

Caracterización de cerdos híbridos de cuatro razas (Landrace, Yorkshire Duroc y Pietrain) para desempeño productivo, calidad de canal y calidad de carne bajo condiciones de clima tropical

por:

Bayrex Mayani Rosa Alfonso

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de:

Maestro en Ciencias

en

Industria Pecuaria
Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
2008

Autorizado por:

Ángel Custodio, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Edgardo Rivera, DVM, MS
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Carmen S. Santana Nieves, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

José R. Latorre Acevedo, Ph.D.
Director de Departamento

Fecha

Juan Ortiz López, MS
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Resumen

Ciento dieciséis cerdos híbridos (machos Pietrain x Duroc cruzados con hembras Landrace x Yorkshire o Yorkshire x Landrace), de catorce lechigadas, fueron evaluados para desempeño en crecimiento, calidad de canal y de carne bajo condiciones de producción semi intensiva en Puerto Rico. Al destete los animales fueron agrupados por sexo y peso en 18 jaulas (4 a 7 animales por jaula), con 10 jaulas de hembras y 8 de machos castrados. Los animales fueron alimentados con dietas comerciales durante las cuatro etapas de duración del periodo experimental. Las variables de crecimiento, calidad de canal y de carne fueron analizadas como un diseño completamente aleatorizado; para la variable eficiencia alimenticia semanal se hizo un análisis de medidas repetidas. No hubo diferencias significativas por sexo para la duración de las fases de crecimiento (120 lb.) y terminado (200 lb.), ganancia en peso diaria eficiencia alimenticia ni para el consumo de alimento total para ninguna de las etapas analizadas. El consumo de alimento total individual para las fases de crecimiento y terminado fue 224 ± 5 y 262 ± 12 lb., respectivamente. Durante la fase de terminado las hembras mostraron un consumo de alimento significativamente menor que los machos castrados (6 ± 0.3 vs. 7 ± 0.3 lb./d, $P \leq 0.05$). El número de días para alcanzar el peso vivo de 120 libras (111.56 ± 0.95 días) fue similar entre hembras y machos castrados, pero el peso vivo de 200 lb. fue alcanzado primero por los

machos castrados (143.25 ± 1.75 vs. 155.60 ± 1.57 días, para machos castrados y hembras, respectivamente, $P \leq 0.05$). El rendimiento de canal fue significativamente mayor para las hembras a las 120 lb. ($79.75 \pm 0.46\%$ vs. $77.04 \pm 0.56\%$, $P \leq 0.05$), pero no a las 200 lb. con un rendimiento promedio de 81.9% para ambos sexos. Los machos castrados tuvieron una capa de grasa significativamente más gruesa a las 120 lb. (0.68 ± 0.03 vs. 0.58 ± 0.03 pulgadas, para machos castrados y hembras respectivamente, $P \leq 0.05$). Esta diferencia no fue observada a las 200 lb. (0.93 pulgadas promedio). Bajos valores de pH (5.33, promedio) y colores (L^* y a^*) moderadamente pálidos para ambos pesos de matanza fueron observados 48 horas post matanza en el músculo largo dorsal. Estos valores son utilizados como indicadores de calidad en carne de cerdo. La carne cruda fue más tierna en machos castrados que en hembras para ambos pesos de matanza (5.6 vs. 6.5 ± 0.02 kg. y 5.4 vs. 6.5 ± 0.02 kg. para machos castrados y hembras a 120 y 200 lb., respectivamente, $P \leq 0.05$). El costo total de alimento para producir una libra de carne fue estimado en 47 vs. 56 centavos para cerdos de 120 y 200 lb. respectivamente, utilizando costos de alimento provistos por molinos locales a principios del año 2008. Las diferencias observadas en este estudio no sugieren ventajas en la utilización de uno u otro sexo. El cruce evaluado demostró ser una alternativa efectiva para la producción semi intensiva de cerdos en Puerto Rico.

Abstract

One hundred and sixteen crossbred pigs (Pietrain x Duroc sires bred with Landrace x Yorkshire or Yorkshire x Landrace gilts), from fourteen litters, were evaluated for their performance on growth, carcass and meat quality under semi intensive production conditions in Puerto Rico. Animals were allotted at weaning, by sex and body weight, to 18 pens (4-7 pigs/pen) with a total of 10 pens for gilts and 8 pens for barrows. The pigs were stage fed (four stages) with commercial diets during the whole experimental period. Growth, carcass and meat quality variables were analyzed as a completely randomized design; for weekly feed efficiency a repeated measurements analysis was used. There were no significant differences by sex for duration of the growing (120 lb.) or finishing (200 lb.) phase, daily weight gain, feed efficiency or total feed intake for any of the stages analyzed. The total individual feed intake for the grower and finishing phase was 234 ± 5 and 262 ± 12 lb., respectively. During the finishing phase, gilts showed a significantly lower feed intake than barrows (6 ± 0.3 vs. 7 ± 0.3 lb/d, $P \leq 0.05$). Number of days to reach slaughter body weight was similar between gilts and barrows at 120 pounds (111.56 ± 0.95 days) but at 200 lb. slaughter body weight, barrows were faster (143.25 ± 1.75 vs. 155.60 ± 1.57 days, for barrows and gilts, respectively, $P \leq 0.05$). Carcass yield was significantly higher for gilts at 120 lb. ($79.75 \pm 0.46\%$ vs. $77.04 \pm 0.56\%$, $P \leq 0.05$), but not at 200 lb., with an average yield of 81.9% for both sexes. Barrows had a

significantly thicker backfat at 120 lb (0.68 ± 0.03 vs. 0.58 ± 0.03 in., for barrows and gilts, respectively, $P \leq 0.05$). This difference was not observed at 200 lbs (0.93 in., average backfat). Low pH values (5.33, average) and moderately pink pale (L^* and a^*) colors were observed 48 hours after slaughter in the *L. dorsi* muscle for both slaughter body weights. These values are used as indicators of pork quality. Raw meat was more tender on barrows than gilts for both slaughter body weights (5.6 vs. 6.5 ± 0.02 kg. and 5.4 vs. 6.5 ± 0.02 kg. for barrows vs. gilts at 120 and 200 lb, respectively, $P \leq 0.05$). The total feed cost to produce one pound of pork was estimated to be 47 vs. 56 cents for 120 vs. 200 lb. pigs, using feed cost provided by local feed mills at the beginning of year 2008. The differences observed in this study do not suggest any advantage in the use of one sex or another. The evaluated crossbreed demonstrated to be an effective alternative for the semi intensive pork production conditions in Puerto Rico.

Dedicatoria y agradecimientos

Dedico este trabajo a todos aquellos que siempre creyeron en mi y me alentaron a seguir adelante con mis sueños.

Este trabajo es el resultado del esfuerzo y la colaboración de un sinnúmero de personas, las cuales fueron piezas clave durante el desarrollo del mismo y sin las cuales hubiese sido imposible completarlo. Agradezco la colaboración del personal de la Granja de Industrias Pecuarias en Lajas, del personal del Departamento de Industrias Pecuarias y a los compañeros estudiantes que siempre me apoyaron.

Gracias Compañeros.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Apéndices	ix
I. Introducción	1
II. Publicaciones previas	3
A. Características de producción.....	3
B. Características de canal y calidad de carne	8
III. Objetivos	19
IV. Materiales y métodos	19
A. Animales y facilidades físicas	19
B. Alimentación.....	23
C. Proceso de Matanza.....	25
D. Variables analizadas	25
E. Análisis estadístico	32
V. Resultados y discusión.....	35
A. Variables de producción.....	35
B. Características de canal.....	42
C. Calidad de la carne	52
D. Estimado de costos de producción	55
VI. Conclusiones y recomendaciones	58
VII. Bibliografía	60
VIII. Apéndices.....	65

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipo de alimento, duración del periodo y fases para cada etapa.....	24
Tabla 2. Variables analizadas.....	28
Tabla 3. Medias de cuadrados mínimos y error estándar para las variables de producción analizadas por etapa o fase de producción.	36
Tabla 4. Características de la canal por peso vivo de matanza y sexo.	44
Tabla 5. Distribución de los componentes de la canal por peso vivo de matanza y sexo.....	49
Tabla 6. Calidad de la carne por peso vivo de matanza y sexo.....	52
Tabla 7. Costos de alimentación basados en el consumo individual total de alimento por etapa.	57

Lista de Figuras

Figura 1. Representación del cruce terminal utilizado.....	21
Figura 2. Grupo de animales en jaula elevada con piso enrejillado.....	22
Figura 3. Grupo de animales en corral con piso de concreto para las fases de crecimiento y terminado.....	22
Figura 4. Pesaje de animales.....	26
Figura 5. Vísceras rojas, pesaje de vísceras rojas y pesaje de vísceras blancas.	27
Figura 6. Lugar donde se midió la capa de grasa en el tercer cuarto de la décima costilla.....	30
Figura 7. Muestra de músculo a partir de la décima costilla.....	31
Figura 8. Instrumentos utilizados para evaluar calidad de carne: Colorímetro, Warner Bratzler y Metro de pH.....	32
Figura 9. Eficiencia alimenticia semanal promedio durante el periodo experimental.	38
Figura 10. Por ciento (%) de distribución por sexo de los componentes del lado izquierdo de la canal al peso vivo de 120 y 200 libras.....	50

Lista de Apéndices

Apéndice 1. Proceso de matanza	65
--------------------------------------	----

I. Introducción

Para el año fiscal 2004/2005, el Departamento de Agricultura reportó una producción local de sólo el 13.5% de las 175.5 millones de libras de carne de cerdo disponibles para consumo en la Isla (Anónimo, 2006). Algunas razones para esta baja participación en el mercado local son: una reducción en el número de granjas en operación, alta mortalidad de los cerditos, altos costos de inversión y pobre eficiencia en la producción. Las alternativas propuestas para resolver estos problemas van dirigidas a reducir los costos de producción y así lograr una empresa porcina más eficiente. Una de las alternativas lo es el mejoramiento genético de los animales.

