	54	54	54	0.245

^a Densidad 1= un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 2 = dos cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso; Densidad 3 = cuatro cerdos alojados en grupo con 2.5 m² disponible de piso.

^b Sexo M = machos castrados; H = hembras.

^c Tiempo 0 = Inicio del experimento; Tiempos 1 y 3 = Final de las semanas 1 y 3, respectivamente.

^d Error estándar de la media.

^e Efecto de Tiempo de muestreo (cuadrático, P < 0.01).

^f Efecto de Sexo P = 0.06.

Cuadro 16. Conducta alimenticia y asignación del Grado de estrés en cerdos en crecimiento y finalización (Experimento 2).

Etapa	Densidad	Grado de Estrés	Visitas ^a	Tiempo ^b
<i>Crecimiento</i>	1	1	3.40	34.80
	2	2	4.70	39.60
	2	3	4.50	31.60
	3	4	5.00	38.00
	3	5	4.10	30.70
	3	6	3.70	27.20
	3	7	3.70	21.10
<i>Finalización</i>	Densidad	Grado de Estrés	Visitas ^a	Tiempo ^b
	1	1	4.66	35.88
	2	2	5.33	40.77
	2	3	5.33	30.00
	3	4	6.33	48.77
	3	5	6.11	37.77
	3	6	4.77	35.55
3	7	4.55	26.55	

^a Promedio del número de vistas al comedero. ^b Tiempo total de estancia en el comedero, expresado en minutos.

Cuadro 17. Efecto del Grado de estrés sobre la ganancia de peso (kg/d), metabolitos sanguíneos y cortisol en cerdos en crecimiento (Experimento 2)^a.

Densidad		1	2	3	4	5	6	7
Grado de Estrés		1	2	3	4	5	6	7
Variable	Semana							
GDP, kg	1	0.63	0.68	0.43	0.48	0.59	0.39	0.50
	2	0.83	0.74	0.76	0.76	0.71	0.74	0.65
	3	0.90	0.85	0.78	0.72	0.69	0.63	0.56
	4	0.66	0.60	0.62	0.67	0.62	0.54	0.49
	1-4	0.75	0.72	0.65	0.66	0.65	0.58	0.55
Glucosa	0	100.6	98.6	101.3	107.3	127.8	120.2	110.2
	1	96.7	105.2	124.4	102.1	104.5	113.5	130.7
	3	87.2	118.1	121.6	102.1	108.8	8.3	103.2
Urea	0	21.1	19.1	28.4	20.9	21.9	22.1	22.4
	1	20.9	16.7	30.7	27.4	25.4	28.1	28.0
	3	14.0	17.5	34.9	14.6	20.0	26.7	24.8
Glicerol	0	100.6	105.1	22.2	98.5	18.3	23.4	17.1
	1	96.7	97.7	14.9	86.8	17.7	12.6	16.7
	3	87.2	110.7	21.8	109.8	17.2	14.0	18.4
Cortisol	0	3.9	4.4	4.6	5.4	7.5	7.5	6.0
	1	2.8	2.7	2.9	2.5	2.4	2.3	2.9
	3	2.5	2.8	2.5	2.8	2.5	2.0	2.5

^aNúmero de animales usados en el análisis = 20 por cada Grado de estrés.

Continuación cuadro 17. Probabilidades asociadas a las fuentes de variación sobre la ganancia de peso (kg/d), metabolitos sanguíneos y cortisol en cerdos en crecimiento*.

Fuente de variación		Análisis 1			Análisis 2			Análisis 3			Análisis 4		
		G. E. ^a	Sexo	Tiempo	G. E. ^a	Sexo	Tiempo	G. E. ^a	Sexo	Tiempo	G. E. ^a	Sexo	Tiempo
Variable GDP, kg	Semana												
	1	NS	NS	-	NS	NS	-	NS	NS	-	NS	NS	-
	2	NS	NS	-	NS	NS	-	NS	NS	-	0.01	NS	-
	3	NS	0.05 ^b	-	NS	NS	-	0.01	NS	-	0.01	NS	-
	4	NS	NS	-	NS	NS	-	NS	NS	-	NS	NS	-
	1-4	NS	0.05 ^c	-	0.08 ^d	NS	-	0.01	NS	-	0.01	0.05 ^f	-
Glucosa		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Urea		NS	NS	0.05 ^d	0.05 ^d	NS	0.05	NS	NS	0.05 ^d	NS	NS	NS
Glicerol		NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.05	NS	NS	NS	NS	0.05 ^d
Cortisol		NS	NS	0.01 ^e	NS	NS	0.01 ^e	NS	NS	0.01 ^e	NS	NS	0.01 ^e

