

Veterinaria México

Volumen 37
Volume

Número 1
Number

Enero-Marzo 2006
January-March

Artículo:

Efectos de la densidad por corral sobre la producción y las concentraciones sanguíneas de metabolitos y cortisol en cerdos en crecimiento y finalización

Derechos reservados, Copyright © 2006:
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

Otras secciones de
este sitio:

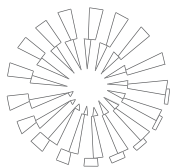
- 📖 Índice de este número
- 📖 Más revistas
- 🔍 Búsqueda

*Others sections in
this web site:*

- 📖 *Contents of this number*
- 📖 *More journals*
- 🔍 *Search*



medigraphic.com



Efectos de la densidad por corral sobre la producción y las concentraciones sanguíneas de metabolitos y cortisol en cerdos en crecimiento y finalización

Effects of the density by pen on production and the concentration of blood metabolites and cortisol in growing and finishing pigs

Miguel Gerardo Hernández Castorena* María de Lourdes Ángeles** Laura Zapata Salinas**
Moisés Montaña Bermúdez** Sergio Gómez Rosales**

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of reducing available floor space, due to an increasing number of pigs per pen on average daily feed consumption (ADFC), daily gain (ADG) and feed efficiency (FE) and the blood concentrations of glucose, urea and cortisol in growing and finishing pigs. One hundred and twenty growing pigs and 64 finishing pigs were randomly assigned to 3 densities: 1) = one pig individually allocated with 2.5 m² of available space; 2) = six growing or four finishing pigs with 0.94 and 1.41 m² of available floor space per pig; and, 3) = 12 growing or eight finishing pigs with 0.47 and 0.71 m² of available floor space per pig. The serum concentrations of glucose, urea and cortisol were determined at the beginning of the experiment and at the end of weeks 1, 3 and 5. In growing pigs, ADFC ($P < 0.05$) and ADG ($P < 0.10$) were greater for density 1 than for densities 2 and 3; FE was greater ($P < 0.10$) for density 2 than for densities 1 and 3. In finishing pigs, ADFC and ADG ($P < 0.10$) were greater for density 1, than for densities 2 and 3. The glucose, urea and cortisol concentrations were not different among densities. Feed intake and weight gain were reduced as density per pen increased; however, the reduction in performance was not related to changes in the serum concentration of some stress indicators such as glucose, urea or cortisol.

Key words: NUMBER OF PIGS PER PEN, AVAILABLE SPACE, PRODUCTIVITY, BLOOD METABOLITES, CORTISOL.

Resumen

El objetivo fue evaluar la reducción de espacio de piso debido al incremento de cerdos por corral, sobre el consumo de alimento (CDA), ganancia de peso (GDP) y eficiencia alimentaria (EA) y las concentraciones séricas de glucosa, urea y cortisol en cerdos en crecimiento y finalización. Se usaron 120 cerdos en crecimiento y 64 en finalización que se aleatorizaron a tres densidades: 1) = un cerdo alojado individualmente con 2.5 m² disponibles de piso; 2) = seis cerdos en crecimiento o cuatro en finalización alojados en grupo con 0.94 y 1.41 m² disponibles de piso por cerdo; 3) = 12 cerdos en crecimiento u ocho en finalización alojados en grupo con 0.47 y 0.71 m² disponibles de piso por cerdo. Las concentraciones séricas de glucosa, urea y cortisol se determinaron al inicio del experimento y al final de las semanas uno, tres y cinco. En crecimiento, el CDA ($P < 0.05$) y GDP ($P < 0.10$) fueron mayores en la densidad 1 en comparación con las densidades 2 y 3; la EA fue mayor ($P < 0.10$) en la densidad 2 que en las densidades 1 y 3. En finalización, el CDA y GDP ($P < 0.10$) fueron mayores en la densidad 1, en comparación con las densidades 2 y 3. Las concentraciones de glucosa, urea y cortisol no fueron diferentes entre densidades. El consumo de alimento y la ganancia de peso disminuyeron al aumentar la densidad, pero esta disminución no estuvo relacionada con cambios en las concentraciones séricas de algunos indicadores de estrés como glucosa, urea o cortisol.

Palabras clave: NÚMERO DE CERDOS POR CORRAL, ESPACIO DISPONIBLE, PRODUCTIVIDAD, METABOLITOS SANGUÍNEOS, CORTISOL.

Recibido el 23 de febrero de 2005 y aceptado el 30 de agosto de 2005.

*Programa de maestría y doctorado en ciencias de la producción y de la salud animal, Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Km 2.5, Carretera Cuautitlán-Teoloyucan, 54714, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.

**Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km 1, Carretera A Colón, 76280, Ajuchitlán, Colón, Querétaro, México, Tel. 01 (419) 2920-036. Correspondencia y separatas: gomez.sergio@inifap.gob.mx

Introduction

With the use of modern lines of greater capacity and velocity of growth and the use of modern schemes of production, pigs have the capacity to reach the market weight in 140 days; however, in pigs raised in commercial conditions a reduction in performance from 20 to 30% is observed, compared with pigs raised in experimental farms,¹⁻³ so that the average days to reach weight in the market is 180 days. The associated conditions to this growth delay have not been totally defined, but the environmental factor inductors of stress have contributed in an important manner.²⁻³ Different factors can provoke a stress state in pigs such as: social order and competence,^{4,5} regrouping,⁶ restricted floor space,^{1,2} changes of environmental temperature,⁷ among others, which reduce the feed consumption and weight gain.

The possible mechanisms that can explain the lower performance of pigs penned in group are: *a*) reduction of feed consumption (for example, nutrients, especially amino acids and energy),^{4,7} *b*) increment in the physical activity, metabolic rate and the energy expenditure to dissipate the heat produced,^{8,9} and *c*) chronic stress due to the confrontations and aggressive behavior of the dominant pigs in the group, which provoke secretion of cortisol and, consequently, behavioral, endocrine and metabolic changes; as well as deep changes in the protein, carbohydrate and fat utilization that reduce the synthesis and deposition of muscle proteins.^{5,6,10}

In several studies where sources of acute stress have been applied to pigs, cortisol has been identified as a universal indicator of stress; the blood metabolites such as: glucose, urea and free fatty acids have been evaluated to know, in indirect way, the degree of mobilization or degradation of energy and protein reserves by action of cortisol.¹¹⁻¹⁴ In the area of chronic type or long term stress studies, reliable tests or diagnostic methods have not been developed, mainly because under these conditions the animals change the responses to stressors over time.¹⁰ In the case of pigs penned in group, an additional complication to evaluate chronic stress is the necessary manipulation of the animals to get the blood samples which can provoke acute stress and confound the diagnosis of chronic stress; however, it is important to evaluate different methods to identify indicators that indirectly point out alterations at a metabolic level related to the growth delay, especially in group penned pigs with restricted space. This information is necessary to plan nutritional strategies in order to counteract or minimize these effects. Therefore, the objective of the work was to evaluate the floor space reduction, due to the increment of pigs per pen, on the productive variables and the serum glucose, urea

Introducción

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; 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,¹⁻³ por lo que el promedio de edad en alcanzar el peso en el mercado es de 180 días. Las condiciones asociadas con este retraso en el crecimiento no han sido totalmente definidas, pero los factores ambientales inductores de estrés han contribuido en forma importante.^{2,3} Diferentes factores pueden provocar un estado de estrés en cerdos entre los que destacan: orden social y competencia,^{4,5} reagrupamiento,⁶ espacio restringido de piso,^{1,2} cambios de temperatura ambiental,⁷ entre otros, los cuales reducen el consumo de alimento y la ganancia de peso.

Los posibles mecanismos que pueden explicar la menor productividad de los cerdos alojados en grupo son: *a*) reducción del consumo de alimento (por ejemplo, nutrientes, en especial aminoácidos y energía),^{4,7} *b*) incremento en la actividad física, tasa metabólica y del gasto de energía para disipar el calor producido,^{8,9} y *c*) estrés crónico debido a los enfrentamientos y conducta agresiva de los cerdos dominantes en el grupo, que provoca secreción de cortisol y, en consecuencia, cambios conductuales, endocrinos y metabólicos, como cambios profundos en la utilización de proteínas, carbohidratos y grasas, que reducen la síntesis y deposición de proteínas musculares.^{5,6,10}

En varios estudios donde se han aplicado fuentes de estrés agudo en cerdos, se ha identificado al cortisol como un indicador universal de estrés; los metabolitos sanguíneos como glucosa, urea y ácidos grasos libres se han evaluado para conocer, de manera indirecta, el grado de movilización o degradación de las reservas de energía y proteína por acción del cortisol.¹¹⁻¹⁴ En el área de estudios de estrés de tipo crónico o de largo plazo, no se han desarrollado pruebas o métodos confiables de diagnóstico, principalmente porque bajo estas condiciones los animales cambian las respuestas a los estresores a través del tiempo.¹⁰ En el caso de cerdos alojados en grupo, una complicación adicional para evaluar estrés crónico es que la manipulación necesaria en los animales para la toma de muestras sanguíneas por sí misma puede provocar estrés agudo y confundir el diagnóstico de estrés crónico; sin embargo, es importante evaluar diferentes métodos e identificar indicadores que de manera indirecta

and cortisol concentrations in pigs in the growing and finishing phases.

Material and methods

One experiment with growing and another with finishing pigs were carried out. In the growing experiment, 120 pigs were utilized (60 females and 60 castrated males) with an initial weight of 27.69 ± 1.087 kg, which were randomized into three densities in a complete block design: density 1, one pig penned individually with 2.5 m^2 of floor available; density 2, six pigs penned in group with 0.94 m^2 of floor available per pig; density 3, 12 pigs penned in group with 0.47 m^2 of floor available per pig.