Se han realizado diferentes esfuerzos de investigación para mejorar la producción de carne de cerdo en Puerto Rico a través de selección artificial y control de apareamientos de los animales. A principio de la década de los años 1950 ya se estaban evaluando cruces entre las razas Duroc Jersey, Criolla, Landrace Large Black, Duroc y Tamworth que pudieran desempeñarse exitosamente bajo las condiciones de manejo prevalecientes en la Isla (González y Cabrera, 1951). Otros intentos más recientes han evaluado híbridos producto de las razas Yorkshire, Duroc y Landrace (Sacarello, 1999).

En las últimas décadas, la industria porcina ha experimentado una serie de cambios progresivos asociados a la demanda de ciertas características que debe tener el producto local. El mismo debe ser un producto magro, de excelente calidad que a la vez sea económicamente viable para el productor. Esto a su vez plantea la necesidad de ampliar la diversidad de los animales a evaluar y de incluir en esas evaluaciones aspectos productivos y de calidad, de acuerdo a la demanda del consumidor.

En la actualidad, a nivel global, el mejoramiento genético continúa siendo una herramienta muy valiosa para mejorar la producción aprovechando la heterosis y la diferencia entre razas (Kuhlers et al., 1994). El cruzamiento entre razas se ha convertido en el sistema de apareamientos más utilizado en la producción comercial de carne de cerdo (Buchanan, 1987; Johnson, 1981). Un sistema de cruces óptimo involucra el uso de una línea de raza pura o especializada de machos con una hembra producto de la cruce de una o mas razas (Johnson, 1981). Un sistema de cruce terminal típico utiliza el 100% de la heterosis disponible y la complementariedad entre las razas, manteniendo un producto final que sea lo menos variable posible (Kuhlers et al., 1994; Soldevila et al., 1983).

La industria porcina en Puerto Rico, no está aprovechando al máximo las ventajas de los cruces entre razas, quizás porque no se ha podido

identificar un tipo de cruce que se adapte a nuestras condiciones climáticas y económicas y que produzca carne al gusto del consumidor. Por esta razón, es necesario continuar evaluando diferentes combinaciones de razas que hayan demostrado un buen desempeño bajo las condiciones tropicales existentes en la Isla. Con este fin en la presente investigación, se hizo un cruce terminal de cuatro razas diferentes (Pietrain, Duroc, Yorkshire y Landrace) y se evaluaron los animales resultantes para desempeño productivo, calidad de canal y de carne.

II. Publicaciones previas

A. Características de producción

El crecimiento de los cerdos depende de diversos factores bióticos y abióticos. Entre estos podemos incluir: factores sociales, estado de salud de los animales, nutrición, facilidades físicas, temperatura ambiental y genética (Anónimo, 1993; Brumm et al., 2001; Edwards et al., 2006; Johnson, 1981; Kuhlert et al., 1994; Lefaucheur et al., 1991; NRC, 1998). Todos estos factores interactúan afectando el crecimiento y desarrollo de los animales.

Para identificar los cerdos a ser utilizados en sistemas de producción comercial de carne se evalúan características como: el tiempo en alcanzar

el peso de matanza, la ganancia de peso diaria, la eficiencia o conversión alimenticia y el consumo de alimento entre otras.

Edwards et al. (2006) evaluaron las características de crecimiento y composición de la canal en cerdos cruzados hijos de machos Duroc o Pietrain, con hembras puras de la raza Yorkshire o hembras cruzadas Yorkshire x Landrace (F_1). Durante las primeras diez semanas no hubo diferencias significativas en el peso de los animales asociado a las razas de los padrotes. Tampoco hubo diferencias significativas en la eficiencia alimenticia promedio en ningún periodo del estudio. Sin embargo, entre las 10 y 26 semanas de edad, la progenie de machos Duroc tuvo una ganancia diaria promedio mayor (2.16 vs. 1.97 lb/d, $P < 0.001$) que los cerdos producto de machos Pietrain. Los machos castrados hijos de Duroc presentaron una tendencia a crecer más rápido pero con más tejido graso, comparado con las cerditas hijas de Pietrain las cuales crecieron más lentamente pero fueron más magras. En promedio, los animales en este estudio alcanzaron el peso de 120 libras entre las 13 a 14 semanas de edad y las 200 libras entre las semanas 18 y 21. Se concluyó en este trabajo que la progenie de machos Duroc tiene una ganancia en peso mayor mientras que la progenie de Pietrain resulta ser más magra.

Latorre et al. (2003) estudiaron la influencia del sexo y la línea del verraco en el desempeño productivo de cerdos cruzados. Los verracos

utilizados fueron Duroc Danés y Pietrain x Large White. Estos fueron cruzados con hembras Landrace x Large White. Entre los pesos de 99 a 149 libras, los machos castrados consumieron más alimento ($P<0.01$), tuvieron una razón de crecimiento similar y una conversión alimenticia más pobre ($P<0.01$) que las hembras. Al final de la prueba, entre las 99 y 258 libras de peso vivo, los machos castrados habían consumido más alimento (5.75 vs. 5.42 lb/d; $P<0.001$), crecido más rápido (2.03 vs. 1.95 lb/d; $P<0.05$) pero con una tendencia a tener una conversión alimenticia más pobre (2.83 vs. 2.78; $P<0.10$) que las hembras. Estos investigadores concluyeron que el mayor crecimiento en los machos castrados fue debido a su mayor consumo de alimento, y presentaron canales con mayor contenido de grasa.

En el 2004, Litten et al. estudiaron las relaciones entre el crecimiento, consumo de alimento, perfil endocrino y calidad de canal en diferentes líneas maternas y paternas de cerdos. Los cerdos evaluados provenían de hembras de líneas terminales compuestas por las razas Meishan, Duroc, Large White, Landrace y dos líneas paternas: Cotswold Large White o Pietrain Alemán. Estos concluyeron que la línea maternal o paternal del cerdo influye en el crecimiento, el consumo de alimento y la calidad de la canal, aún cuando el perfil endocrino sea similar. Indicaron que los

mecanismos que causan estos cambios se explican mejor por el arreglo genético que por el perfil endocrino.

Blasco et al. (1994) midieron la tasa de crecimiento y el consumo de alimento en cerdas y machos castrados provenientes de cruces entre hembras Landrace x Large White o Duroc x Large White, empadronadas con machos terminales Duroc, Large White o Belgian Landrace. Los animales fueron agrupados y alimentados a voluntad desde 50 hasta 214 libras de peso vivo. La ganancia diaria de las hembras fue 1.74 ± 0.02 lb. y la de los machos de 1.95 ± 0.02 lb. La edad final de las hembras fue 170 ± 1.3 días y la de los machos 161 ± 1.3 días. No se encontraron diferencias significativas en el consumo diario (4.41 lb/d) ni en la conversión alimenticia (2.44), asociado a la genética de los animales, aunque aparenta que la progenie terminal de machos Duroc fue la más eficiente, la cual tuvo una ganancia de peso diaria mayor a un nivel intermedio de grasa.

Cassady et al. (2004) compararon el crecimiento y las características de canal en la progenie de seis líneas comerciales de cerdas paridoras. Las hembras fueron cruzadas con verracos terminales Danbred o Duroc x Hampshire. La ganancia promedio diaria para las hembras fue de 1.72 lb. y para machos castrados de 1.79 lb. El tiempo en alcanzar el peso vivo promedio de 253 lb. en las hembras fue de 179 días y en los machos castrados, 175 días.

Cisneros et al. (1996) evaluaron dos cruces de cerdos para características de crecimiento y de canal a diferentes pesos de matanza, entre 220 y 352 libras. Los cruces utilizados fueron un híbrido de una compañía comercial y un cruce triple entre las razas Hampshire x (Yorkshire x Duroc). Los resultados indican que los machos castrados crecieron más rápido que las hembras. Hasta las 284 libras de peso vivo, el consumo de alimento diario promedio, la ganancia diaria promedio y la eficiencia alimenticia fue 6.77 lb., 1.79 lb/d y 0.268 para las hembras vs. 7.08 lb., 1.92 lb/d y 0.276 para los machos, respectivamente.

Friesen et al. (1994) diseñaron un experimento para determinar los efectos de las interrelaciones entre genotipo, sexo y lisina en la dieta sobre el crecimiento y composición de la canal en cerdas y machos castrados, sacrificados a las 230 y 280 libras de peso vivo. Para los animales sacrificados a las 230 libras, la eficiencia promedio observada fue de 0.30, con los machos castrados mostrando una ganancia y un consumo diario mayor (1.9 y 6.68 lb/d vs. 1.8 y 6.0 lb/d, respectivamente) que las hembras. Concluyeron que las cerdas tenían una mayor eficiencia alimenticia.

Wilson y Johnson (1981) cuantificaron el desempeño post destete hasta las 220 libras de peso vivo en cerdos provenientes de cruces triples entre verracos Duroc, Yorkshire y Hampshire con cerdas Duroc x Hampshire, Duroc x Yorkshire y Hampshire x Yorkshire. En promedio los

animales se tardaron 188.5 días en alcanzar las 220 libras, tuvieron una capa de grasa de 1.25 pulgadas, una eficiencia alimenticia de 0.32 y un consumo diario de 4.39 libras. La progenie de machos Duroc fue la más eficiente en la utilización de alimento.

Kuhlers et al. (1985) evaluaron cerdas híbridas empadronadas con machos Yorkshire para determinar el desempeño post destete de la progenie. Las cerdas utilizadas eran cruces con proporción 3:1 de las razas Hampshire x Landrace, Duroc x Landrace y Spot x Landrace. Los animales alcanzaron un peso promedio de 220 libras en 182 días, tuvieron una conversión alimenticia de 3.55, un consumo diario de 5.58 libras y una ganancia diaria de 1.59 libras.