* Ninguna interacción de las fuentes de variación resultó significativa, $P > 0.10$. ^a Grado de Estrés. ^b Efecto de Sexo (Machos castrados = 0.87; Hembras = 0.77 kg/d). ^c Efecto de sexo (Machos castrados = 0.75; Hembras = 0.67 kg/d). ^d Efecto cuadrático ($P < 0.05$). ^e Efecto lineal ($P < 0.01$). ^f Efecto de Sexo (Machos castrados = 0.71; Hembras = 0.60 kg/d). ^e Efecto lineal ($P < 0.01$).

Cuadro 18. Efecto del Grado de estrés sobre la ganancia de peso (kg/d), metabolitos sanguíneos y cortisol en cerdos en finalización (Experimento 2).

Densidad		1	2		3			
Grado de Estrés		1	2	3	4	5	6	7
Variable	Semana							
GDP, kg	1	0.79	0.67	0.53	0.27	0.49	0.28	0.79
	2	1.02	0.95	0.89	0.80	0.89	0.75	0.77
	3	0.64	0.71	0.55	0.67	0.63	0.56	0.61
	4	0.89	0.68	0.51	0.57	0.68	0.63	0.58
	1-4	0.83	0.75	0.62	0.58	0.67	0.56	0.69
Glucosa	0	110.9	102.1	104.0	106.0	104.6	87.9	111.5
	1	108.0	105.8	91.8	105.7	75.0	95.3	95.9
	3	90.1	125.8	110.5	95.1	127.6	120.1	99.4
Urea	0	20.9	21.7	21.6	22.6	21.3	20.6	22.1
	1	23.0	17.5	16.7	21.3	20.0	20.0	19.5
	3	20.1	24.7	23.9	21.3	20.9	20.8	20.1
Glicerol	0	18.2	18.6	19.4	22.0	21.5	23.1	19.5
	1	21.5	13.9	17.6	33.0	20.5	22.8	21.0
	3	13.2	20.1	18.4	17.4	12.3	9.0	18.5
Cortisol	0	4.6	5.0	6.3	4.8	4.2	5.4	6.4
	1	3.1	2.4	3.3	2.1	2.5	2.4	1.5
	3	3.0	2.4	2.6	2.3	3.1	2.0	2.3

^a Número de animales usados en el análisis = 18 por cada Grado de estrés.

Continuación cuadro 18. Probabilidades de las fuentes de variación sobre la ganancia de peso (kg/d), metabolitos sanguíneos y cortisol en cerdos en finalización*.

Análisis		1			2			3			4		
Fuente de variación		G. E. ^a	Sexo	Tiempo									
Variable	Semana												
GDP, kg	1	0.01 ^b	NS	-	NS	NS	-	0.05	NS	-	NS	NS	-
	2	NS	NS	-	NS	NS	-	0.05	NS	-	0.05	NS	-
	3	NS	NS	-									
	4	0.06 ^b	NS	-	0.05 ^c	NS	-	0.09	NS	-	0.06	NS	-
	1-4	0.01 ^b	NS	-	0.01 ^c	NS	-	0.01	NS	-	0.08	NS	-
Glucosa		0.06 ^c	NS	NS	NS	NS	NS	0.04 ^d	NS	NS	NS	NS	NS
Urea		NS	NS	NS									
Glicerol		NS	NS	0.05 ^c	NS	NS	0.01 ^c	NS	NS	0.01 ^c	NS	NS	NS
Cortisol		NS	NS	0.01 ^c	NS	NS	0.01 ^b	NS	NS	0.01 ^b	NS	NS	0.01 ^b

* Ninguna interacción de las fuentes de variación resultó significativa, $P > 0.10$. ^a Grado de Estrés. ^b Efecto lineal ($P < 0.01$).