In the finishing experiment 64 pigs were used (32 females and 32 castrated males) with an initial weight of 66.47 ± 0.803 kg, which were randomized into three densities in a complete block design: density 1, one pig penned individually with 2.5 m^2 of floor available; density 2, four pigs penned in group with 1.41 m^2 of floor available per pig; density 3, eight pigs penned in group with 0.71 m^2 of floor available per pig.

Pigs were housed in pens with concrete floor provided with canoe type feeder and a nipple waterer. The recommended range of floor space per pig for an adequate productive performance in growing pigs varies from 0.72 up to 1.03 m^2 , and for finishing pigs is recommended from 1.0 up to 1.05 m^2 , in concrete floor.^{5,15} Taking into account these recommendations, the growing and finishing pigs penned in group in density 2 had adequate floor space; while in density 3, the available space was below the optimum range.

There was an equal number of females and castrated males within each density. The pigs had free access to water and feed. The feed was served in one meal in the morning. The growing and finishing diets used were formulated to cover or to exceed the requirements of pigs according to each phase, following the recommendations of the NRC;¹⁶ the composition and the nutriment analysis of the diets used are shown in Table 1. The experiments lasted six weeks.

Response variables evaluated

Productive performance

In relation to daily weight gain (ADG), the pigs were weighed individually at the beginning and after completing of two, four and six weeks of the experiment. The ADG was analyzed in average by pen in the periods 1-2, 3-4, and 5-6 weeks. In relation to the daily feed

señalen alteraciones a nivel metabólico relacionados con retraso en el crecimiento, especialmente en cerdos alojados en grupo con espacio restringido. Esta información es necesaria para plantear estrategias nutrimentales con el fin de contrarrestar o minimizar estos efectos. Por tanto, el objetivo del trabajo fue evaluar la reducción de espacio de piso, debido al incremento de cerdos por corral, sobre las variables productivas y las concentraciones séricas de glucosa, urea y cortisol en cerdos en las etapas de crecimiento y finalización.

Material y métodos

Se realizó un experimento con cerdos en crecimiento y otro con cerdos en finalización. En el experimento de crecimiento se utilizaron 120 cerdos (60 hembras y 60 machos castrados) con peso inicial de 27.69 ± 1.087 kg, que fueron aleatorizados a tres densidades en un diseño de bloques completos al azar: Densidad 1, un cerdo alojado individualmente con 2.5 m^2 disponibles de piso; densidad 2, seis cerdos alojados en grupo con 0.94 m^2 disponibles de piso por cerdo; densidad 3, 12 cerdos alojados en grupo con 0.47 m^2 disponibles de piso por cerdo.

En el experimento de finalización se usaron 64 cerdos (32 hembras y 32 machos castrados) con peso inicial de 66.47 ± 0.803 kg, que fueron aleatorizados a tres densidades en diseño de bloques completos al azar: Densidad 1, un cerdo alojado individualmente con 2.5 m^2 disponibles de piso; densidad 2, cuatro cerdos alojados en grupo con 1.41 m^2 disponibles de piso por cerdo; densidad 3, ocho cerdos alojados en grupo con 0.71 m^2 disponibles de piso por cerdo.

Los cerdos fueron alojados en corrales con piso de concreto provistos con comedero tipo canoa y bebedero de chupón. El rango de espacio de piso recomendado por cerdo para un adecuado comportamiento productivo en cerdos en crecimiento varía desde 0.72 hasta 1.03 m^2 , y para cerdos en finalización se recomienda de 1.0 hasta 1.05 m^2 , en piso de concreto.^{5,15} Tomando en cuenta estas recomendaciones, los cerdos alojados en grupo en crecimiento y finalización en la densidad 2 tuvieron espacio adecuado de piso; mientras que en la densidad 3, el espacio disponible se encontraba debajo del rango óptimo.

Se tuvo un número igual de hembras y machos castrados dentro de cada densidad. Los cerdos tuvieron libre acceso al agua y al alimento. El alimento se sirvió en una comida por la mañana. Las dietas usadas en crecimiento y finalización se formularon para cubrir o exceder los requerimientos de los cerdos de acuerdo con su etapa, siguiendo las recomendaciones del NRC;¹⁶ en el Cuadro 1 se

consumption (ADFC), the offered feed was weighed daily, as well as the next day's leftovers, so that the ADFC was estimated by pen as the difference between the served feed minus the missing feed in the feeder the following day. The ADFC was analyzed by periods

muestra la composición y análisis de nutrimentos de las dietas usadas. Los experimentos duraron seis semanas.

Cuadro 1
FORMULACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS UTILIZADAS
FORMULATION AND COMPOSITION OF THE DIETS USED

<i>Ingredient (%)</i>	<i>Diet</i>	
	<i>Growing</i>	<i>Finishing</i>
Sorghum	56.66	61.48
Canola paste	6.00	11.00
Barley grain	13.90	10.70
Soybean paste	17.10	5.60
Tallow	3.60	3.80
Molasses	--	3.00
Cocoa	--	2.00
Calcium carbonate	0.86	0.82
Calcium phosphate	0.85	0.68
Salt, NaCl-I	0.36	0.36
L-Lysine-HCl	0.22	0.26
Vitamins ¹	0.20	0.16
Minerals ²	0.08	0.07
L-Threonine	0.06	0.067
Choline, HCl	0.03	--
DL-Methionine	0.02	--
Calculated analysis		
Metabolizable energy, Mcal/kg	3.25	3.23
Digestible protein (%)	13.77	11.13
Digestible lysine (%)	0.85	0.65
Digestible threonine (%)	0.57	0.45
Calcium (%)	0.60	0.57
Available phosphorus (%)	0.23	--
Laboratory analysis		
Crude protein, %	16.51	13.48
Gross energy, kcal/kg	4 095	3 901

¹ Vitamins, each kg provided: 250 mg of biotin; 1200 mg of folic acid; 3 375 000 UI of vitamin A; 1 200 mg of vitamin B₂; 500 mg of vitamin B₆; 17.50 mg of vitamin B₁₂; 675 000 UI of vitamin D₃; 20 000 UI of vitamin E; 6.8 g of calcium D-pantothenate; 26.95 g of niacin; 198 g of choline chloride; 75 g of antioxidant.

² Minerals, each kg provided: 268 g of Na; 34 g of Ca; 29 g of Zn; 26 g of Fe; 2700 mg of Mg; 6140 mg of Mn; 2200 mg of Cu; 216 mg of Cb; 100 mg of I; 27 mg of Se.

as was explained for the ADG. The feed efficiency (FE) was determined per pen dividing the ADG over the ADFC, for each analyzed period.

Blood metabolites and cortisol

From each pig a blood sample was taken by puncture of the anterior cava vein. The management during the blood withdrawal consisted in holding the pigs with a metal snare placed in the upper mandible, exerting pressure until the animal was unmobilized. Immediately, it was proceeded to punch the anterior cava vein in the lower part of the jugular canal and approximately 10 mL of blood were collected in 12 mL glass tubes, which did not contain anticoagulant. The elapsed time since the beginning of the subjection until the sample was obtained varied between one and two minutes. The sampling was carried out two hours after offering the feed in the morning. After the sampling, the samples were centrifuged to 1 800 g during 15 min, and the serum was separated and stored to -20 °C until it was analyzed to determine the glucose (SERA-PACK glucose, 6676 Bayer), urea (SERA-PACK urea, 6374 Bayer) and cortisol (COAT-A-COUNT cortisol, DPC) concentrations. The sampling times were: time 0, beginning of the experiment; times 1, 3 and 5, end of weeks 1, 3 and 5, respectively.

Statistical analysis

In the analysis of results, the pen was considered the experimental unit. The initial and final weights were analyzed following the procedures of the General Linear Models of the SAS¹⁷ statistical package for a randomized complete block model with three treatments (density).¹⁸ The blocking criterion was the entrance date of the animals to the experiment and there were five repetitions by treatment for growing pigs, and four for finishing pigs. To analyze the weight gains in weeks 1-2, 3-4 and 5-6 the Mixed Procedures of the SAS¹⁷ statistical package were used; a model of univariate analysis with repeated measurements on time was used with two factors: density and weeks of the trial. The random variable was the block. The blood metabolites and cortisol were also analyzed using a mixed model with repeated measurements with two factors, density and time of sampling.

In the response variables obtained in individual form: ADG, glucose, urea and cortisol concentrations, a Pearson correlation analysis was carried out, to know the relationship of these responses over time.

Variables de respuesta evaluadas

Comportamiento productivo

En relación con la ganancia diaria de peso (GDP), los cerdos fueron pesados individualmente al inicio y al cumplirse dos, cuatro y seis semanas del experimento. La GDP se analizó en promedio por corral en los periodos 1-2, 3-4 y 5-6 semanas. Respecto del consumo diario de alimento (CDA), el alimento ofrecido fue pesado diariamente, así como 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 periodos, como se explicó para la GDP. La eficiencia alimentaria (EA) se determinó por corral dividiendo la GDP sobre el CDA, dentro de cada periodo analizado.