B. Características de canal y calidad de carne

La información obtenida de la evaluación de canales de cerdos se usa en los índices de selección para mejorar la productividad y la calidad de la carne y es esencial para determinar el valor del producto en el mercado (Latorre et al., 2003). Los programas que determinan el valor de las canales por contenido magro pueden usar las siguientes características: capa de grasa dorsal en la última costilla, profundidad de la capa de grasa dorsal y del ojo del lomo medido en un punto tres o cuatro costillas anteriores a la última costilla, profundidad de la capa de grasa y del ojo del

lomo en la interfase entre la décima y undécima costilla y peso de la canal. En operaciones comerciales, las canales de cerdos son evaluadas principalmente para peso de la canal caliente, ancho de la capa de grasa y musculatura (American Meat Science Association, 2001).

Las características de la canal pueden ser afectadas por factores tales como sexo, alimentación y genética del animal. Existen discrepancias en cuanto a la influencia del sexo en la canal, asociadas al método que se utilice en el matadero para remover el sistema reproductor de la canal (Latorre et al., 2003). Se han reportado canales con más grasa en machos castrados que en hembras (Edwards et al., 2006; Latorre et al., 2003). El nivel proteico en la dieta también afecta el contenido de grasa en la canal (Šimek et al., 2004). La genética del animal tiene una gran influencia en la calidad de la canal siendo esta altamente variable y dependiente de las razas en el cruce (Latorre et al., 2003; Šimek et al., 2004).

La clasificación de canales de cerditas y machos castrados se basa en dos consideraciones generales: calidad, que incluye la proporción de carne magra a grasa y el rendimiento esperado de los cuatro cortes magros (jamón, lomo, pernil delantero y “Boston Butt”), (USDA, 1985). La calidad de la canal es afectada por el procesamiento de los tejidos magros y grasos. Esto afecta la aceptabilidad y palatabilidad de los productos de cerdo ya sean frescos o procesados por el consumidor (American Meat

Science Association, 2001). La calidad de la carne es afectada básicamente por los mismos factores que afectan las características de la canal. El pH, color, contenido de grasa intramuscular, marmoleo, pérdida de líquido por goteo, terneza y jugosidad son indicadores de la calidad de la carne.

El pH del músculo del animal baja hasta un valor promedio de 5.5, 24 horas luego de la muerte del animal (Lawrie, 1982, citado por Hui et al., 2006). La variación en el pH final influye en el color de la carne y su capacidad para retener líquidos (Klont, 2005).

El color es la cualidad por la cual muchos consumidores evalúan la carne, prefiriendo un rojo brillante en la carne fresca (Cornforth, 1994, citado por Hui et al., 2006). El color de la carne depende de varios factores entre los que se encuentran la tasa de glicólisis post mortem, el contenido de grasa intramuscular, el nivel de pigmento (mioglobina) y el estatus oxidativo del pigmento (Van Oeckel et al., 1999). La variación en el pH final también influye en el color de la carne y su capacidad para retener líquidos. Se ha indicado que la glicólisis después de la muerte reduce el pH del músculo hacia el punto isoeléctrico de las proteínas musculares, provocando un ensanchamiento del espacio entre las fibras musculares (Offer et al., 1989), y de esta forma, dando una apariencia más pálida a la carne. El color de la carne puede ser utilizado para identificar condiciones

no deseables en la carne como lo es el P. S. E. (Pálida, Suave y Exudativa) o el D. F. D. (Oscura, Firme y Seca, por sus siglas en inglés (De Smet et al., 1994).

Una técnica para evaluar color en la carne es la colorimetría óptica. Según una publicación de la “American Meat Science Association” (1991), en esta prueba L^* es el indicador de la claridad de la carne. Varía desde un valor $L^*= 0$, que representa una carne totalmente negra, hasta un valor de $L^*= 100$, que representa una carne totalmente blanca. Valores de a^* negativos indican coloración verde y valores positivos color rojo. Para el indicador de color b^* , valores negativos corresponden al color azul y valores positivos al color amarillo (American Meat Science Association, 1991).

El marmoleo se refiere a la grasa intramuscular visible en un corte del músculo entre las fibras musculares (Gerard et al., 2001). El marmoleo y la grasa intramuscular están altamente relacionadas, pero su relación con la calidad de la carne no está bien establecida (Latorre et al., 2003). Se cree que el marmoleo puede influenciar la ternura y jugosidad de la carne, las cuales responden al proceso de selección. Cuando se selecciona para carnes bajas en ternura y jugosidad se obtienen genotipos excesivamente magros (Latorre et al., 2003).

La ternura es uno de los rasgos a los cuales el consumidor le atribuye mayor importancia al momento de seleccionar un corte de carne.

Se mide usando el instrumento “Warner Bratzler Meat Shear”, que mide la fuerza necesaria para romper un pedazo de carne de diámetro establecido. En paneles sensoriales en los que se ha evaluado cuan deseables fueron trozos de carne de cerdo cocida del músculo dorsal largo, muestras con valores de Warner Bratzler, entre 5.1 y 8.3 Kg. han recibido puntuaciones intermedias por los panelistas (Thornton et al., 1968), lo que indica aceptabilidad.

Uno de los problemas más comunes que afectan la calidad de la carne de cerdo es P. S. E. (pálida, suave y exudativa) por sus siglas en inglés. Esta condición está caracterizada por un pH bajo, color pálido y goteo (Šimek et al., 2004). La misma está asociada a la presencia del gen Halotano, que es el responsable del Síndrome de Estrés Porcino (P. S. S., por sus siglas en inglés), presente mayormente en razas de cerdos seleccionados para producir más músculo (De Smet et al., 1994). Los cerdos con este gen tienen más probabilidad de producir carne de inferior calidad debido a la presencia del S. E. P. (Band et al., 2005).

Šimek et al. (2004) evaluaron la calidad de la canal y de la carne en cruces de cerdos seleccionados en la República Checa. En este estudio las madres fueron siempre un híbrido entre Large White checo x Landrace, lo que permitió comparar diferentes líneas de padres: Large White x Landrace Belga, Hampshire x Pietrain, Duroc x Pietrain y el Cerdo de Carne Checo.

La combinación híbrida influyó ($P < 0.001$) las siguientes variables: el grosor de la capa de grasa (0.6 pulgadas), en el porciento de carne magra (56.3%) y en la profundidad del músculo (2.5 pulgadas). La progenie de verracos Hampshire x Pietrain tuvo el porciento de carne magra más alto, 58.9%, y la capa de grasa más baja, 0.55 pulgadas. No se observaron entre los cruces diferencias en el pH inicial (5.87), pero el pH a las 24 horas fue altamente variable (5.65). Todos los indicadores de color (L^* 57.6, a^* 1.4 y b^* 8.5 promedio) fueron influenciados por la combinación híbrida. La mejor calidad de carne se encontró en la progenie de verracos Duroc x Pietrain y en la progenie de verracos Cerdo de Carne Checo. Se concluyó que la influencia de las razas Hampshire y Pietrain en la calidad de la canal es positiva, pero negativa en la calidad de carne. La calidad de la carne fue positivamente influenciada por las razas Duroc y el Cerdo de Carne Checo.

Latorre et al. (2003) estudiaron la influencia del sexo y la línea del verraco sobre la calidad de la canal y de la carne en verracos Duroc Danés y Pietrain x Large White cruzados con hembras Landrace x Large White. Se encontró que el peso de la canal (201.9 lb. machos y 201.5 lb. hembras) y el rendimiento (78.6% machos y 78.4% hembras) fue similar entre ambos sexos ($P > 0.05$), pero las canales de los machos castrados tenían más grasa subcutánea (0.93 vs. 0.82 pulgadas, $P < 0.01$). La proporción del lomo en relación a la canal fue más alta ($P < 0.001$) para las hembras (6.9 vs.

7.3% para machos y hembras, respectivamente), pero no se detectaron diferencias en el pernil trasero (26.5 vs. 26.7%) y el hombro (15.2 vs. 15.1%) para hembras y machos, respectivamente. La proporción combinada de cortes principales (lomo, pernil trasero y hombro) fue más alta para las hembras (48.6% vs. 49.1%, $P < 0.01$). Los machos castrados tuvieron más grasa subcutánea, intramuscular y menor pérdida por goteo. No se encontró efecto del sexo ($P > 0.05$) en el pH 24 horas post matanza (5.77 vs. 5.61 para hembras y machos, respectivamente). La carne de los machos castrados fue más roja y con un color más intenso. La pérdida por enfriamiento de la canal fue 0.95 vs. 1.0% para hembras y machos, respectivamente.

Edwards et al. (2003) evaluaron las características de crecimiento y composición de la canal en cerdos cruzados hijos de machos Duroc o Pietrain. Los machos puros fueron cruzados con hembras puras de la raza Yorkshire o hembras cruzadas Yorkshire x Landrace (F_1). La progenie de cerdos Duroc tuvo canales más largas (34.2 vs. 33.4 pulgadas) y pesadas (238.1 vs. 227.1 lb.), mientras que la progenie de verracos Pietrain tuvo una capa de grasa promedio menor (1.22 vs. 1.31 pulgadas). La progenie de verracos Pietrain tuvo un mayor porcentaje de carne magra (52.6 vs. 50.7%) y un mayor rendimiento (74.0 vs. 73.1%) que la progenie de verracos Duroc. El peso total de los cortes principales como porcentaje del peso de la

canal fue más alto para la progenie de Pietrain vs. Duroc (22.4 vs. 23.0% pernil; 21.2 vs. 21.6% lomo; y 8.8 vs. 9.0% hombro). La progenie de Duroc tuvo un pH más alto a las 24 horas (5.53 vs. 5.48) y un porcentaje menor de pérdida de líquido por goteo. La progenie de Duroc tuvo una mejor terneza (6.94 vs. 7.11 kg.) al ser evaluada con el Warner Bratzler. Para los indicadores de color L* y b*, se observaron los valores de 54.7 y 7.58 para Duroc y 55.37 y 7.58 para Pietrain, respectivamente.