^c Efecto cuadrático ($P < 0.05$). ^d Efecto de Sexo (Machos castrados = 106.08 mg/dl; Hembras = 93.93 mg/dl).

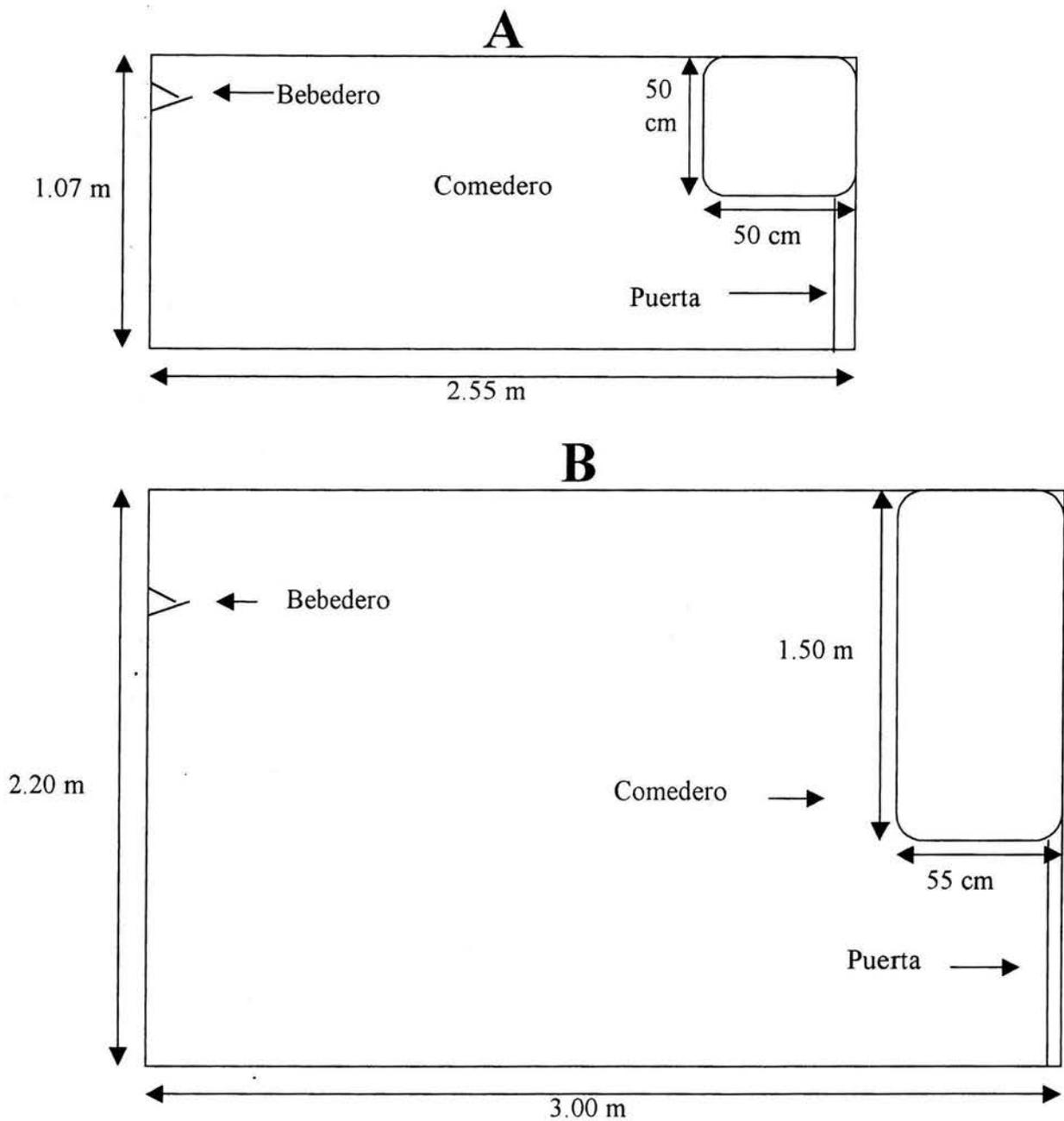


Figura 1. Diseño de los corrales.