Metabolitos sanguíneos y cortisol

De cada cerdo se tomaron muestras de sangre de la vena cava anterior por venopunción. El manejo durante la toma de sangre consistió en sujetar los cerdos con un lazo de metal colocado en la mandíbula superior, ejerciendo presión hasta lograr la inmovilización del animal. Inmediatamente se procedió a punzar la vena cava anterior en la parte baja del canal yugular y se recolectaron aproximadamente 10 mL de sangre por muestreo en tubos de vidrio de 12 mL de capacidad, que no contenían anticoagulante. El tiempo transcurrido desde el inicio de la sujeción hasta la obtención de la muestra varió entre uno y dos minutos. El muestreo se realizó dos horas después de ofrecer el alimento por la mañana. Después del muestreo, las muestras fueron centrifugadas a 1 800 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

En el análisis de resultados el corral se consideró como unidad experimental. Los pesos inicial y final se analizaron siguiendo los procedimientos de los modelos lineales generales del paquete estadístico SAS¹⁷ para un modelo de bloques completos al azar con tres tratamientos (densidad).¹⁸ El criterio de bloqueo fue la fecha de entrada de los animales al experimento y se contó con cinco repeticiones por

Results

Growing pigs

Productive performance

In relation to density, it was found that the final weight was greater ($P < 0.10$) in pigs of density 1 (Table 2), penned individually, than pigs in group of densities 2 and 3. In the average of the six weeks of the experiment, the ADFC ($P < 0.05$) and ADG ($P < 0.10$) were greater in pigs of density 1; these two variables were similar between pigs of densities 2 and 3. The FE was greater ($P < 0.10$) in pigs of density 2 than pigs of densities 1 and 3; between the last two treatments there were no significant differences. With regard to the effect of weeks, the ADFC ($P < 0.01$), the ADG ($P < 0.10$) and the FE ($P < 0.01$) were increased from weeks 1-2 to weeks 3-4, remaining stable in weeks 5-6.

Blood metabolites and cortisol

There were not statistical differences due to the density time interaction in any of the response variables evaluated (Figure 1). There were no differences among treatments by effect of density. The cortisol concentrations were affected in quadratic form by the time ($P < 0.01$), since there was an initial fall in its concentration from time 0 to 1, after that the concentration was maintained until time 3, and finally a second fall at time 5 was presented (Figure 1a). The time affected the glucose concentrations in lineal form ($P < 0.01$), since a decrease in the glucose concentrations was observed throughout the experiment (Figure 1b). The time affected the urea concentrations in quadratic form ($P < 0.01$): an elevation was presented from time 0 to 1, it was maintained stable up to time 3, and subsequently a fall at time 5 was presented (Figure 1c).

Analysis of correlation

The correlation coefficients of the glucose, urea and cortisol concentrations, with the ADG through different weeks of the experiment are shown in Table 4. In weeks 1-2, the ADG had a negative relation ($r = -0.28$; $P < 0.01$) with the glucose concentrations at time 0, a positive relation with the urea concentrations at times 1 ($r = 0.38$; $P < 0.01$) and 3 ($r = 0.20$; $P < 0.05$) and a positive relation ($P < 0.05$) with the cortisol concentrations at time 0 ($r = 0.17$), 1 ($r = 0.20$) and 3 ($r = 0.20$). In weeks 3-4, the ADG had a positive relation with the glucose concentrations at time 1 ($r = 0.18$; $P < 0.05$). In weeks 5-6, the ADG had a positive relation with the glucose concentrations at time 0 ($r = 0.30$; $P < 0.01$) and negative at time 1 ($r = -0.22$; $P < 0.01$); had a nega-

tratamiento en los cerdos de crecimiento, y cuatro en los de finalización. Para analizar las ganancias de peso en las semanas 1-2, 3-4 y 5-6 se usaron los procedimientos mixtos del paquete estadístico SAS;¹⁷ se utilizó un modelo de análisis univariado de mediciones repetidas en el tiempo con dos factores: Densidad y semanas de prueba. La variable aleatoria fue el bloque. Los metabolitos sanguíneos y cortisol fueron analizados usando también un modelo mixto con mediciones repetidas con dos factores, densidad y tiempo de muestreo.

En las variables de respuesta obtenidas en forma individual: GDP, 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.

Resultados

Crecimiento

Comportamiento productivo

En relación con la densidad, se encontró que el peso final fue mayor ($P < 0.10$) en los cerdos de la densidad 1 (Cuadro 2), alojados individualmente, en comparación con los cerdos en grupo de las densidades 2 y 3. En el promedio de las seis semanas del experimento, el CDA ($P < 0.05$) y GDP ($P < 0.10$) fueron mayores en los cerdos de la densidad 1; estas dos variables fueron similares entre los cerdos de las densidades 2 y 3. La EA fue mayor ($P < 0.10$) en cerdos de la densidad 2 comparados con los cerdos de las densidades 1 y 3; entre estos dos últimos tratamientos no hubo diferencias significativas. Con respecto al efecto de las semanas, el CDA ($P < 0.01$), la GDP ($P < 0.10$) y la EA ($P < 0.01$) se incrementaron de las semanas 1-2 a las semanas 3-4, permaneciendo estables en las semanas 5-6.

Metabolitos sanguíneos y cortisol

No hubo diferencias estadísticas por efecto de la interacción densidad $\times$ tiempo en ninguna de las variables de respuesta evaluadas (Figura 1). Tampoco hubo diferencias entre tratamientos por efecto de la densidad. Las concentraciones de cortisol fueron afectadas en forma cuadrática por el tiempo ($P < 0.01$), ya que hubo una caída inicial en su concentración del tiempo 0 al 1, después la concentración se mantuvo hasta el tiempo 3, y finalmente se presentó una segunda caída en el tiempo 5 (Figura 1a). El tiempo afectó las concentraciones de glucosa en forma lineal ($P < 0.01$), ya que se observó disminución en las concentraciones de glucosa a través del experimento

Cuadro 2				
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS CERDOS EN CRECIMIENTO				
EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD				
PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GROWING PIGS IN TERMS OF THE DENSITY				
	Density ^a			SEM ^b
	1	2	3	
Initial weight, kg	27.33	26.53	26.93	1.087
Final weight, kg	63.48 ^c	58.84 ^d	56.83 ^d	1.679
Feed intake, kg/d				Average
Weeks 1-2	2.10	1.54	1.62	1.75 ^g
Weeks 3-4	2.38	1.76	1.92	2.02 ^h
Weeks 5-6	2.28	1.78	1.92	1.99 ^h
				.1143
Average	2.25 ^e	1.69 ^f	1.82 ^f	
Weight gain, kg/d				Average
Weeks 1-2	0.90	0.87	0.83	0.89 ⁱ
Weeks 3-4	0.91	0.69	0.64	0.75 ^j
Weeks 5-6	0.77	0.72	0.59	0.70 ^j
				0.0900
Average	0.86 ^c	0.76 ^d	0.67 ^d	
Feed efficiency				Average
Weeks 1-2	0.43	0.55	0.51	0.50 ^g
Weeks 3-4	0.39	0.39	0.34	0.37 ^h
Weeks 5-6	0.34	0.41	0.31	0.35 ^h
				0.0506
Average	0.39 ^c	0.45 ^d	0.39 ^c	

^a Density 1= One pig penned individually with 2.5 m² of floor available; density 2 = six pigs in group with 0.94 m² of floor available per pig; density 3 = 12 pigs in group with .47 m² of floor available per pig.

^b Standard error of the mean.

^{c-d} Effect of the density, P < 0.10.

^{e-f} Effect of the density, P < 0.05.

^{g-h} Effect of the weeks, P < 0.01.

^{i-j} Effect of the weeks, P < 0.10.

tive relation (P < 0.01) with the urea concentrations at times 1 (r = -0.36) and 3 (r = -0.44); and had a negative relation with the cortisol concentrations at time 1 (r = -0.19; P < 0.01). The average ADG throughout the experiment had a negative relation with the urea concentrations at time 3 (r = -0.20; P < 0.05).

(Figura 1b). El tiempo afectó en forma cuadrática las concentraciones de urea (P < 0.01): se presentó una elevación del tiempo 0 al 1, se mantuvo estable hasta el tiempo 3 y posteriormente se presentó una caída al tiempo 5 (Figura 1c).

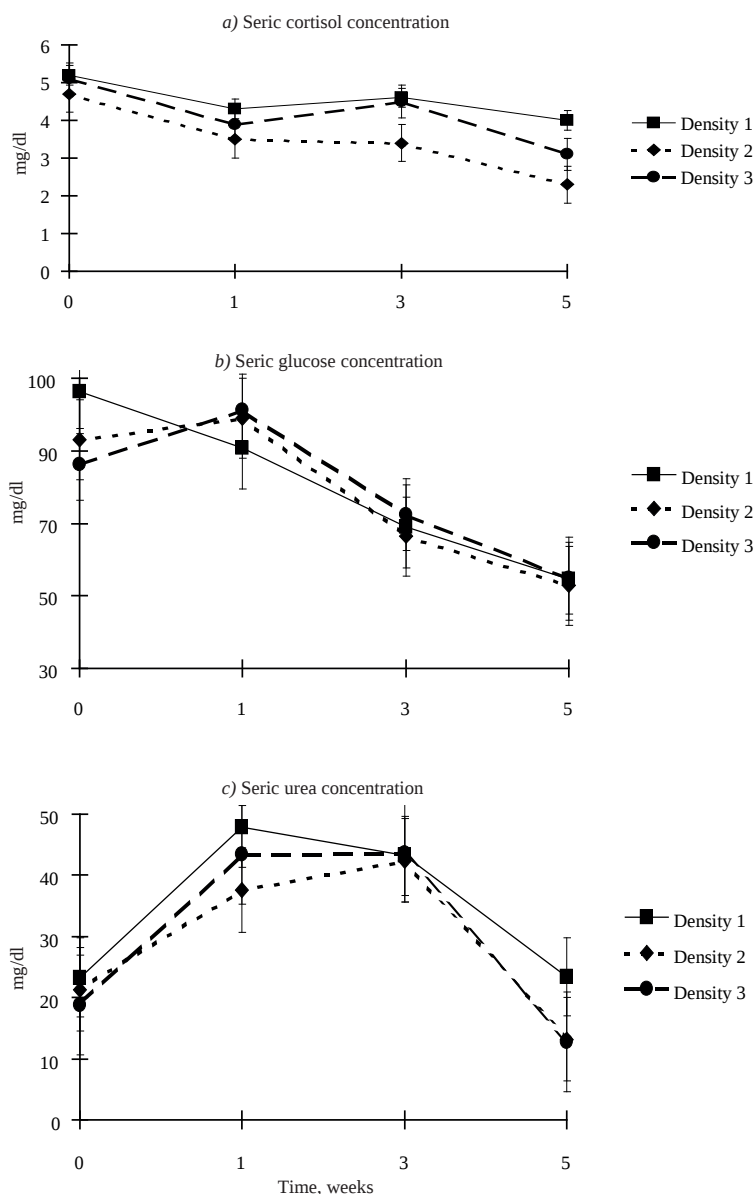


Figura 1. Concentraciones séricas de cortisol, glucosa y urea en cerdos en crecimiento por efecto de la densidad y el tiempo de muestreo. *a)* Cortisol: efecto cuadrático del tiempo ($P < 0.01$; EEM = 0.339); *b)* Glucosa: efecto lineal del tiempo ($P < 0.01$; EEM = 7.523); *c)* Urea: efecto cuadrático del tiempo ($P < 0.01$; EEM = 9.197).