Shields et al. (1983) evaluaron cambios en la composición de la canal a diferentes pesos de matanza en cerdos de razas cruzadas. Estos observaron que el peso de la canal aumentaba linealmente con un aumento en el peso vivo de matanza. El largo de la canal fue 26.2 y 29.9 pulgadas, la capa de grasa dorsal fue 0.69 y 1.11 pulgadas y el área del ojo del lomo en la décima costilla fue 3.42 y 4.71 pulgadas cuadradas para animales sacrificados al peso vivo de matanza de 122.8 y 198.2 libras, respectivamente.

Suzuki et al. (2002) identificaron las características que determinaban la calidad de la carne en las razas Berkshire y Duroc; y la influencia de estas razas puras en la calidad de la carne en cerdos cruzados hasta las 231 libras de peso vivo. Se determinó que la raza Berkshire acumulaba más grasa subcutánea (1.5 vs. 1.14 pulgadas) y abdominal y tenía un área del músculo del lomo menor (4.87 vs. 6.08 pulgadas²), aunque acumulaba

menos grasa intramuscular que la raza Duroc. El área del ojo del músculo fue menor en machos que en hembras (5.13 vs. 5.64 pulgadas²). No hubo diferencias significativas entre las razas para el color según los indicadores L*, a* y b* (48.03, 2.92 y 5.39 para Berkshire y 48.25, 3.36 y 6.31 para Duroc, respectivamente), ni para la terneza, pero sí para la pérdida de líquido por goteo, la cual fue menor en la raza Berkshire. La canal de la raza Berkshire fue más larga que la de Duroc (37.0 vs. 35.0 pulgadas, respectivamente). Estos investigadores sugieren que las razas utilizadas como padrotes en un cruce terminal influyen la acumulación de grasa.

En el estudio de Friesen et al. (1994), descrito anteriormente, para los machos castrados vs. hembras sacrificados a las 230 libras, el área del músculo dorsal largo en la décima costilla fue 4.61 vs. 5.29 pulgadas cuadradas; la capa de grasa dorsal promedio fue 1.19 vs. 1.04 pulgadas; la profundidad de la capa de grasa en la décima costilla fue 1.24 vs. 0.96 pulgadas; y el largo de la canal promedio fue de 31.3 pulgadas respectivamente. Como las cerdas tuvieron un área de músculo dorsal largo mayor que los machos castrados y menor capa de grasa, ellos concluyeron que las hembras tienen mejores características de canal.

Cassady et al. (2004) compararon el crecimiento y las características de canal en la progenie de seis líneas comerciales de cerdas paridoras. En este estudio, las crías hembras obtuvieron un rendimiento de 75% y los

machos de 74%, cuando fueron sacrificados a un peso promedio de 253 libras promedio de peso vivo. El largo de la canal (32.7 vs. 32.3 pulgadas) y el área del lomo (6.9 vs. 6.46 pulgadas²) también fue mayor para las hembras que para los machos. Las hembras tuvieron una capa de grasa sobre la décima costilla menor que los machos (0.79 vs. 0.94 pulgadas, respectivamente).

Martin et al. (1980) condujeron un experimento para investigar los efectos de extender el peso vivo de matanza en la composición de la canal y en la calidad de la carne ya que la gran mayoría de las investigaciones en Estados Unidos y Europa establecen como el peso convencional de matanza valores entre 180 y 220 libras de peso vivo. Estos investigadores encontraron que el incremento de la canal y los cortes primarios individuales fue lineal dentro de toda la amplitud de pesos evaluados; 161 a 302 libras. Las interacciones por sexo fueron solo evidentes para el pernil trasero. Los investigadores indicaron que existe una acumulación lineal de tejido magro, grasa y hueso, con una acumulación continua de tejido magro ininterrumpida hasta las 302 libras. Se observó una ventaja en las cerditas en el contenido de tejido magro a medida que aumentaba el peso de matanza. Se concluyó que pesos vivos de matanza hasta las 278 lb. no afectan adversamente el rendimiento de tejido magro en la canal de las cerditas y que pueden haber ventajas potenciales en llevar a ciertos cerdos

muy por encima del peso de matanza tradicional. Por otro lado, pesos de matanza en exceso de 198 libras en machos castrados resultaron en una disminución en el rendimiento del tejido magro en la canal. La calidad de la carne no se afectó adversamente por la extensión del peso de matanza para ningún sexo. Otros investigadores han reportado que el rendimiento, el largo de la canal y el área del ojo del lomo aumentan cuando aumenta el peso de matanza, con una reducción porcentual en el peso de los cortes primarios y magros (Emerson et al., 1964; Shields et al., 1983).

Está claramente establecido el rol que juega la genética en las características de crecimiento, calidad y características de la canal y calidad de carne en cerdos (Edwards et al., 2006; Friesen et al., 2006; Kuhlert et al., 1985; Latorre et al., 2006; Šimek et al., 2004). Sin embargo, la gran mayoría de las investigaciones realizadas envuelven el uso de razas europeas evaluadas bajo condiciones de climas templados en sistemas intensivos de producción. Desconocemos cómo los cruces de estas razas populares se desempeñarán bajo las condiciones de clima tropical y manejo extensivo o semi intensivo prevalecientes en Puerto Rico.

III. Objetivos

El objetivo de esta investigación fue evaluar el desempeño de cerdos provenientes de un cruce de cuatro razas (Pietrain x Duroc como línea paternal y Landrace x Yorkshire o Yorkshire x Landrace como línea maternal) para características de crecimiento, calidad de canal y de la carne bajo las condiciones de producción semi intensiva de Puerto Rico. Se recopilaron y analizaron datos relacionados a estas características, los cuales son necesarios en la toma de decisiones y pueden ser un punto de apoyo importante en el mejoramiento de la situación actual de la industria porcina local. Esta información ayudará además, en la elaboración de estimados de ganancias y costos de producción para esta empresa y en la selección de un cruce apto para la producción de carne dadas las condiciones de clima tropical en la Isla.

IV. Materiales y métodos

A. Animales y facilidades físicas

Catorce lechigadas provenientes de los cruces de machos Pietrain x Duroc (PD) con hembras Landrace x Yorkshire (LY, 7 lechigadas) o Yorkshire x Landrace (YL, 7 lechigadas) fueron utilizadas (Figura 1). Un total de 116 animales fueron separados por sexo (4 a 7 cerditos por jaula), agrupados por peso en 18 jaulas (10 jaulas con hembras y 8 jaulas con

machos castrados) y llevados a dos pesos de matanza diferentes (120 y 200 libras) para evaluar características de crecimiento, canal y calidad de carne. La cantidad de animales por grupo estaba limitada por la cantidad de cerditos destetados en un mismo día, ya que los destetes ocurrieron en fechas diferentes. La cantidad de grupos está limitada por las facilidades físicas de la finca en donde se realizó el trabajo.

La cantidad de espacio disponible para los animales excedió las recomendaciones de espacio establecidas por el Midwest Planning Service (M. W. P. S., 1983) durante todas las etapas evaluadas en la presente investigación.

Aproximadamente entre los tres y siete días de edad, los cerditos fueron manejados de acuerdo a las prácticas tradicionales del hato. Se le removieron los colmillos, se les inyectó hierro intramuscular (1cc Iron Dextran), los machos fueron castrados y todos los cerditos fueron identificados individualmente mediante muescado de orejas. Las lechigadas fueron destetadas a los 30 ± 2 días.

Al destete los animales fueron desparasitados con ivermectina, separados por sexo y agrupados en grupos de cuatro a siete animales de acuerdo a su peso, procurando que la diferencia en peso entre los integrantes del grupo fuese la menor. Los animales permanecieron en el mismo grupo hasta finalizado el experimento.

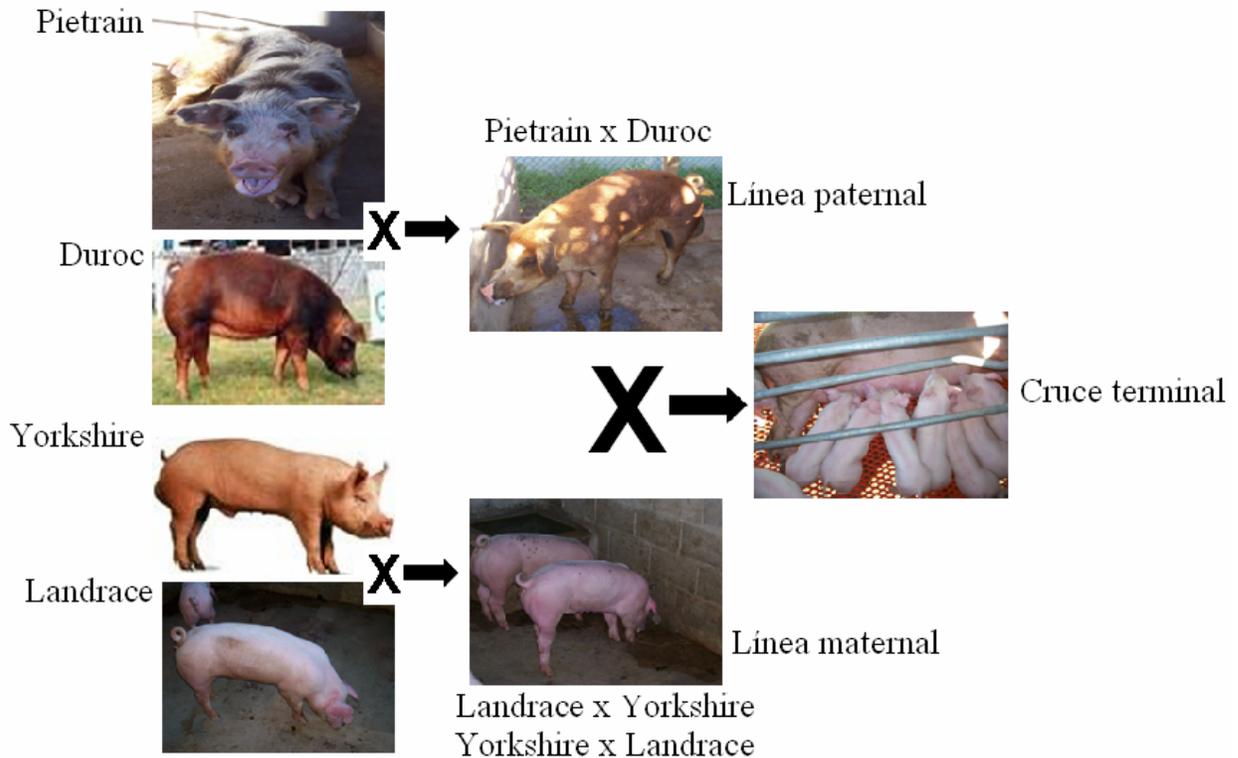


Figura 1. Representación del cruce terminal utilizado.