- (A) Corral para el cerdo alojado individualmente del experimento 1 y todas las Densidades del experimento 2.
- (B) Corral para los cerdos alojados en grupo del experimento 1.

7. Literatura Citada

- Aron, D. C. and J. B. Tyrrell. 1994. Glucocorticoids and adrenal androgens. In: Greenspan F. S. and Baxter, J. D. Basic and Clinical Endocrinology. Fourth edition. Appleton and Lange.
- Axelrod, J. and T. D. Reisine. 1984. Stress hormones: Their interaction and regulation. *Science*. 224:452-459.
- Becker, B. A., J. A. Nienaber, R. K. Christenson, R. C. Manak, J. A. DeShazer and G. L. Hahn. 1985. Peripheral concentrations of Cortisol as an indicator of stress in the pig. *Am. J. Vet. Res.* 46:1034-1038.
- Beilharz, R. G., and D. F. Cox. 1967. Social dominance in swine. *Anim. Behav.* 15:117-122.
- Björk, A., N. G. Olsson, E. Christenson, K. Martinsson and O. Olsson. 1988. Effects of amperozide on biting behavior and performance in restricted-fed pigs following regrouping. *J. Anim. Sci.* 66:669-675.
- Black, J. L. and J. R. Carr. 1993. A symposium-stocking arrangement on pig performance. Symposium introduction in: E. S. Batterham (Ed) Manipulating pig production. IV. Australian pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia. pp 84.
- Blecha, F. 2000. Immune system response to stress, in CAB international. The biology of animal stress. Eds. G. P. Moberg and J. A. Mench. Pp 111-121.
- Brumm, M. C. and P. S. Miller. 1996. Response of pigs to space allocation and diets varying in nutrient density. *J. Anim. Sci.* 74:2730-2737.
- Bustamante, M., G. W. Jesse, B. A. Becker, and, G. F. Krause. 1996. Effects of individual vs. group penning on the performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 74:1457-1461.
- Campbell, R. G. and M. R. Taverner. 1985. Effect of strain and sex on protein and energy metabolism in growing pigs. In R. W. Moc, II F. Tyrell and P. J. Reynolds (Eds) Energy metabolism of farm animals. European Association of Animal Production, publication No. 32 pp 78-81.
- Close, W. H., L. E. Mount and D. Brown. 1978. The effects of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. 2. Growth Rate. Growth Rate, including protein and fat absorption. *Br. J. Nutr.* 40:423

- Chapple, R. P. 1993. Effects of stocking arrangement on pig performance. In: E. S. Batterham (Ed.) *Manipulating pig production IV*. Australian Pig Sci. Assoc. Pp 87-104. Attwood, Victoria, Australia.
- Chen, H. Y., A. J. Lewis, P. S. Miller, and J. T. Yen. 1999a. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 77:3238-3247.
- Chen, H. Y., A. J. Lewis, P. S. Miller, and J. T. Yen. 1999b. The effect of infusion of urea into the vena cava on feed intake of finishing gilts. *J. Anim. Sci.* 77:3248-3252.
- Dantzer, R. 1986. Behavioral, physiological and functional aspects of stereotyped behavior: A review and re-interpretation. *J. Anim. Sci.* 62:1776-1786.
- Dantzer, R. and P. Mormede. 1981. Influence de mode d'élevage sur le comportement et l'activité hypophocorticosurrénalienne du porcelet. *Reprod. Nutr. Develop.* 21:661. 57:1-18.
- Dantzer, R. and P. Mormede. 1983. Stress in farm animals: A need for reevaluation. *J. Anim. Sci.* 57:1-18.
- de Groot, J., M. A. W. Ruis, J. W. Scholten, J. M. Koolhaas, W. J. A. Boersma. 2001. *Physiol. Behav.* 73: 145-158.
- de Haer, L. C. M., and A. G. de Vries. 1993. Feed intake patterns of and feed digestibility in growing pigs housed individually or in groups. *Livest. Prod. Sci.* 33:277-292.
- de Haer, L. C. M., and J. W. Mercks. 1992. Patterns of daily food intake in growing pigs. *Anim. Prod.* 54:95-104.
- de Jonge, F. H., E. A. M. Bokkers, W. G. P. Schouten, F. A. Helmond, 1996. Rearing piglets in a poor environment: Developmental aspects of social stress in pigs. *Physiol. Behav.* 60: 389-96.
- Doornenbal, H., A. K. W. Tong, A. H. Martin and A. P. Sather. 1983. Studies on the performance, development and carcass composition of the growing pig: Effects of sex, feeding regime, and age on blood serum parameters. *Can. J. Anim. Sci.* 63:977-984.
- Edmonds, M. S., Arenston, B. E., and Mente, A. G. 1998. Effect of protein levels and space allocations on performance of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:814-821.
- Eisemann, J. H., and R. A. Argenzio. 1999. Effect of diet and housing density on growth and stomach morphology in pigs. *J. Anim. Sci.* 77:2709-2714.