Figure 1. Seric cortisol, glucose and urea concentrations of growing pigs by effect of the density and sampling time. *a)* Cortisol: quadratic effect of time ($P < 0.01$; SEM = 0.339); *b)* Glucose: linear effect of time ($P < 0.01$; SEM = 7.523); *c)* Urea: quadratic effect of time ($P < 0.01$; SEM = 9.197).

Finishing pigs

Productive performance

There were no statistical differences by effect of the density weeks interaction in any of the variables of productive performance. In relation to density, it was found that the ADFC and ADG were greater ($P < 0.10$) in pigs of density 1 than pigs of densities 2 and 3, in the average of the six weeks of the experiment; the ADFC and ADG were similar between densities 2 and 3 (Table 3). In relation to the effect of weeks, the ADFC was increased ($P < 0.01$) from weeks 1-2 to weeks 3-4, remaining at the same level in weeks 5-6.

Análisis de correlación

Los coeficientes de correlación de las concentraciones de glucosa, urea y cortisol con la GDP a través de diferentes semanas del experimento se muestran en el Cuadro 4. En las semanas 1-2, la GDP tuvo una relación negativa ($r = -0.28$; $P < 0.01$) con las concentraciones de glucosa al tiempo 0, una relación positiva con las concentraciones de urea de los tiempos 1 ($r = 0.38$; $P < 0.01$) y 3 ($r = 0.20$; $P < 0.05$) y una relación positiva ($P < 0.05$) con las concentraciones de cortisol en el tiempo 0 ($r = 0.17$), 1 ($r = 0.20$) y 3 ($r = 0.20$). En las semanas 3-4, la GDP tuvo una relación positiva con las concentraciones de glucosa al tiempo 1 ($r = 0.18$; $P < 0.05$). En las semanas 5-6, la GDP tuvo una relación positiva con

Cuadro 3
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS CERDOS EN FINALIZACIÓN
EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD

PRODUCTIVE PERFORMANCE OF FINISHING PIGS IN TERMS OF THE DENSITY

	<i>Density^a</i>			<i>SEM^b</i>
	1	2	3	
Initial weight, kg	65.25	65.79	65.99	0.803
Final weight, kg	104.63	100.70	100.13	1.574
Feed intake, kg/d				Average
Weeks 1-2	2.91	2.41	2.66	2.66 ^e
Weeks 3-4	3.30	2.71	2.98	3.00 ^f
Weeks 5-6	3.35	2.60	2.98	2.98 ^f
				0.163
Average	3.18 ^c	2.57 ^d	2.87 ^d	
Weight gain, kg/d				Average
Weeks 1-2	0.76	0.79	0.89	0.81
Weeks 3-4	1.24	0.84	0.75	0.95
Weeks 5-6	0.82	0.86	0.79	0.82
				0.113
Average	0.94 ^c	0.83 ^d	0.81 ^d	
Feed efficiency				Average
Weeks 1-2	0.26	0.33	0.33	0.31
Weeks 3-4	0.38	0.32	0.25	0.31
Weeks 5-6	0.25	0.32	0.27	0.28
				0.038
Average	0.29	0.32	0.28	

^a Density 1= One pig penned individually with 2.5 m² of floor available; density 2 = four pigs in group with 1.41 m² of floor available per pig; density 3 = eight pigs in group with 0.71 m² of floor available per pig.

^b Standard error of the mean.

^{c-d} Effect of the density, $P < 0.10$.

^{e-f} Effect of the weeks, $P < 0.01$.

Blood metabolites and cortisol

There were no statistical differences by effect of the density time interaction in any of the response variables evaluated (Figure 2). There were no differences among treatments by effect of density. The cortisol concentrations were affected in quadratic form by the time ($P < 0.01$) since there was an initial fall in its concentration from time 0 to 1, after that the concentra-

las concentraciones de glucosa al tiempo 0 ($r = 0.30$; $P < 0.01$) y negativa al tiempo 1 ($r = -0.22$; $P < 0.01$); tuvo una relación negativa ($P < 0.01$) con las concentraciones de urea de los tiempos 1 ($r = -0.36$) y 3 ($r = -0.44$); y tuvo una relación negativa con las concentraciones de cortisol del tiempo 1 ($r = -0.19$; $P < 0.01$). La GDP promedio de todo el experimento tuvo una relación negativa con las concentraciones de urea al tiempo 3 ($r = -0.20$; $P < 0.05$).

tion was maintained until time 3, and finally a second fall at time 5 was presented (Figure 2a). The time affected the glucose concentrations in lineal form ($P < 0.01$), since a decrease in the glucose concentrations was observed throughout the experiment (Figure 2b). The time affected in quadratic form the urea concentrations ($P < 0.01$): an elevation from time 0 to 1 was presented, it was maintained stable until time 3, and subsequently a fall at time 5 was presented (Figure 2c).

Analysis of correlation

The correlation coefficients of the glucose, urea and cortisol concentrations, with the ADG through different weeks of the experiment are shown in Table 5. In weeks 1-2, the ADG had a positive relation ($r = 0.33$; P

Finalización

Comportamiento productivo

No hubo diferencias estadísticas por efecto de la interacción densidad $\times$ semanas en ninguna de las variables del comportamiento productivo. Con relación a la densidad, se encontró que el CDA y GDP fueron mayores ($P < 0.10$) en los cerdos de la densidad 1 en comparación con los cerdos de las densidades 2 y 3, en el promedio de las seis semanas del experimento; el CDA y GDP fueron similares entre las densidades 2 y 3 (Cuadro 3). Con respecto al efecto de las semanas, el CDA se incrementó ($P < 0.01$) de las semanas 1-2 a las semanas 3-4, permaneciendo al mismo nivel en las semanas 5-6.

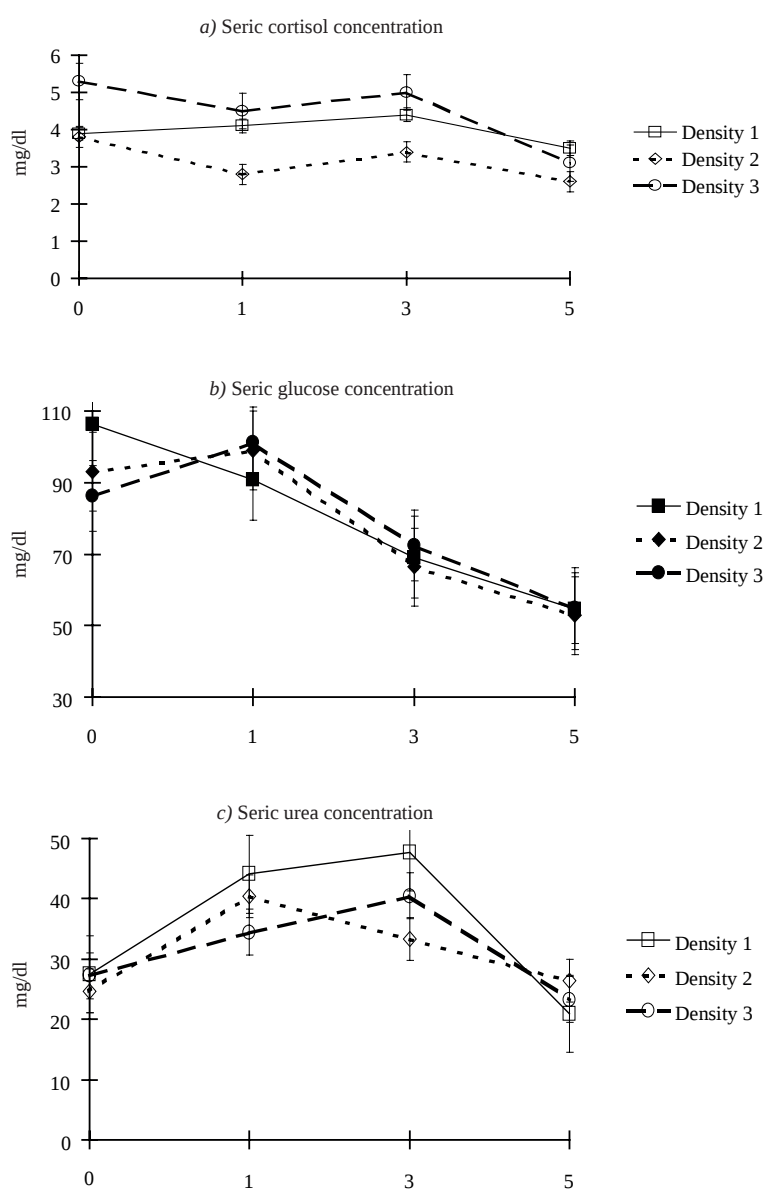


Figura 2. Concentraciones séricas de cortisol, glucosa y urea en cerdos en finalización por efecto de la densidad y el tiempo de muestreo. a) Cortisol: EEM = 0.409; b) Glucosa: efecto lineal del tiempo ($P < 0.01$; EEM = 7.460); c) Urea: EEM = 9.360.