Luego de agrupados, los cerditos fueron llevados a jaulas elevadas con piso enrejillado, las cuales tenían un área de 16 pies². Los cerditos permanecieron ahí por alrededor de 14 días (Figura 2). Al finalizar esta etapa los animales fueron trasladados a corrales con piso de concreto y con un área aproximada de 90.25 a 100 pies² (Figura 3). Aquí se completaron las fases de crecimiento y terminado (hasta 120 y 200 libras de peso vivo promedio, respectivamente).



Figura 2. Grupo de animales en jaula elevada con piso enrejillado.



Figura 3. Grupo de animales en corral con piso de concreto para las fases de crecimiento y terminado.

B. Alimentación

Durante todo el periodo experimental, excepto por dos semanas luego del destete, se utilizaron dietas comerciales preparadas por un molino comercial localizado en Guánica. Las mismas fueron provistas a granel y en forma perdigonada. Durante las primeras dos semanas luego del destete se les proveyó alimento en saco “Premawean[®]” obtenido de diferentes centros agrícolas locales.

Mientras permanecieron en las jaulas elevadas los cerditos fueron alimentados con una dieta que contenía no menos de 21% de proteína cruda y no menos de 6% de grasa cruda, “Premawean[®]” (Etapa 1, los primeros siete días). Los siete días restantes (Etapa 2) fueron alimentados con una mezcla 1:1 de “Premawean” y una dieta que contenía no menos de 16% proteína cruda y no menos de 2.5% grasa cruda (dieta de “grower”). Durante la tercera etapa los animales continuaron recibiendo la dieta de “grower” hasta alcanzar un peso vivo promedio por jaula de 120 libras (Etapa 3). A partir de las 120 libras se les cambió el alimento a una dieta que contenía no menos de 16% proteína cruda y no más de 6% de grasa cruda (dieta de terminado, Etapa 4) hasta alcanzar un peso promedio de 200 libras por grupo. Las primeras tres etapas fueron agrupadas en la fase de crecimiento, mientras que la etapa 4 se clasificó en la fase de terminado (Tabla 1).

Tabla 1. Tipo de alimento, duración del periodo y fases para cada etapa.

Etapas	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
Tipo de Alimento	“Premawean [®] ”	“Premawean [®] ” + “Grower” (1:1)	“Grower”	Terminado
Duración del periodo	Destete hasta 7 días después del destete.	8 a 14 días después del destete.	15 días después del destete hasta 120 libras de peso vivo promedio.	120 a 200 libras de peso vivo promedio.
Fases	Crecimiento			Terminado

* Los animales fueron alimentados a voluntad durante todas las etapas y tuvieron agua disponible en bebederos de niple en todo momento.

C. Proceso de Matanza

La mitad de los grupos de cada sexo, escogida de forma aleatoria, fue sacrificada al alcanzar un peso promedio de 120 libras por jaula y la otra mitad al alcanzar un peso promedio de 200 libras por jaula. Una vez alcanzado el peso promedio de matanza por grupo, los animales fueron sacrificados dentro de un periodo no mayor de siete días. Veinticuatro horas previas a la matanza de los animales, se les restringió totalmente el consumo de alimento. La matanza se realizó en un matadero comercial bajo la inspección del Departamento de Agricultura Federal (Apéndice 1).

D. Variables analizadas

Para evaluar el desempeño productivo a nivel de finca de estos animales, se tomaron medidas de consumo de alimento, ganancia en peso individual y grupal y edad para alcanzar el peso de matanza (Tabla 2), según lo establece la “National Swine Improvement Federation” (2002-2003).

El consumo de alimento fue estimado pesando la cantidad de alimento remanente en el comedero al final de cada semana y restando esta cantidad del total ofrecido. Los animales fueron pesados individualmente una vez a la semana para calcular la ganancia de peso individual hasta alcanzar el peso promedio de matanza por grupo (Figura 4).



Figura 4. Pesaje de animales.

Veinticuatro horas antes de la matanza los animales fueron pesados para determinar la pérdida de peso por ayuno. El peso vivo individual también fue determinado inmediatamente antes de la matanza. Después de la matanza se determinaron los pesos de la canal caliente, vísceras rojas (hígado, corazón y riñones, Figura 5) y vísceras blancas (tracto gastrointestinal y pulmones). Al siguiente día se determinó el peso de la canal fría y se procedió al trozado.



Figura 5. Vísceras rojas, pesaje de vísceras rojas y pesaje de vísceras blancas.

Para evaluar las variables de calidad de canal se midió el rendimiento de la canal, pérdida por enfriamiento, capa de grasa, peso de vísceras, largo de la canal, rendimiento de los cortes principales (Tabla 2) y área del músculo dorsal largo. El rendimiento de la canal fue determinado mediante la relación del peso de la canal caliente sobre el peso vivo del animal previo a la matanza (Tabla 2).

Tabla 2. Variables analizadas.

Variable	Fórmula
Duración de etapas (días)	Fecha del día de finalización - fecha del día de comienzo de las etapas
Ganancia en peso diario individual (lb.)	$[(\text{Peso promedio semana actual} - \text{peso promedio semana anterior}) / \text{número de días}] / \text{animales en el grupo}$
Eficiencia alimenticia	Ganancia en peso promedio / consumo de alimento promedio
Consumo individual diario promedio (lb.)	$(\text{Alimento ofrecido} - \text{alimento rechazado}) / \text{número de días} / \text{animales en el grupo}$
Consumo individual total promedio (lb.)	$(\text{Alimento ofrecido} - \text{alimento rechazado}) / \text{animales en el grupo}$
Peso individual promedio final (lb.)	Peso total del grupo al final del experimento / animales en el grupo
Edad (días)	Fecha del día en que se alcanza el peso de matanza - fecha de nacimiento
Pérdida de peso por ayuno (%)	$[(\text{Peso 24 h antes de la matanza} - \text{peso el día de la matanza}) / \text{Peso 24 h antes de la matanza}] * 100$
Rendimiento de canal caliente (%)	$(\text{Peso de canal caliente} / \text{peso el día de la matanza}) * 100$
Pérdida de peso por enfriamiento (%)	$((\text{Peso de canal caliente} - \text{peso de canal fría}) / \text{peso de canal caliente}) * 100$
Cortes respecto a la canal caliente (%)	$(\text{Peso del corte lado izquierdo} / \text{peso de canal caliente}) * 100$
Capa de grasa promedio (pulgadas)	$(\text{capa de grasa primera costilla} + \text{capa de grasa última costilla} + \text{capa de grasa última vértebra lumbar}) / 3$
Vísceras respecto al peso vivo (%)	$(\text{Peso de las vísceras} / \text{peso vivo del animal}) * 100$

La cabeza fue removida de la canal haciendo un corte al nivel de la primera vértebra cervical, el atlas, y se pesó. La canal se dividió por la mitad (izquierda y derecha) cortando longitudinalmente por el centro de la columna vertebral. El largo de la canal se determinó en el lado izquierdo de la canal, midiendo desde la primera costilla hasta el hueso pélvico (American Meat Science Association, 2001). Se pesó la media canal y se dividió en los siguientes cortes: pernil trasero, pernil delantero (“picnic”), lomo, costillar, “Boston butt”, patas y el contenido de grasa cavitaria (empellas). Se trozaron ambas medias canales de un animal por grupo, escogido al azar, para determinar si existía diferencia entre los pesos de los cortes principales por lado y/o efecto del trozado. La capa de grasa promedio se determinó sumando las medidas de capa de grasa tomadas sobre la primera y última costilla y la última vértebra lumbar y dividiéndolas entre tres (Tabla 2).

También se determinó la capa de grasa en la décima costilla y en un corte entre la décima y última costilla en un punto ubicado en el tercer cuarto medido longitudinalmente y perpendicular al lomo (Figura 6, American Meat Science Association, 2001). Las medidas de la capa de grasa se hicieron con una regla diseñada para este propósito (Swine Backfat Gauge, Nasco[®]).

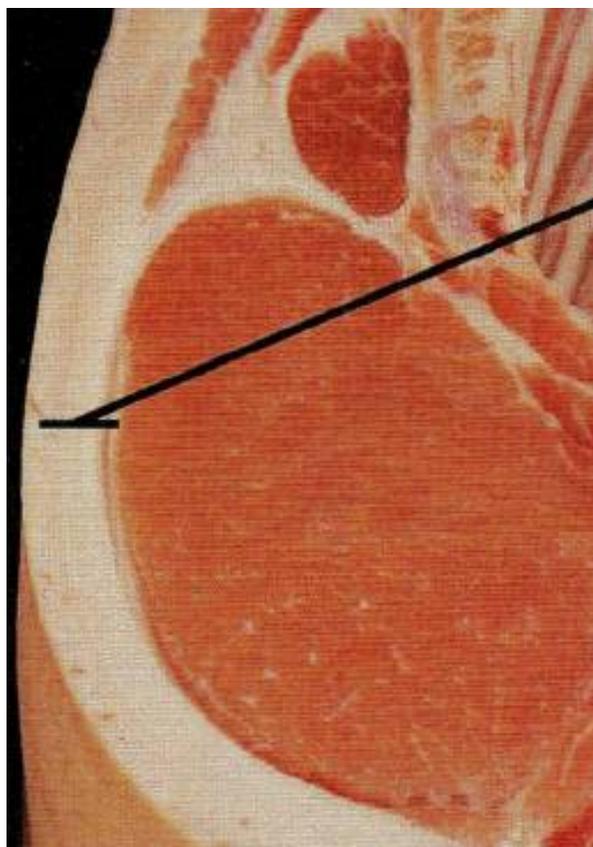


Figura 6. Lugar donde se midió la capa de grasa en el tercer cuarto de la décima costilla.