- Ewbank, R. L. 1985. Behavioral responses to stress in farm animal. In: Moberg, G. P.: *Animal Stress. American Physiology Society*. Bethesda, Maryland. pp 71-79.
- Funderburke, D. W. and R. W. Seerley. 1990. The effects of postweaning stressors on pig weight change, blood, liver, and digestive tract characteristics. *J. Anim. Sci.* 68:155-162.
- Gómez, R. S., A. J. Lewis, P. S. Miller, and H.-Y. Chen. 2000. Growth performance and metabolic responses of gilts penned individually or in groups of four. *J. Anim. Sci.* 78:597-603.
- Gómez, R. S., A. J. Lewis, P. S. Miller, and H.-Y. Chen. 2002a. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.* 80:644-653.
- Gómez, R. S., A. J. Lewis, P. S. Miller, and H.-Y. Chen. 2002b. Body composition and tissue accretion rates of barrows, fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.* 80:654-662.
- Gonyou, H. W., and W. R. Stricklin. 1998. Effects of floor area allowance and group size on the productivity of growing/finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:1326-1330.
- Gonyou, H. W., G. R. Frank and R. P. Chapple. 1994. Performance and behavior of pigs penned individually or in groups of five, ten or fifteen. *J. Anim. Sci.* (Supl. Abst).
- Gonyou, H. W., R. P. Chapple and G. R. Frank. 1992. Productivity time budgets and social aspects of eating in pigs penned in groups of five or individually. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 34:291-301
- Grandhi, R. R., and J. H. Strain. 1982. Blood metabolite levels in feed-restricted hogs. *Can. J. Anim. Sci.* 62:315-319.
- Hacker, R. R., Z. Du, and C. J. D'arcy. 1994. Influence of penning type and feeding level on sexual behavior and feet and leg soundness in boars. *J. Anim. Sci.* 72:2531-2537.
- Hahn, J. D., R. R. Biehl, and D. H. Baker. 1995. Ideal digestible lysine level for early- and late-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:773-784.
- Hanoune, J., A. M. Chambaut and A. Josiposicz. 1972. *Arch. Biochem. Biophys.* 148:180-184.
- Henry, Y., B. Seve, Y. Colleaux, P. Ganier, C. Saligaut, and P. Jégo. 1992. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *J. Anim. Sci.* 70:1873.