Figure 2. Seric cortisol, glucose and urea concentrations of finishing pigs by effect of the density and sampling time. a) Cortisol: SEM = 0.409; b) Glucose: linear effect of time ($P < 0.01$; SEM = 7.460); c) Urea: SEM = 9.360.

Cuadro 4

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE GLUCOSA, UREA, CORTISOL Y LA GANANCIAD E PESO EN CERDOS EN CRECIMIENTO
CORRELATION COEFFICIENTS BETWEEN THE GLUCOSE, UREA AND CORTISOL CONCENTRATIONS AND THE WEIGHT GAIN IN GROWING PIGS

		Glucose				Urea				Cortisol			
Time ^a		0	1	3	5	0	1	3	5	0	1	3	5
Weight gain, kg/d													
Weeks 1-2	^b	-.28	.05	.10	.03	-.01	.38	.20	-.08	.17	.20	.20	-.11
	^c	.01	NS	NS	NS	NS	.01	.05	NS	.05	.05	.05	NS
Weeks 3-4	^b	.05	.18	.04	.10	-.01	-.03	-.04	.17	-.12	-.03	-.06	.16
	^c	NS	.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Weeks 5-6	^b	.30	-.22	-.05	-.04	-.11	-.36	-.44	.10	-.06	-.23	-.13	.04
	^c	.01	.01	NS	NS	NS	.01	.01	NS	NS	.01	NS	NS
Average	^b	.05	-.01	.06	.06	-.09	-.01	-.20	.16	.00	-.05	.02	.08
	^c	NS	NS	NS	NS	NS	NS	.05	NS	NS	NS	NS	NS

^a Time 0 = Beginning of the experiment; times 1, 3 y 5 = end of weeks 1, 3 y 5, respectively.

^b Coefficient of correlations.

^c Probability level; NS = Non significant, $P > 0.05$.

< 0.05) with the glucose concentrations at time 5 and with the cortisol concentrations at time 3 ($r = 0.35$; $P < 0.01$). In weeks 3-4, the ADG had a positive relation with the glucose concentrations at time 1 ($r = 0.13$; $P < 0.05$) and a negative relation with the glucose concentrations at time 5 ($r = -0.47$; $P < 0.01$) and the urea concentrations at time 3 ($r = -0.26$; $P < 0.05$). In weeks 5-6, the ADG had a negative relation with the urea concentrations at time 1 ($r = -0.36$; $P < 0.01$) and 3 ($r = -0.28$; $P < 0.05$). The average ADG throughout the experiment, had a negative relation with the urea concentration at time 1 ($r = -0.30$; $P < 0.05$) and 3 ($r = -0.32$; $P < 0.05$).

Discussion

The growing and finishing pigs penned in individual form showed greater feed consumption and greater weight gain than pigs penned in group with adequate or restricted space. These results confirm previous findings of other studies where the productivity of pigs penned in individual form and pigs penned in group was compared, where it was assured that these

Metabolitos sanguíneos y cortisol

No hubo diferencias estadísticas por efecto de la interacción densidad tiempo en ninguna de las variables de respuesta evaluadas (Figura 2). Tampoco hubo diferencias entre tratamientos por efecto de la densidad. Las concentraciones de cortisol fueron afectadas en forma cuadrática por el tiempo ($P < 0.01$), ya que se registró una caída inicial en su concentración del tiempo 0 al 1, después la concentración se mantuvo hasta el tiempo 3, y finalmente se presentó una segunda caída en el tiempo 5 (Figura 2a). El tiempo afectó las concentraciones de glucosa en forma lineal ($P < 0.01$), ya que se observó disminución en las concentraciones de glucosa a través del experimento (Figura 2b). El tiempo afectó en forma cuadrática las concentraciones de urea ($P < 0.01$): se presentó una elevación del tiempo 0 al 1, se mantuvo estable hasta el tiempo 3, y posteriormente se presentó una caída al tiempo 5 (Figura 2c).

Análisis de correlación

Los coeficientes de correlación de las concentraciones

Cuadro 5

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE GLUCOSA, UREA, CORTISOL Y LA GANANCIA DE PESO EN CERDOS EN FINALIZACIÓN

CORRELATION COEFFICIENTS BETWEEN THE GLUCOSE, UREA AND CORTISOL CONCENTRATIONS AND THE WEIGHT GAIN IN FINISHING PIGS

Time ^a		Glucose				Urea				Cortisol			
		0	1	3	5	0	1	3	5	0	1	3	5
Weight gain, kg/d													
Weeks 1-2	^b	0.12	−20	−0.04	0.33	−0.09	−0.04	0.10	−0.26	0.10	0.08	0.3	−0.18
	^c	NS	NS	NS	.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	.01	NS
Weeks 3-4	^b	0.10	0.13	0.06	−0.47	0.06	−0.05	−0.26	0.28	−0.14	0.07	0.01	0.06
	^c	NS	.05	NS	.01	NS	NS	.05	NS	NS	NS	NS	NS
Weeks 5-6	^b	0.16	−0.18	0.06	−0.14	0.00	−0.36	−0.28	0.15	−0.22	−0.05	0.16	0.25
	^c	NS	NS	NS	NS	NS	.01	.05	NS	NS	NS	NS	NS
Average	^b	0.16	0.01	0.06	−0.25	0.03	−0.30	−0.32	0.15	−0.16	0.07	0.15	0.06
	^c	NS	NS	NS	NS	NS	0.05	0.05	NS	NS	NS	NS	NS

^a Time 0 = Beginning of the experiment; Times 1, 3 y 5 = end of weeks 1, 3 y 5, respectively.

^b Coefficient of correlations.

^c Probability level; NS = Non significant, $P > 0.05$.

last had adequate or surplus space according to the requirements of the growing and finishing phases.^{1,4,5,9} In some works lower feed consumption and weight gain has been found due to the increase of the group size or reduction of the space per pig,¹⁴ while other authors have not observed detrimental effects of the group size or the reduction of available floor space on the productive performance.^{19,21} The lack of differences in the weight gain between pigs penned in group with adequate or restricted space observed in the present work, also coincides with the findings of the last authors.

The lower feed efficiency observed in pigs in group with restricted space in relation with pigs in group with adequate space has also been observed in other studies.^{2,3} The lower feed efficiency in pigs penned individually in relation to pigs in group with adequate space is an unexpected result. In the first place because in previous works no differences in efficiency between pigs penned individually or in group have been found;^{1,5,9} second, because this opposes the hypothesis raised in the sense that pigs in group would probably be exposed to a greater degree of stress; therefore, it

de glucosa, urea y cortisol con la ganancia diaria de peso a través de diferentes semanas del experimento se muestran en el Cuadro 5. En las semanas 1-2, la GDP tuvo una relación positiva ($r = 0.33$; $P < 0.05$) con las concentraciones de glucosa al tiempo 5 y con las concentraciones de cortisol al tiempo 3 ($r = 0.35$; $P < 0.01$). En las semanas 3-4, la GDP tuvo una relación positiva con las concentraciones de glucosa al tiempo 1 ($r = 0.13$; $P < 0.05$) y una relación negativa con las concentraciones de glucosa al tiempo 5 ($r = -0.47$; $P < 0.01$) y las concentraciones de urea al tiempo 3 ($r = -0.26$; $P < 0.05$). En las semanas 5-6, la GDP tuvo una relación negativa con las concentraciones de urea en el tiempo 1 ($r = -0.36$; $P < 0.01$) y 3 ($r = -0.28$; $P < 0.05$). La GDP promedio de todo el experimento tuvo relación negativa con la concentración de urea al tiempo 1 ($r = -0.30$; $P < 0.05$) y 3 ($r = -0.32$; $P < 0.05$).

Discusión

Los cerdos en crecimiento y finalización alojados en forma individual mostraron mayor consumo de alimento y mayor ganancia de peso que los cerdos

was expected that they showed a lower efficiency in the utilization of feed, as was suggested by various authors.^{5,10,22}

The reduction of feed consumption and weight gain in pigs penned in group in relation to pigs penned individually has been attributed to fightings and the aggressive behavior to maintain the order of dominance. When pigs are being fed, the competence can distract some animals from the feeders, while other can be displaced from the feeders by the dominant ones.^{1,9} The submissive individuals can carry out various intents to approach the feeders, but can be displaced before reaching the feed; in this manner, there is an increment on the time that pigs in group spend standing near the feeder, especially the dominant ones, to avoid the intake of feed by other members of the group. The increment in the physical activity, can increase the energy expenditure, in the dominant as well as in the submissive pigs, and to be related to the lower growth of pigs penned in group.^{1,5,9}

Other authors^{5,6} suggest that the confrontations and aggressive behavior among pigs can cause a state of chronic stress increasing the cortisol secretion; provoking behavioral, endocrine and metabolic changes; alterations in protein, carbohydrate and fat metabolism, which is translated in a reduction in the synthesis and deposition of muscle proteins. In addition Chapple⁵ suggested that the stress to be raised in group reduces the capacity of the pig to deposit protein, causing also reduction of feed consumption and feed efficiency; he also suggests that the stress can be mediated through biochemical factors (among them the cortisol) reducing the growth of the tissues, and diminishing the requirement of nutriment.^{5,10,22} The reduction of the requirement of nutriment is finally translated in reduction of the voluntary feed consumption.

In some studies the biological responses of pigs subjected to sources of chronic or long-term type stress have been tried to characterize. However, Ladewig²² manifests that current advances in this area of study have been slower in relation to studies of acute stress, so that we can not count on reliable tests or methods to be used to diagnose chronic stress. According to Ladewig²² and Moberg,¹⁰ it is necessary to consider the stress in the long term as a succession of repetitions of acute stress, a state that has been called chronic intermittent stress. However, an organism that is subject to intermittent stress in the long term, changes its responses to the stress factors over time. Some responses diminish due to adaptation and others can be suppressed or returned to its normal state (for example, basal secretion of cortisol).