Con el propósito de determinar el área del músculo dorsal largo, se trazó en una hoja de acetato el contorno del músculo obtenido de un corte entre la décima y undécima costilla para luego ser evaluado con un planímetro (Keuffer & Esser Co.[®]), según descrito por la “American Meat Science Association” (2001).

Las medidas de calidad de carne incluyeron terneza, pH y color. Estas fueron evaluadas 48 horas post matanza en una muestra de músculo del lomo tomada en la décima costilla (Figura 7).



Figura 7. Muestra de músculo a partir de la décima costilla.

La terneza fue evaluada utilizando un Warner Bratzler Meat Shear[®], modelo 3000, G-R Manufacturing Co. (Figura 8). Este instrumento mide la fuerza necesaria para cortar un trozo de carne de un diámetro determinado. El pH fue medido 48 horas post matanza en una muestra de 5 gramos de carne molida mezclada con 5 gramos de agua destilada utilizando un Microcomputer pH Meter Hanna Instruments[®]. Las variables de color (L^* , a^* , b^*) fueron medidos en una muestra de músculo dorsal largo con un colorímetro óptico (Hunter Associates Laboratory, Inc. MiniScan[®]).



Figura 8. Instrumentos utilizados para evaluar calidad de carne: Colorímetro, Warner Bratzler y Metro de pH.

E. Análisis estadístico

Las variables de producción, características de canal y calidad de carne fueron analizadas como un diseño completamente aleatorizado, con la cantidad de animales por jaula como covariable. Se usó el modelo siguiente utilizando la capacidad GLM de SAS (2002).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde;

Y_{ij} = duración de etapas, eficiencia alimenticia, ganancia de peso individual diario promedio, consumo individual diario promedio, consumo individual total promedio, peso promedio final, edad (días), peso vivo el día de matanza, peso vivo 24 horas pre matanza, % de pérdida de peso por ayuno, % de rendimiento de canal caliente, % de pérdida de peso por enfriamiento, peso de la media canal izquierda, % de cortes respecto a la canal caliente, capa de grasa promedio, % de peso de las vísceras con respecto al peso vivo, largo de la canal, área del lomo en la décima costilla, color, terneza y pH.

μ = media poblacional estimada

α_i = efecto del sexo (machos ó hembras)

β_j = efecto de la covariable (cantidad de animales por grupo: 4 a 7)

ε_{ij} = error

Para determinar cambios en la eficiencia alimenticia durante el transcurso del periodo experimental, la variable eficiencia alimenticia semanal fue analizada con un modelo de medidas repetidas utilizando Mixed (SAS, 2002). El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

donde;

Y_{ij} = eficiencia alimenticia semanal

μ = media poblacional estimada

α_i = efecto del sexo (machos ó hembras)

β_j = efecto de la semana

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores sexo y semana

ε_{ij} = error experimental asociado al sexo, semana y la interacción entre
ambos factores

En todos los análisis se estableció un nivel de significancia de $P \leq 0.05$
para determinar la existencia de diferencias significativas.

V. Resultados y discusión

El efecto de la covariable, cantidad de animales por grupo, no fue significativo ($P>0.05$) para ninguna de las variables de producción, características de canal o calidad de carne analizadas, por lo tanto fue excluida del análisis estadístico.

A. Variables de producción

Las variables de producción para cada una de las etapas analizadas se presentan resumidas en la Tabla 3a mientras que en la Tabla 3b están agrupadas por fase.

No se observaron diferencias significativas asociadas al sexo de los animales para las variables duración de la etapa en días, ganancia en peso diario, eficiencia alimenticia y consumo individual total para ninguna de las cuatro etapas analizadas (Tabla 3a). La etapa 1 tuvo una duración promedio de 7.67 ± 0.30 días con una ganancia de peso diaria promedio de 0.30 ± 0.04 lb./día. La tasa baja de ganancia post destete puede deberse al estrés del destete (Leibbrandt et al., 1975). Durante esta etapa los cerdos se estaban recuperando del destete y su eficiencia alimenticia fue de 0.57 ± 0.06 . El desempeño post destete depende principalmente del consumo de alimento cuando es provista una dieta adecuada (Leibbrandt et al., 1975).

Tabla 3. Medias de cuadrados mínimos y error estándar para las variables de producción analizadas por etapa o fase de producción.

a. Variables de producción analizadas por etapas de alimentación.

Variable	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	n	Etapa 4	n
Duración etapa (días)	7.67 ± 0.30	6.11 ± 0.40	68.0 ± 1.35	18	39.11 ± 1.62	9
Ganancia de peso diaria (lb.)	0.30 ± 0.04	0.80 ± 0.06	1.47 ± 0.02	18	1.97 ± 0.10	9
Eficiencia alimenticia	0.57 ± 0.06	0.81 ± 0.04	0.45 ± 0.01	18	0.29 ± 0.02	9
Consumo individual diario (lb.)	0.50 ± 0.02	0.98 ± 0.05	3.31 ± 0.07	18	6.71*	9
Consumo individual total (lb.)	3.86 ± 0.30	5.85 ± 0.43	224.46 ± 5.42	18	261.72 ± 12.29	9

*Media

n = número de jaulas

b. Variables de producción analizadas para las fases de crecimiento y terminado.

Fase	Variable	Machos	n	Hembras	n	Media	n
Crecimiento	Peso promedio final (lb.)	124.46 ± 1.47	8	124.00 ± 1.31	10	124.11 ± 0.95	18
	Días de edad	109.50 ± 1.96	8	113.20 ± 1.75	10	111.56 ± 0.95	18
	Duración de la fase (días)	79.88 ± 1.96	8	83.30 ± 1.76	10	81.78 ± 5.66	18
Terminado	Peso promedio final (lb.)	202.80 ± 3.00	4	201.48 ± 2.69	5	202.07 ± 1.89	9
	Días de edad	143.25 ± 1.75 ^a	4	155.60 ± 1.57 ^b	5	150.11*	9
	Duración de la fase (días)	36.35 ± 2.15	4	41.40 ± 1.92	5	39.11 ± 1.62	9
	Consumo individual diario (lb.)	7.26 ± 0.29 ^a	4	6.28 ± 0.26 ^b	5	6.71*	9
	Eficiencia alimenticia	0.30 ± 0.03	4	0.29 ± 0.02	5	0.29 ± 0.02	9

*Media

n = número de jaulas

Letras diferentes en la misma fila, indican diferencias significativas, P≤0.05.

Durante la etapa 2 se observó la mayor eficiencia alimenticia a través de todo el periodo experimental, 0.81 ± 0.04 (Tabla 3a, Figura 9). Esta etapa tuvo una duración promedio de 6.11 ± 0.40 días con una ganancia en peso diario promedio de 0.80 ± 0.06 lb./día. Durante esta etapa los cerdos tenían entre 37 y 43 días de edad. Algunos investigadores han reportado que el consumo de energía aumenta significativamente y se maximiza durante la segunda semana después del destete acompañado por un aumento en la digestibilidad del extracto etéreo (Leibbrandt et al., 1975). Generalmente luego del periodo inmediatamente post-destete tenemos un periodo de crecimiento donde aumenta significativamente el consumo y las tasas de crecimiento son mayores (Leibbrandt et al., 1975).

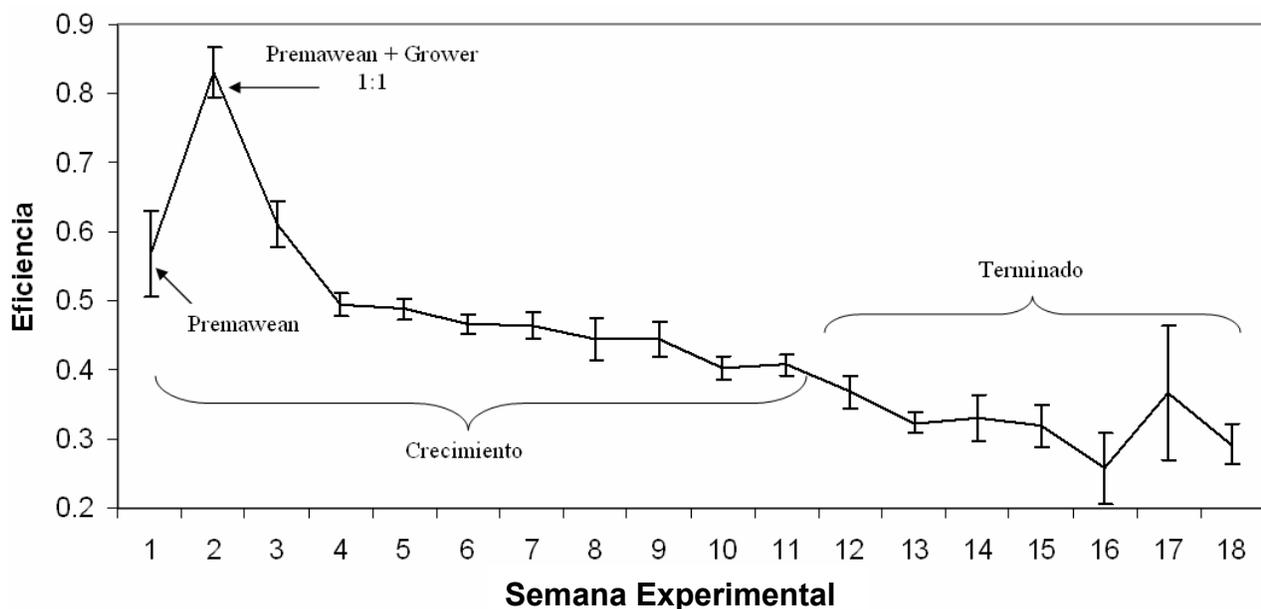


Figura 9. Eficiencia alimenticia semanal promedio durante el periodo experimental.