- Hsia, L. C. and D. G. M. Wood-Gush. 1983. A note on social facilitation and competition in the feeding behavior of pigs. *Anim. Prod.* 37: 149-157.
- Hsia, L. C. and D. G. M. Wood-Gush. 1984. Social facilitation in the feeding behavior of pigs and effect of rank. *Appl. Anim. Ethol.* 11:265-270.
- Hyun, Y., and M. Ellis. 2001. Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79:803-810.
- Hyun, Y., M. Ellis and R. W. Johnson. 1998b. Effects of feeder type, space allowance and mixing on the growth performance and feed intake pattern of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:2771-2778.
- Hyun, Y., M. Ellis, G. Riskowski and R. W. Johnson. 1998a. Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J. Anim. Sci.* 76:721-727.
- Jensen, A. H., 1991. Environmental and management factors that influence swine nutrition. In: E. R. Miller, D. E. Ullrey, and A. J. Lewis (Eds.). *Swine Nutrition*. Butterworth-Heinemann, Boston, MA. pp 387-399.
- Jensen, P., 1982. An analysis of agonistic interaction patterns in group-housed dry sows- Aggression regulation through an "avoidance order". *Appl. Anim. Ethol.* 9:47-61.
- Kornegay, E. T. and Notter. 1984. Effects of floor space and number of pigs per pen on performance. *Pigs News.* 5:23.
- Kornegay, E. T., J. B. Meldrum and W. R. Chickering. 1993a. Influence of floor space allowance and dietary selenium and zinc on growth performance, clinical pathology measurements and liver enzymes, and adrenal weights of weanling pig. *J. Anim. Sci.* 71:3185-3198.
- Kornegay, E. T., M. D. Lindemann and V. Ravindran. 1993b. Effects of dietary lysine levels on performance and immune response of pigs housed at two floor space allowances. *J. Anim. Sci.* 71:552-556.
- Ladewig, J. 2000. Chronic intermittent stress: a model for the study of long-term stressors. In CAB international. *The biology of animal stress*. Eds. G. P. Moberg and J. A. Mench. Pp 159-169.
- Lay Jr., D. C. and M. E. Wilson. 2002. Physiological indicators of stress in domestic livestock. Symposium on concentrated animal feeding operations regarding animal behavior, care and well being. American society of animal science.
- Lindemann, M. D., E. T. Kornegay, J. B. Meldrum, G. Schurig, and F. G. Gwazdauskas. 1987. The effect of feeder space allowance on weaned pig performance. *J. Anim. Sci.* 64:8.

- Lindvall, R. N. 1981. Effect of flooring material and number of pigs per pen on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.* 53:863.
- López, J., G. W. Jesse, B. A. Becker and M. R. Ellersieck. 1991. Effects of temperature on the performance of finishing swine: I. Effect of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake, and feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 69:1843-1849.
- McDonald, L. E., 1988. Veterinary endocrinology and reproduction. Chapter 7: The adrenal cortex. Third edition. Lea and Febiger.
- McGlone, J. J. 1986. Agonistic behavior in food animals: Review of research and techniques. *J. Anim. Sci.* 62:1130-1139.
- McGlone, J. J. and S. E Curtis. 1985. Behavior and performance of weanling pigs in pens equipped with hide areas. *J. Anim. Sci.* 60:20-24
- McGlone, J. J., J. L. Salak, E. A. Lumpking, R. I. Nicholson, M. Gibson and R. L. Norman. 1993. Shipping stress and social status effects on pig performance plasma cortisol natural killer cell activity and leucocyte numbers. *J. Anim. Sci.* 71:888-896.
- McGlone, J. J., W. F. Stansbury and Tribble L. F. 1987. Effects of heat and social stressors and within-pen weight variation on young pig performance and agonistic behavior. *J. Anim. Sci.* 65:456-462.
- Moberg, G. P. 1987. Problems in in defining stress and distress in animals. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 191:1207-1211.
- Moberg, G. P. 1993. A review-developing management strategies to reduce stress in pigs: a new approach utilizing the biological cost of stress. In: E. S. Batterham (Ed.) *Manipulating pig production IV*. Australian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia. pp 116-126.
- Moberg, G. P. 2000. Biological Response to Stress: Implications for animal welfare, In CAB international. *The biology of animal stress*. Eds. G. P. Moberg and J. A. Mench. Pp 1-21.
- Mormede, P. 1990. Neuroendocrine responses to social stress. In: Zayan, R. and Dantzer, R. *Social stress in domestic animals*. Kluwer academic publishers, Dordrecht, The Netherlands. Pp 203-211.
- Moser, R. L., S. G. Cornelius, J. E. Pettigrew, Jr., H. E. Hanke, and C. D. Hagen. 1985. Response of growing-finishing pigs to decreasing floor space allowance and (or) virginiamycin in diet. *J. Anim. Sci.* 61:337-342.
- Moss, B. W. 1981. The development of a blood profile for stress assesment. In: Sybesma W., Ed. *The welfare of pigs*. The Hague. Martinus Nijhoff publishers. pp 112-125.