In relation to this condition, in pigs penned in group, during prolonged periods of time physiological changes have not been characterized as consequence

alojados en grupo con espacio adecuado o restringido. 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 estos últimos tuvieran espacio adecuado o excedente de acuerdo con los requerimientos en las etapas de crecimiento y finalización.^{1,4,5,9} En algunos trabajos se ha encontrado menor consumo de alimento y ganancia de peso debido al aumento del tamaño de grupo o reducción del espacio por cerdo,^{1,4} mientras que otros autores no han observado efectos detrimentales del tamaño de grupo o de la reducción de espacio disponible de piso sobre el comportamiento productivo.¹⁹⁻²¹ La falta de diferencias en la ganancia de peso entre los cerdos alojados en grupo con espacio adecuado o restringido observada en el presente trabajo, también coincide con los hallazgos de los últimos autores.

La menor eficiencia alimentaria observada en los cerdos en grupo con espacio restringido en relación con los cerdos en grupo con espacio adecuado también se ha observado en otros estudios.^{2,3} La menor eficiencia alimentaria en los cerdos alojados individualmente en relación con los cerdos en grupo con espacio adecuado es un resultado inesperado. En primer lugar porque en trabajos previos no se han encontrado diferencias en la eficiencia entre cerdos alojados individualmente o en grupo;^{1,5,9} en segundo, 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 tanto, se esperaba que mostraran una menor eficiencia en la utilización del alimento, como fue sugerido por varios autores.^{5,10,22}

La reducción del consumo de alimento y ganancia de peso en cerdos alojados en grupo con respecto a cerdos alojados individualmente ha sido atribuida a las peleas y el comportamiento agresivo para mantener el orden de dominancia. Cuando los cerdos se están alimentando, la competencia puede distraer a algunos animales de los comederos, mientras que otros pueden ser desplazados de los comederos por los dominantes.^{1,9} Los individuos sumisos pueden realizar varios intentos de acercarse a los comederos, pero pueden ser desplazados antes de alcanzar el alimento, de esta manera existe un incremento en el tiempo que los cerdos en grupo pasan de pie cerca del comedero, en especial los dominantes, para evitar que otros miembros del grupo consuman alimento. El incremento en la actividad física puede incrementar el gasto de energía, tanto en los cerdos dominantes como en los sumisos, y relacionarse con el menor crecimiento de los cerdos alojados en grupo.^{1,5,9}

Otros autores^{5,6} sugieren que los enfrentamientos y conducta agresiva entre los cerdos pueden ocasionar

of competition and aggressive behavior among the members of the group, especially in pigs penned with restricted floor space. In the present work, with the methodology employed no differences were detected in the cortisol concentrations by effect of density throughout the experiment. This result coincides with the ones of Bustamantes *et al.*²³ where no differences were either observed in the cortisol concentrations between piglets penned individually and the penned in groups. Kornegay *et al.*^{24,25} did not find differences in the corticosteroid concentrations or the weight of the adrenals in piglets penned with adequate or restricted space. In agreement, Yen and Pond²⁶ notified that there was no effect of the space restriction on the weight of the adrenals, although the growth of the animals was depressed.

Although we still do not count on reliable tests for the diagnosis of chronic stress in pigs penned in group, here it was expected that this type of pigs began to compete once the feed was served in the morning, and it was assumed that the confrontations and aggressions would provoke increments in the cortisol concentrations, during some hours after the competence began. Becker *et al.*¹¹ subjected pigs to three different factors to induce stress (confinement by one hour, electric stimulation for six minutes and high temperature during six hours) during three consecutive days, they found that the confined animals reached a peak of cortisol in the first hour after the treatment began, returning to the levels previous to stress at seven hours after it began; those that were electrically stimulated showed a peak of plasma cortisol concentration at 20 minutes, the basal level was reestablished two hours posttreatment; and the ones that were thermo stressed, reached a peak of blood cortisol at the end of the treatment, returning to its basal level an hour later. In the present work, pigs were bled two hours after the feed confrontations began, but no differences were detected in the cortisol concentrations among treatments. However, it can not be discarded the possibility that increments in the cortisol concentrations have been presented before or after the moment of the blood sampling.

On the other side, in studies of acute stress it has been observed that when pigs are exposed to sources of stress that are repeated in continuous form, the associated responses diminish in magnitude over time, that is known as adaptative response to stress.^{10,11,22} However, in some studies where pigs have experienced chronic type stress, greater susceptibility has been observed manifested with cortisol increment after a challenge with ACTH,^{27,28} or after subjecting pigs to a new stress source, what suggests that in pigs subjected to chronic type stress,^{10,29} some responses can increase as a result of the application of a new stress source,

un estado de estrés crónico incrementándose la secreción de cortisol, provocando cambios conductuales, endocrinos y metabólicos, y estos últimos, alteraciones en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas, lo que se traduce en una reducción en la síntesis y deposición de proteínas musculares. Chapple⁵ sugirió además que el estrés de ser criado en grupo reduce la capacidad del cerdo para depositar proteína, causando además reducción del consumo de alimento y de la eficiencia alimentaria; también sugiere que el estrés puede ser mediado a través de factores bioquímicos (entre ellos el cortisol) reduciendo el crecimiento de los tejidos, y disminuyendo los requerimientos de nutrimentos.^{5,10,22} La reducción del requerimiento de nutrimentos se traduce finalmente en disminución del consumo voluntario de alimento.

En algunos estudios se han intentado caracterizar las respuestas biológicas de cerdos sometidos a fuentes de estrés de tipo crónico o de largo plazo. Sin embargo, Ladewig²² manifiesta que actualmente en esta área de estudio se ha avanzado más lentamente en relación con estudios de estrés agudo, por lo que no se cuenta con pruebas o métodos confiables que puedan ser usados para diagnosticar estrés crónico. De acuerdo con Ladewig²² y Moberg,¹⁰ es necesario considerar al estrés en el largo plazo como una sucesión de repeticiones de estrés agudo, un estado que ha sido llamado estrés crónico intermitente. Sin embargo, un organismo que está sujeto a estrés intermitente en el largo plazo, cambia sus respuestas a los factores de estrés sobre el tiempo. Algunas respuestas disminuyen por su adaptación y otras pueden ser suprimidas o regresar a su estado normal (por ejemplo, secreción basal de cortisol).

A este respecto, en cerdos alojados en grupo, durante periodos prolongados no se han caracterizado los cambios fisiológicos como consecuencia de la competencia y conducta agresiva entre los miembros del grupo, en especial en cerdos alojados con espacio restringido de piso. En el presente trabajo, con la metodología empleada no se detectaron diferencias en las concentraciones de cortisol por efecto de la densidad a través del experimento. Este resultado coincide con los de Bustamante *et al.*²³ donde tampoco se observaron diferencias en las concentraciones de cortisol entre lechones alojados individualmente y los alojados en grupo. Kornegay *et al.*^{24,25} no encontraron diferencias en las concentraciones de corticoesteroides o el peso de las adrenales en lechones alojados con espacio adecuado o restringido. En concordancia, Yen y Pond²⁶ notificaron que no hubo efecto de la restricción de espacio sobre el peso de las adrenales, aunque el crecimiento de los animales se deprimió.

Aunque todavía no se cuenta con pruebas confiables

by means of a process known as sensibilization.²² In the present work, the management, subjection and blood withdrawal was considered as a challenge, and it was expected that pigs in group showed biological responses of greater magnitude, especially in the cortisol concentrations, in relation with pigs penned individually. The lack of differences in the cortisol concentrations among densities suggests that the stress of management applied or the time of application were not enough to detect differences among treatments.

The cortisol concentrations observed in this work are within the physiological ranges observed in other studies.¹¹⁻¹³ The cortisol concentrations showed a quadratic type pattern through the time; but if only the final and initial concentrations are considered, these present tendency to diminish (Figure 1a). In the study of Ruis *et al.*,³⁰ where cortisol concentrations were evaluated in pigs between 12 and 24 weeks of age (range that coincides with the pigs used in the present study), decrease in blood cortisol was observed in relation to age, what coincides with the tendency found here, but it does not with the results of Stull *et al.*,³¹ who observed light increment in the cortisol concentrations from weaning to market weight. The differences between the findings may be due because in the last study pigs were sampled within a greater range of time of their productive life, between 4 and 24 weeks.

In pigs penned in group, it has been indicated that the chronic intermittent stress can be presented in pigs of lower social rank since they continuously face diverse factors of stress, as fear (due to the permanent competence to maintain the social order), hunger (because they are continuously displaced from the feeders), cold (when they are relegated of the group and limited to the humid or badly ventilated areas) and frustration (because they are continuous target of the aggressive behavior of the dominant and intermediate rank pigs) what results in the irregular application of heterotypic factors of stress;^{10,22} that could result in a smaller weight gain, probably associated with greater cortisol concentrations.³² However, in growing pigs the positive correlations (Table 3) between the cortisol concentrations in the first three weeks with the weight gain in weeks 1-2 suggest that pigs that gained more weight had the greater cortisol concentrations, what agrees with the results of Stull *et al.*,³¹ but are opposite to the results of Ruis *et al.*³⁰ and the tendency observed in this work (decrease of cortisol over time). These discrepancies are difficult to explain.