La ganancia en peso diario aumentó durante las primeras tres etapas de alimentación que comprenden la fase de crecimiento (desde el destete hasta el peso vivo promedio por grupo de 120 libras): 0.30 ± 0.04 (etapa 1), 0.80 ± 0.06 (etapa 2) y 1.47 ± 0.02 (etapa 3). La misma variable para la etapa cuatro que comprende la fase de terminado (desde 120 hasta 200 libras de peso vivo promedio por grupo) tuvo un valor de 1.97 ± 0.10 libras diarias de aumento en peso. Algunos investigadores han reportado valores similares para esta variable durante esta etapa, pero observando diferencias significativas asociadas al sexo, donde las hembras varían entre 1.72 y 1.80 lb/d y los machos castrados entre 1.79 y 1.95 lb/d (Blasco et al., 1994; Cassady et al., 2004; Cisneros et al., 1996 y Friesen et al., 1994).

La eficiencia alimenticia comenzó un descenso gradual durante la tercera etapa de la fase de crecimiento y la fase de terminado (Figura 9). Durante la fase de terminado los animales mostraron la menor eficiencia obtenida durante todo el periodo experimental (0.29 ± 0.02). Wilson y Johnson (1981) observaron una eficiencia promedio de 0.32 para diversos cruces de cerdos evaluados hasta las 200 libras de peso vivo. Contrario a los resultados obtenidos en la presente investigación donde no se encontraron diferencias significativas asociadas al sexo de los animales, algunos investigadores han reportado eficiencias mayores para las hembras que para los machos castrados durante la fase de terminado (0.30, Friesen

et al., 1994; 0.36, Latorre et al., 2003). Otros investigadores han reportado una mejor eficiencia para los machos castrados (0.276 vs. 0.268, para machos castrados vs. hembras respectivamente, Cisneros et al., 1996).

El consumo individual total de alimento fue similar durante la fase de crecimiento (Etapa 1, 2 y 3) y la fase de terminado (234.17 y 261.72 lb. respectivamente, Tabla 3a), aun cuando la fase de terminado duró casi la mitad del tiempo que la fase de crecimiento (39.11 ± 1.62 días vs. 81.78 ± 5.66 días). Esto se explica por el consumo individual diario que prácticamente se duplicó durante la etapa de terminado. Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el consumo individual diario por sexo, durante la fase de terminado, en donde las hembras tuvieron un consumo diario significativamente menor que los machos castrados (6.28 ± 0.26 vs. 7.26 ± 0.29 lb/d, Tabla 3b). Otros investigadores han reportado consumos diarios similares para los machos castrados, los cuales fluctúan entre 5.75 y 7.08 lb/d mientras que en hembras fluctúa entre 5.42 y 6.77 lb/d (Blasco et al., 1994; Cisneros et al., 1996; Friesen et al., 1994; Johnson, 1981; Kuhlert et al., 1985; Latorre et al., 2003; Wilson y Johnson, 1981).

El sexo de los animales no influyó significativamente la edad en alcanzar 120 libras de peso vivo promedio (111.56 ± 0.95 días, Tabla 3a). El peso de matanza de 120 libras (fase de crecimiento) es poco común en

los mercados internacionales (Europa, Estados Unidos y Canadá, entre otros) y obedece más a las particularidades y exigencias del mercado local.

En los días de edad en alcanzar las 200 libras de peso vivo promedio (fase de terminado), se observaron diferencias significativas por sexo, en donde las hembras tardaron más que los machos castrados en alcanzar este peso (155.60 ± 1.57 vs. 143.25 ± 1.75 días para hembras y machos castrados, respectivamente, $P \leq 0.05$). Edwards et al. (2006) reportaron edades de 126 a 147 días en cerdos cruzados engordados hasta las 200 libras. Para 214 libras de peso vivo, Blasco et al. (1994) reportaron que machos castrados tardaron 161 ± 1.3 días y las hembras 170 ± 1.3 días. Otros investigadores han reportado edades mayores (182 a 188.5 días) para alcanzar las 220 libras de peso vivo (Kuhlers et al., 1985; Wilson y Johnson, 1981). Cassady et al. (2004) reportaron edades de 175 y 179 días para machos y hembras, respectivamente, para alcanzar 253 libras de peso vivo. Latorre et al. (2003) concluyeron que el mayor crecimiento en machos castrados fue debido a su mayor consumo de alimento. En nuestro estudio los machos castrados también mostraron un mayor consumo de alimento diario en la etapa de terminado (7.26 ± 0.29 vs. 6.28 ± 0.26 lb/d para machos castrados vs. hembras, respectivamente, $P \leq 0.05$). Esto explica por que los machos castrados alcanzaron el peso de matanza de 200 libras 12.35 días antes que las hembras.

No se observaron diferencias significativas asociadas al sexo para la duración de la fase durante las fases de crecimiento y terminado (Tabla 3b).

B. Características de canal

Los resultados del análisis de las variables relacionadas con las características de la canal por peso vivo de matanza y por sexo, se presentan en la Tabla 4.

El sexo del animal no afectó significativamente el peso vivo 24 horas antes ni el día de la matanza. Tampoco hubo diferencias significativas por sexo para el porcentaje de pérdida de peso por ayuno para el peso vivo de matanza a las 120 libras. Sin embargo, la pérdida de peso por ayuno a las 200 libras fue significativamente mayor para las hembras que para los machos castrados ($4.97 \pm 0.30\%$ vs. $4.03 \pm 0.31\%$, respectivamente, $P \leq 0.05$). Las hembras presentaron un peso mayor en las vísceras blancas a este peso de matanza (Tabla 5).

El rendimiento de la canal caliente fue significativamente mayor para las hembras a las 120 libras ($79.75 \pm 0.46\%$ vs. $77.04 \pm 0.56\%$, $P \leq 0.05$) que para los machos castrados. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre machos y hembras cuando el peso vivo de matanza fue de 200 libras (82.32 ± 0.47 vs. $81.43 \pm 0.74\%$, para hembras y machos castrados respectivamente, $P > 0.05$, Tabla 4). El rendimiento de la canal caliente

aumentó con un aumento en el peso vivo de matanza de 120 a 200 libras. Esto ha sido reportado por otros investigadores (Emerson et al., 1964). El rendimiento observado en este trabajo para el peso vivo de matanza de 200 libras (81.43 ± 0.74 vs. 82.32 ± 0.47 , para machos castrados y hembras, respectivamente) es mayor al reportado por otros investigadores para pesos de matanza similares o mayores, los cuales fluctúan entre 73.1 y 78.6% (Cassady et al., 2004; Edwards et al., 2003). Estas diferencias se pueden deber al proceso de matanza, razas o cruces de los animales utilizados o a las dietas utilizadas durante el proceso de terminado (Hale y Southwell, 1967; Latorre et al., 2003).

La pérdida de peso por enfriamiento no fue significativamente diferente entre machos castrados y hembras para ninguno de los pesos de matanza y varió entre $2.41 \pm 0.20\%$ y $2.83 \pm 0.31\%$. La pérdida de peso por enfriamiento en este trabajo fue mayor a la reportada por Latorre et al. (2003) y por Jiménez (2003). Latorre et al. (2003) observaron pérdidas por enfriamiento de 0.95 vs. 1.00% para machos y hembras, respectivamente. Jiménez (2003) reportó pérdidas por enfriamiento entre 1.03 y 1.16%.

La capa de grasa promedio en la canal, fue diferente entre machos castrados y hembras al peso vivo de matanza de 120 libras (Tabla 4). Los machos castrados tuvieron una capa de grasa mayor (0.68 ± 0.03 vs. $0.58 \pm$

Tabla 4. Características de la canal por peso vivo de matanza y sexo.

Variable	Peso de matanza				
	120 libras		200 libras		
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	
Días de edad	113.20 ± 1.75	109.50 ± 1.96	155.60 ± 1.57 ^a	143.25 ± 1.75 ^b	
Peso vivo del animal (lb.)	24 horas pre matanza	132.37 ± 3.50	131.39 ± 3.58	208.80 ± 3.50	209.69 ± 3.66
	Día de matanza	124.00 ± 1.31	124.46 ± 1.47	201.48 ± 2.69	202.80 ± 3.00
	Perdida peso por ayuno (%)	4.58 ± 0.30	4.49 ± 0.31	4.97 ± 0.30 ^a	4.03 ± 0.31 ^b
Peso de la canal caliente (lb.)	100.77 ± 2.55	94.72 ± 3.06	166.45 ± 2.61	160.83 ± 4.08	
Rendimiento de canal caliente (%)	79.75 ± 0.46 ^a	77.04 ± 0.56 ^b	82.32 ± 0.47	81.43 ± 0.74	
Perdida por enfriamiento (%)	2.79 ± 0.19	2.72 ± 0.23	2.41 ± 0.20	2.83 ± 0.31	
Peso de media canal izquierda (lb.)	44.87 ± 1.74	41.43 ± 1.74	73.16 ± 1.66	73.44 ± 1.78	
Capa de grasa promedio (pulgadas)	0.58 ± 0.03 ^a	0.68 ± 0.03 ^b	0.91 ± 0.03	0.95 ± 0.03	
Largo de canal (pulgadas)	25.47 ± 0.84	24.6 ± 0.86	32.6 ± 0.82 ^a	30.09 ± 0.89 ^b	
Área del lomo 10 ^{ma} costilla (pulgadas ²)	4.76 ± 0.26	4.43 ± 0.31	5.60 ± 0.26 ^a	4.88 ± 0.23 ^b	

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas, P≤0.05.