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

- NCR-42. Committee on swine nutrition. 1993. An attempt to counteract growth depression from overcrowding finishing pigs with a nutrient-dense diet. *J. Anim. Sci.* 71 (Suppl. 1):179 (Abstr).
- NCR-89. Committee on confinement management of swine. 1993. Space requirements of barrows and gilts penned together from 54 to 113 kilograms. *J. Anim. Sci.* 71:1088-1091.
- Nielsen, B. L., A. B. Lawrence and C. T. Whittemore. 1995. Effect of group size on feeding behavior, social behavior, and performance of growing pigs using single-space feeders. *Liv. Prod. Sci.* 44:73-85
- Nielsen, B. L., and A. B. Lawrence. 1993. Effect of group size on the behavior and performance of growing pigs. In: E. S. Batterham (Ed.) *Manipulating pig production IV*. Australian Pig Sci. Assoc. pp 85-87. Attwood, Victoria, Australia.
- Nienaber, J. A., T. P. McDonald, G. L. Hahn, and Y. R. Chen. 1991. Group feeding behavior of swine. *Trans. ASAE.* 34:289-294.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. National research council. 10th Ed. National academy press. Washington, DC.
- Oka, L., P. R. Smith, and W. A. Pattie. 1982. Growth and carcass composition of individually and group fed pigs. *Proceeding of the Australian Society of Animal Production.* 14:565-568.
- Patterson, D. C. 1985. A note on the effect of individual penning on the performance of fattening pigs. *Anim. Prod.* 40: 185-188.
- Petherick, J. C., A. W. Beattie, and D. A. V. Bodero. 1989. The effect of group size on the performance of growing pigs. *Anim. Prod.* 49: 497-502.
- Randolph, J. H., G. L. Cromwell, T. S. Stahly and D. D. Kratzer. 1981. Effects of group size and space allowance on performance and behavior of swine. *J. Anim. Sci.* 53:922-927.
- Ruis, A. W. M., H. A. J. te Brake, B. Engel, W. G. Buist, H. J. Blokhuis, J. M. Koolhaas. 1997. The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: effects of age, gender and stress. *Physiol. Behav.* 62, 623-630.
- SAGAR. 1998. Situación actual y perspectivas de la producción de carne de porcino en México 1990-1998. México, abril de 1998.
- SAGARPA. 2002. Producción de carne de porcino en México. Sistema de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). www.sagarpa.gob.mx

- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Cary, NC. SAS Institute Inc.
- Schrader, L., J. Ladewig. 1999. Temporal differences in the responses of the pituitary adrenocortical axis, heart rate, and behavior to a daily repeated stressor in domestic pigs. *Physiology and Behavior*, Vol. 66, No. 5, pp. 775-783.
- Spencer, G. S. 1980. Relationship between plasma somatomedin activity and levels of Cortisol and free fatty acids following stress in pigs. *J. Endocrin.* 84:109-114.
- Spencer, G. S. and K. G. Hallett. 1981. Hormone and metabolite changes with stress in pigs. In: M. E. Tumbleson (Ed.) Swine in biomedical research. Vol. 2. pp 159-165. Plenum press. N. Y.
- Spencer, G. S. and K. G. Hallett. 1985. Hormone and metabolite changes with stress in pigs. In: M. E. Tumbleson (Ed.) Swine in biomedical research. Vol. 2. Plenum press. N. Y. pp 159-165.
- Spicer, H. M., and F. X. Aherne. 1987. The effects of group size/stocking density on weanling pigs performance and behavior. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 19:89-98.
- Steel, R.G. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics 2nd Ed., McGraw-Hill, NY.
- Stookey, J. M. and H. W. Gonyou. 1994. The effect of regrouping on behavioral and production parameters in finishing swine. *J. Anim. Sci.* 72:2802-2811.
- Stott, G. H. 1981. What is animal stress and how is it measured?. *J. Anim. Sci.* 52:150-153.
- Stull, C. L., C. J. Kachulis, J. L. Farley, and G. J. Koeing. 1999. The effect of age and teat order on α_1 -acid glycoprotein, neutrophil-to-lymphocyte ratio, cortisol and average daily gain in commercial growing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:70-74.
- Tomas, F. M., A. J. Murray and L. M. Jones. 1984. Modification of glucocorticoid-induced changes in myofibrillar protein turnover in rats by protein and energy deficiency as assessed by urinary excretion of N^t-methylhistidine. *Brit. J. Nut.* 51:323-337
- Tomas, F. M., H. N. Munro and V. R. Young. 1979. Effect of glucocorticoid administration on the rate of muscle protein breakdown *in vivo* in rats, as measured by urinary excretion of N^t-methylhistidine. *Biochem. J.* 178:139-146.
- Tonn, S. R., D. L. Davis, and J. V. Craig. 1985. Mating behavior, boar-to-boar behavior during rearing and soundness of boars penned individually or in groups from 6 to 27 weeks of age. *J. Anim. Sci.* 61:287-296.