The greater blood glucose concentrations in growing pigs, and the reduction of the glucose concentrations as pigs grow (Figure 1b and 2b), coincide with the results of Gomez *et al.*^{33,34} The seric glucose concentrations were similar among the different densities,

para el diagnóstico de estrés crónico en cerdos alojados en grupo, aquí se esperaba que este tipo de cerdos empezaran a competir una vez que el alimento se sirvió por la mañana, y se asumió que los enfrentamientos y agresiones provocarían incrementos en las concentraciones de cortisol, durante algunas horas posteriores al inicio de la competencia. Becker *et al.*¹¹ al someter a cerdos a tres diferentes factores inductores de estrés (confinamiento por una hora, estimulación eléctrica por seis minutos, y alta temperatura durante seis horas) durante tres días consecutivos, encontraron que los animales confinados alcanzaron un pico de cortisol a la primera hora de iniciado el tratamiento, retornando a los niveles previos al estrés a las siete horas de su inicio; los que fueron estimulados eléctricamente mostraron un pico de concentración plasmática de cortisol a los 20 minutos, restableciéndose el nivel basal a las dos horas postratamiento; y los que fueron termoestresados alcanzaron un pico de cortisol sanguíneo al término del tratamiento, volviendo a su nivel basal una hora después. En el presente trabajo, los cerdos se sangraron dos horas después de iniciados los enfrentamientos por el alimento, pero no se detectaron diferencias en las concentraciones de cortisol entre tratamientos. Sin embargo, no se debe descartar la posibilidad de que se hayan presentado incrementos en las concentraciones de cortisol antes o después del momento del muestreo sanguíneo.

Por otro lado, en estudios de estrés agudo se ha observado que cuando los cerdos son expuestos a fuentes de estrés que se repiten en forma continua, las respuestas asociadas disminuyen en magnitud a través del tiempo, ello se conoce como respuesta adaptativa al estrés.^{10,11,22} Sin embargo, en algunos estudios donde los cerdos han experimentado estrés de tipo crónico, se ha observado mayor susceptibilidad neuroendocrina manifestada con incremento de cortisol después de un desafío con ACTH^{27,28} o bien después de someter a los cerdos a una nueva fuente de estrés,^{10,29} lo que sugiere que en cerdos sometidos a estrés de tipo crónico, algunas respuestas se pueden incrementar como resultado de la aplicación de una nueva fuente de estrés, mediante un proceso conocido como sensibilización.²² En el presente trabajo, el manejo, sujeción y toma de muestras sanguíneas fue considerado como desafío, y se esperaba que los cerdos en grupo mostraran respuestas biológicas de mayor magnitud, en especial en las concentraciones de cortisol, en relación con los cerdos alojados individualmente. La falta de diferencias en las concentraciones de cortisol entre densidades sugiere que el estrés de manejo aplicado o el tiempo de aplicación no fueron suficientes para detectar diferencias entre tratamientos.

which also coincides with the work of Gomez *et al.*,¹ where pigs penned in individual form and in groups of four per pen provided with adequate space were compared, and with the results of Ward *et al.*,³⁵ who compared pigs in groups with adequate or restricted space. Although the previous findings do not coincide with those of Kornegay *et al.*,³⁶ in which greater glucose concentrations were found in pigs maintained in adequate space, compared with the ones that remained in restricted space. In growing and finishing pigs (Tables 4 and 5), it is difficult to explain why in some times of sampling the glucose concentrations showed positive correlations and in others, negative correlations with the weight gain; but in view of the low correlations, they probably do not have much practical importance.

The increment in the blood urea concentrations through the time (Figure 1c and 2c) has been registered previously,^{33,34} which means that as pigs grow, their amino acids need diminish; however, feed consumption keeps increasing provoking greater degradation of the surplus amino acids; therefore, greater concentration of blood urea through the time. In growing, but especially in finishing pigs, the negative correlations between the urea concentrations and the weight gain supports this theory (Table 3 and 4). The lack of differences in the urea concentrations between pigs penned in individual form and in group were also observed by other authors.^{1,35} However, in the work of Kornegay *et al.*,³⁶ greater urea concentrations were observed in pigs maintained with adequate space in comparison with the ones maintained with restricted space in the last two weeks of the work (fifth and sixth weeks), which was associated to the greater feed consumption.

Results in studies of acute stress in pigs suggest that after a source of stress is applied the cortisol and glucose concentrations are quickly increased that is to say, they are of quick response to stress, and their elevation in plasma is transitory.^{12,13} However, the results of Becker *et al.*,¹¹ indicate that the moment in which the cortisol concentrations begin to increase, when the maximum peak is reached and the time that the concentrations remain elevated, can vary from some minutes to several hours in function of the type of stress factor applied. In relation to the urea concentrations, it is suggested that this metabolite is of late response to stress,³⁷ which confirmed Webel *et al.*,¹¹ who found an increment in the urea concentrations six hours after the increment in the cortisol concentrations, and these were maintained elevated up to 12 hours after being subjected to an immunological stress. In the present work it was expected that pigs penned in group, and especially those with restricted space, showed greater cortisol concentrations (and consequently of glucose)

Las concentraciones de cortisol observadas en este trabajo se encuentran dentro de los rangos fisiológicos observados en otros estudios.¹¹⁻¹³ Las concentraciones de cortisol mostraron un patrón de tipo cuadrático a través del tiempo, pero si se consideran solamente las concentraciones iniciales y finales, éstas presentan tendencia a disminuir (Figura 1a). En el estudio de Ruis *et al.*,³⁰ donde se evaluaron 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 disminución en el cortisol sanguíneo con respecto a la edad, lo que coincide con la tendencia encontrada aquí, pero no con los resultados de Stull *et al.*,³¹ quienes observaron ligero incremento en las concentraciones de cortisol desde el destete hasta el peso de mercado. Las diferencias en hallazgos quizá se deban a que en el último estudio los cerdos se muestrearon dentro de un rango mayor de tiempo de su vida productiva, entre cuatro y 24 semanas.

En cerdos alojados en grupo, se ha señalado que el estrés crónico intermitente se puede presentar en cerdos de bajo rango social ya que continuamente se enfrentan a diversos factores de estrés, como miedo (debido a la competencia permanente para mantener el orden social), hambre (porque son desplazados continuamente de los comederos), frío (cuando son relegados del grupo y limitados a las áreas húmedas o mal ventiladas del corral) y frustración (porque son blanco continuo de la conducta agresiva de los cerdos dominantes y de rango intermedio), lo que resulta en la aplicación irregular de factores de estrés heterotípicos;^{10,22} ello podría repercutir en menor ganancia de peso, probablemente asociada con mayores concentraciones de cortisol.³² Sin embargo, en cerdos en crecimiento las correlaciones positivas (Cuadro 3) entre las concentraciones de cortisol en las primeras tres semanas con la ganancia de peso en las semanas 1-2, sugieren que los cerdos que ganaron más peso tuvieron las mayores concentraciones de cortisol, lo que concuerda con los resultados de Stull *et al.*,³¹ pero son contrarios a los resultados de Ruis *et al.*³⁰ y la tendencia observada en el presente trabajo (disminución de cortisol a través del tiempo). Estas discrepancias son difíciles de explicar.

La mayor concentración de glucosa sanguínea en cerdos en crecimiento, y la reducción en las concentraciones de glucosa conforme los cerdos van creciendo (Figuras 1b y 2b), coinciden con los resultados de Gómez *et al.*^{33,34} Las concentraciones séricas de glucosa fueron similares entre las diferentes densidades, lo cual también coincide con el trabajo de Gómez *et al.*,¹ donde se compararon cerdos alojados en forma individual y en grupos de cuatro por corral, provistos con espacio adecuado, y con los resultados

in intermittent form during the day due to the competence for the feed and vital spaces. It was also expected that the associated management of the venopunction provoked increments in the cortisol concentrations of greater magnitude by their greater sensibility and reactivity to stress. In the case of the urea, intermittent but continuous increments were also expected, of chronic type, so before the urea concentrations returned to baseline levels, they showed a new increment due to the intermittent competence among pigs.

The obtained results indicate that the development of growing and finishing pigs was depressed in the same magnitude in response to the increment in the group size and the reduction of available floor space; but no differences in the seric glucose, urea or cortisol concentrations were found in terms of the density. The weight gain did not have consistent relationship with the glucose and urea concentrations nor with the cortisol concentrations. The last suggests that the slower growth of pigs penned in group with adequate or restricted space was due to the lower feed consumption or the increment in the physical activity, which reduced the nutriment supply for growth. From a nutrimental approach, it is important to continue with the development of a methodology that permits the diagnosis of chronic stress in pigs penned in group and the identification of physiological indicators through which can be detected, in a reliable way, the stress degree that pigs suffer and especially, the possible modifications that this could provoke upon the metabolism of nutrients.

Referencias

1. Gomez RS, Lewis AJ, Miller PS, Chen H-Y. Growth performance and metabolic responses of gilts penned individually or in groups of four. *J Anim Sci* 2000;78:597-603.
2. Hyun Y, Ellis M, Riskowski G, Johnson RW. Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J Anim Sci* 1998a;76:721-727.
3. Hyun Y, Ellis M, Johnson RW. Effects of feeder type, space allowance and mixing on the growth performance and feed intake pattern of growing pigs. *J Anim Sci* 1998b;76:2771-2778.
4. Gonyou HW, Chapple RP, Frank GR. Productivity time budgets and social aspects of eating in pigs penned in groups of five or individually. *Appl Anim Behav Sci* 1992;34:291-301.
5. Chapple RP. Effects of stocking arrangement on pig performance. In: E. S. Batterham, editor. *Manipulating pig production IV*. Attwood, Victoria, Australia: Australian Pig Sci Assoc, 1993:87-104.
6. Stookey JM, Gonyou HW. The effect of regrouping on behavioral and production parameters in finishing swine. *J Anim Sci* 1994;72:2802-2811.
7. Hicks TA, McGlone JJ, Whisnant CS, Kattesh HG,

de Ward *et al.*,³⁵ quienes compararon grupos de cerdos alojados con espacio adecuado o restringido. Aunque los hallazgos anteriores no coinciden con los de Kornegay *et al.*,³⁶ en los que se encontraron mayores concentraciones de glucosa en lechones mantenidos en espacio adecuado, comparados con los que permanecieron en espacio restringido. En cerdos en crecimiento y finalización (Cuadros 4 y 5) es difícil explicar por qué en algunos tiempos de muestreo las concentraciones de glucosa mostraron correlaciones positivas y, en otros, correlaciones negativas, con la ganancia de peso, 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 (Figuras 1c y 2c) ha sido registrado previamente,^{33,34} 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 mayor degradación de los aminoácidos excedentes, y, por tanto, mayor concentración de urea en sangre a través del tiempo. En cerdos en crecimiento, y en especial en cerdos en finalización, las correlaciones negativas entre las concentraciones de urea y la ganancia de peso apoyan esta teoría (Cuadros 3 y 4). La falta de diferencias en las concentraciones de urea entre cerdos alojados en forma individual y en grupo también fueron observadas por otros autores.^{1,35} Sin embargo, en el trabajo de Kornegay *et al.*³⁶ se observaron mayores concentraciones de urea en cerdos mantenidos con espacio adecuado en comparación con los mantenidos con espacio restringido en las últimas dos semanas del trabajo (quinta y sexta semanas), lo cual se asoció al mayor consumo de alimento.