- Tuchscherer, M., Puppe, B., Tuchscherer, A., Kanitz, E. 1998. Effects of social status after mixing on immune, metabolic and endocrine responses in pigs. *Physiol. Behav.* 64, 353-360.
- Tyrrell, B. J., y Forshman. 1988. Glucocorticoides y andrógenos suprarrenales. En: Greenspan F. S. y P. H. Forsham. *Endocrinología básica y clínica*. Editorial El Manual Moderno. México. pp. 267-303.
- Van Lunen, T. A., and D. J. A. Cole. 1996. The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs. *Animal Science*. 63:465.
- Walker, N. 1991. The effects on performance and behavior of number of growing pigs per mono-place feeder. *Animal Feed Science and Technology*. 35:3-13
- Ward, T. L., L. L. Southern, and T. D. Bidner. 1997. Interactive effects of dietary chromium tripicolinate and crude protein level in growing-finishing pigs provided inadequate and adequate pen space. *J. Anim. Sci.* 75:1001-1008.
- Webel, D. M., B. N. Finck, D. H. Baker and R. W. Johnson. 1997. Time course of increased plasma cytokines Cortisol and urea nitrogen in pigs following intraperitoneal injection of lypopolysaccharide. *J. Anim. Sci.* 75:1514-1520.
- Wolter, B. F., M. Ellis, S. E. Curtis, E. N. Parr, and D. M. Webel. 2000. Group size and floor space-allowance can affect weanling pig performance. *J. Anim. Sci.* 78:2062-2067.
- Wool, I.G. and E. I. Weinshelbaum. 1960. *Am. J. Physiol.* 198:360-362.
- Xin, H., and J. A. Deshazer. 1992. Feeding patterns of growing pigs at warm constant cycle temperatures. *Trans. ASAE*. 35:319-323.
- Yen, J. T., and W. G. Pond. 1987. Effect of dietary supplementation with vitamin C or carbadox on weanling pigs subjected to crowding stress. *J. Anim. Sci.* 64:1672.
- Young, R. J., and A. B. Lawrence. 1994. Feeding behavior of pigs groups monitored by a computerized feeding system. *Anim. Prod.* 58:145-152
- Young, V. R. 1970. In H. N. Munro, Ed: *Mammalian protein metabolism*. Vol. 4, pp. 585-674, Academic Press, New York.
- Zanella, A. J., P. Brunner, J. Unshelm, M. T. Mendl and D. M. Broom. 1998. The relationship between housing and social rank on cortisol, β -endorphin and dynorphin (1-13) secretion in sows. *Applied Animal Behavior Science*. Vol. 59, Issues 1-3, pp 1-10.

Zayan, R. and Dantzer, R. 1990. Social stress in domestic animals. *Kluwer academic publishers*, Dordrecht, The Netherlands. pp. 203-211.