Resultados en estudios de estrés agudo en cerdos sugieren que las concentraciones de cortisol y glucosa se incrementan rápidamente después de aplicada una fuente de estrés; es decir, son de respuesta rápida al estrés, y su elevación en plasma es transitoria.^{12,13} Sin embargo, los resultados de Becker *et al.*¹¹ indican que el momento en que se inicia el incremento en las concentraciones de cortisol, cuando se alcanza el pico máximo y el tiempo que las concentraciones permanecen elevadas, pueden variar desde unos minutos hasta varias horas en función del tipo de factor de estrés aplicado. Con respecto a las concentraciones de urea, se sugiere que este metabolito es de respuesta tardía al estrés,³⁷ lo cual confirmaron Webel *et al.*,¹⁴ quienes encontraron un incremento en las concentraciones de urea seis horas después del incremento en las concentraciones de cortisol, y éstas se mantuvieron elevadas hasta 12 horas después de ser sometidos a un estrés inmunológico. En el presente trabajo se esperaba que los cerdos alojados

- Norman RL. Behavioral, endocrine, immune, and performance measures for pigs exposed to acute stress. *J Anim Sci* 1998;76:474-483.
8. de Haer LCM, Mercks JW. Patterns of daily food intake in growing pigs. *Anim Prod* 1992;54:95-104.
 9. De Haer LCM, De Vries AG. Feed intake patterns of and feed digestibility in growing pigs housed individually or in groups. *Livest Prod Sci* 1993;33:277-292.
 10. Moberg GP. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: Moberg GP, Mench JA, editors. *The biology of animal stress. Basic principles and implications for animal welfare*. London, UK: CAB International, 2000:111-121.
 11. Becker BA, Nienaber JA, Christenson RK, Manak RC, DeShazer JA, Hahn GL. Peripheral concentrations of cortisol as an indicator of stress in the pig. *Am J Vet Res* 1985;46:1034-1038.
 12. Spencer GS. Relationship between plasma somatomedin activity and levels of cortisol and free fatty acids following stress in pigs. *J Endocrin* 1980;84:109-114.
 13. Spencer GS, Hallett KG. Hormone and metabolite changes with stress in pigs. In: M. E. Tumbleson, editor. *Swine in biomedical research*. NY: Plenum Press, 1981:159-165.
 14. Webel DM, Finck BN, Baker DH, Johnson RW. Time course of increased plasma cytokines, cortisol and urea nitrogen in pigs following intraperitoneal injection of lypopolysaccharide. *J Anim Sci* 1997;75:1514-1520.
 15. Jensen AH. Environmental and management factors that influence swine nutrition. In: Miller ER, Ullrey D.E, Lewis AJ, editors. *Swine Nutrition*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann, 1991:387-399.
 16. NRC. *Nutrient Requirements of Swine*. National Research Council. 10th ed. Washington DC: National Academy Press, 1998.
 17. SAS Institute Inc. *SAS/STAT User's Guide*, Version 6, 4th ed. Cary, NC. SAS Institute Inc. 1989.
 18. Steel RG, Torrie JH. *Principles and Procedures of Statistics: A biometrical approach*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1980.
 19. Randolph JH, Cromwell GL, Stahly TS, Kratzer DD. Effects of group size and space allowance on performance and behavior of swine. *J Anim Sci* 1981;53:922-927.
 20. Nielsen BL, Lawrence AB. Effect of group size on the behavior and performance of growing pigs. In: Batterham ES, editor. *Manipulating pig production IV*. Attwood, Victoria, Australia: Australian Pig Sci Assoc, 1993:85-87.
 21. Nielsen BL, Lawrence AB, Whittemore CT. Effect of group size on feeding behavior, social behavior, and performance of growing pigs using single-space feeders. *Livest Prod Sci* 1995;44:73-85.
 22. Ladewig J. Chronic intermittent stress: A model for the study of long-term stressors. In: Moberg GP, Mench JA, editors. *The biology of animal stress. Basic principles and implications for animal welfare*. London, UK: CAB International, 2000:111-121.
 23. Bustamante M, Jesse GW, Becker BA, Krause GF. Effects

en grupo, y en especial los de espacio restringido, mostraran mayores concentraciones de cortisol (y en consecuencia de glucosa) en forma intermitente durante el día, debido a la competencia por el alimento y espacios vitales. Además se esperaba que el manejo asociado a la venopunción provocara incrementos en las concentraciones de cortisol de mayor magnitud por su mayor sensibilidad y reactividad al estrés. En el caso de la urea, también se esperaban incrementos intermitentes pero continuos, de tipo crónico, de manera que antes de que las concentraciones de urea volvieran a los niveles basales mostraran un nuevo incremento debido a la competencia intermitente entre los cerdos.

Los resultados obtenidos indican que el desarrollo de los cerdos en crecimiento y finalización se deprimió en la misma magnitud en respuesta al incremento en el tamaño de grupo y la reducción de espacio disponible de piso; pero no se encontraron diferencias en las concentraciones séricas de glucosa, urea o cortisol en función de la densidad. La ganancia de peso no tuvo relación consistente con las concentraciones de glucosa y urea ni con las concentraciones de cortisol. Lo anterior sugiere que el menor crecimiento de los cerdos alojados en grupo con espacio adecuado o restringido se debió al menor consumo de alimento o el incremento en la actividad física, lo que redujo la oferta de nutrimentos para crecimiento. Desde un enfoque nutricional, es importante continuar con el desarrollo de una metodología que permita diagnosticar estrés crónico en cerdos alojados en grupo y la identificación de indicadores fisiológicos a través de los cuales se pueda detectar, de manera confiable, el grado de estrés que sufren los cerdos, y en especial, las posibles modificaciones que éste pudiera provocar sobre el metabolismo de los nutrimentos.

of individual *vs* group penning on the performance of weanling pigs. *J Anim Sc* 1996;74:1457-1461.

24. Kornegay ET, Meldrum JB, Chickering WR. 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* 1993a;71:3185-3198.
25. Kornegay ET, Lindemann MD, Ravindran V. Effects of dietary lysine levels on performance and immune response of pigs housed at two floor space allowances. *J Anim Sci* 1993b;71:552-556.
26. Yen JT, Pond WG. Effect of dietary supplementation with vitamin C or carbadox on weanling pigs subjected to crowding stress. *J Anim Sci* 1987;64:1672-1680.
27. Mendl M, Zanella AJ, Broom DM. Physiological and reproductive correlates of behavioural strategies in female domestic pigs. *Anim Behav* 1992;44:1107-1121.
28. Janssens CJG, Helmond FA, Wiegant VM. Increased

- cortisol response to exogenous adrenocorticotrophic hormone in chronically stressed pigs: influence of housing conditions. *J Anim Sci* 1994;72:1771-1777.
29. De Jonge FH, Bokkers EAM, Schouten WGP, Helmond FA. Rearing piglets in a poor environment: Developmental aspects of social stress in pigs. *Physiol Behav* 1996;60:389-396.
 30. Ruis MAW, Te Brake JHA, Engel B, Ekkel ED, Buist WG, Blokhuis HJ, *et al.* The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: effects of age, gender, and stress. *Physiol Behav* 1997;62:623-630.
 31. Stull CL, Kachulis CJ, Farley JL, Koeing GJ. The effect of age and treat order on α_1 -acid glycoprotein, neutrophil-to-lymphocyte ratio, cortisol and average daily gain in commercial growing pigs. *J Anim Sci* 1999;77:70-74.
 32. Hansen LL, Hagelso AM, Madsen A. Behavioral results and performance of bacon pigs fed *ad libitum* from one or several self-feeders. *Appl Anim Ethol* 1982;8:307-333.
 33. Gomez RS, Lewis AJ, Miller PS, Chen H-Y. 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* 2002a;80:644-653.
 34. Gomez RS, Lewis AJ, Miller PS, Chen H-Y. 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* 2002b;80:654-662.
 35. Ward TL, Southern LL, Bidner TD. Interactive effects of dietary chromium tripicolinate and crude protein level in growing-finishing pigs provided inadequate and adequate pen space. *J Anim Sci* 1997;75:1001-1008.
 36. Kornegay ET, Lindemann MD, Ravindran V. Effects of dietary lysine levels on performance and immune response of pigs housed at two floor space allowances. *J Anim Sci* 1993b;71:552-556.
 37. Tomas FM, Murray AJ, Jones LM. Modification of glucocorticoid-induced changes in myofibrillar protein turnover in rats by protein and energy deficiency as assessed by urinary excretion of N¹-methylhistidine. *Brit J Nut* 1984;51:323-337