0.03 pulgadas, para machos castrados y hembras respectivamente, $P \leq 0.05$). Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores los cuales han observado una capa de grasa menor en hembras que en machos (Cassady et al. 2004; Friesen et al. 1994). Por otra parte, los animales sacrificados al peso vivo de 200 libras no presentaron diferencias significativas en el grosor de la capa de grasa promedio asociado al sexo (0.91 ± 0.03 vs. 0.95 ± 0.03 pulgadas, para hembras y machos castrados respectivamente, $P > 0.05$). Esto contrasta con lo obtenido por otros investigadores (Cassady et al., 2004; Friesen et al., 1994). La capa de grasa observada en este trabajo es menor a la reportada por Edwards et al. (2003, 1.22 pulgadas para cerdos progenie de Pietrain y 1.31 pulgadas para cerdos progenie de Duroc) y Wilson y Johnson (1981, 1.25 pulgadas). Por otra parte, es similar a la reportada por Friesen et al. (1994), para hembras (0.96 pulgadas), pero menor a la reportada para los machos castrados (1.24 pulgadas).

A pesar de que el largo de la canal no fue diferente entre los machos castrados y las hembras sacrificados al peso vivo de 120 libras, la misma fue más larga para las hembras sacrificadas a las 200 libras de peso vivo (32.6 ± 0.82 vs. 30.9 ± 0.89 pulgadas, para hembras y machos castrados respectivamente, $P \leq 0.05$, Tabla 4). Cassady et al. (2004) reportaron diferencias significativas entre machos y hembras para el largo de la canal

en animales sacrificados a las 253 libras promedio (32.3 vs. 32.7 pulgadas, para machos y hembras, respectivamente). El largo de la canal reportado en su estudio para hembras fue similar al observado en el nuestro (32.6 ± 0.82 pulgadas, Tabla 4), mientras que el reportado para los machos fue mayor al nuestro. Shields et al. (1983) observaron valores promedios mayores a los de este trabajo para esta característica (26.2 vs. 25.0 pulgadas, respectivamente), en animales sacrificados al peso vivo de 120 libras, pero menores (29.9 pulgadas) a los nuestros en cerdos sacrificados a las 200 libras de peso vivo.

El área del ojo del lomo en un corte entre la décima y undécima costilla fue similar entre machos castrados y hembras al peso vivo de matanza de 120 libras. Sin embargo, fue significativamente mayor para las hembras (5.60 ± 0.26 vs. 4.88 ± 0.23 pulgadas², $P \leq 0.05$, Tabla 4) al peso vivo de matanza de 200 libras. Resultados similares se han observado donde las hembras consistentemente muestran valores mayores que los machos castrados (Cassady et al., 2004; Friesen et al., 1994; Suzuki et al., 2002;). Se han reportado valores de 5.13 vs. 5.64 pulgadas² en animales de 231 libras de peso vivo (Suzuki et al., 2002), 4.61 vs. 5.29 pulgadas² en animales de 230 libras de peso vivo (Friesen et al., 1994) y 6.46 vs. 6.90 pulgadas² en animales de 253 libras de peso vivo (Cassady et al., 2004), para machos y hembras, respectivamente. Shields et al. (1983) reportaron

valores promedios menores a los observados en este trabajo para ambos pesos de matanza (120 y 200 libras) en machos castrados y hembras. Para el peso vivo de matanza de 122.8 libras estos investigadores observaron un área del lomo en la décima costilla de 3.42 pulgadas² y de 4.71 pulgadas² para el peso vivo de matanza de 198.2 libras (Shields et al., 1983). Se debe señalar que el peso de matanza en la mayoría de los trabajos citados anteriormente es mayor al reportado en nuestro estudio. Este factor influye el área del ojo del lomo, el cual aumenta con un aumento en el peso vivo de matanza (Emerson et al., 1964; Shields et al., 1983).

El porciento de peso de la cabeza respecto al peso de la canal caliente fue significativamente mayor para los machos castrados al peso vivo de matanza de 120 libras (Tabla 5). Para este mismo peso, también se encontraron diferencias significativas asociadas al sexo en los porcentajes de peso de los componentes del lado izquierdo de la canal con respecto al peso de la canal caliente para el pernil delantero y las patas (Tabla 5). Para el peso vivo de matanza de 200 libras, hubo diferencias significativas asociadas al sexo para el porciento de peso del lomo. Los demás componentes del lado izquierdo de la canal no presentaron diferencias significativas asociadas al sexo con respecto al peso de la canal caliente. Tampoco se encontraron diferencias entre los pesos de los cortes principales asociados al lado de la canal o al trozado. El porcentaje de

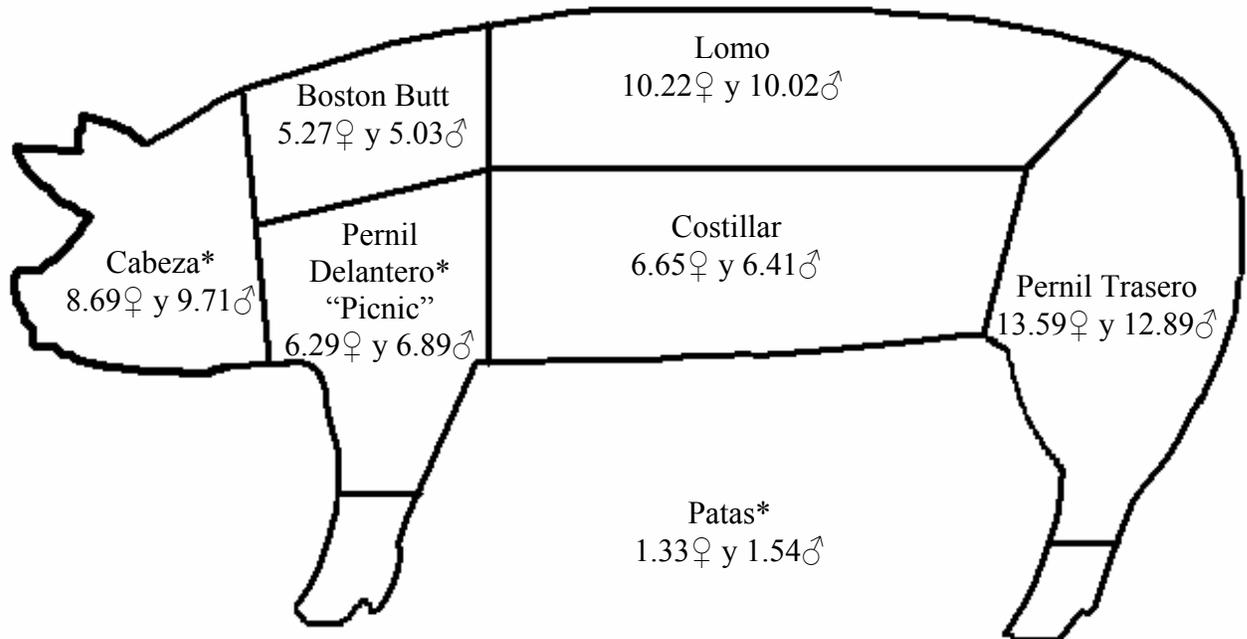
distribución de los componentes de la canal al peso vivo de matanza de 120 y 200 libras, se presenta en la Figura 10 para ambos sexos.

Tabla 5. Distribución de los componentes de la canal por peso vivo de matanza y sexo.

Variable	Peso de matanza				
	120 libras		200 libras		
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	
% peso cabeza respecto peso canal caliente	8.69 ± 0.17 ^a	9.71 ± 0.20 ^b	7.40 ± 0.17	8.00 ± 0.26	
% de peso de los componentes del lado izquierdo de la canal con respecto al peso de la canal caliente	Patas	1.33 ± 0.03 ^a	1.54 ± 0.04 ^b	1.00 ± 0.04	1.11 ± 0.06
	Pernil delantero + Boston butt	11.75 ± 0.14	11.96 ± 0.16	11.70 ± 0.14	11.80 ± 0.22
	Pernil delantero	6.29 ± 0.09 ^a	6.89 ± 0.11 ^b	6.22 ± 0.10	6.22 ± 0.16
	Boston butt	5.27 ± 0.10	5.03 ± 0.12	5.49 ± 0.11	5.53 ± 0.16
	Pernil trasero	13.59 ± 0.40	12.89 ± 0.48	13.53 ± 0.41	12.93 ± 0.68
	Lomo + Costillar	16.95 ± 0.44	15.88 ± 0.52	17.84 ± 0.45	17.86 ± 0.70
	Lomo	10.22 ± 0.20	10.02 ± 0.24	10.30 ± 0.21 ^a	10.75 ± 0.32 ^b
	Costillar	6.65 ± 0.20	6.41 ± 0.24	7.45 ± 0.21	7.11 ± 0.31
	Empeyas	0.35 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.59 ± 0.03	0.61 ± 0.04
% de peso con relación al peso vivo de matanza	Visceras rojas	2.41 ± 0.10	2.51 ± 0.10	1.85 ± 0.10	2.04 ± 0.10
	Visceras blancas	9.36 ± 0.24 ^a	10.38 ± 0.24 ^b	8.60 ± 0.24 ^a	7.86 ± 0.25 ^b

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas, P≤0.05.

Distribución de los componentes del lado izquierdo de la canal para hembras y machos castrados sacrificados al peso vivo de 120 libras (%).



Distribución de los componentes del lado izquierdo de la canal para hembras y machos castrados sacrificados al peso vivo de 200 libras (%).

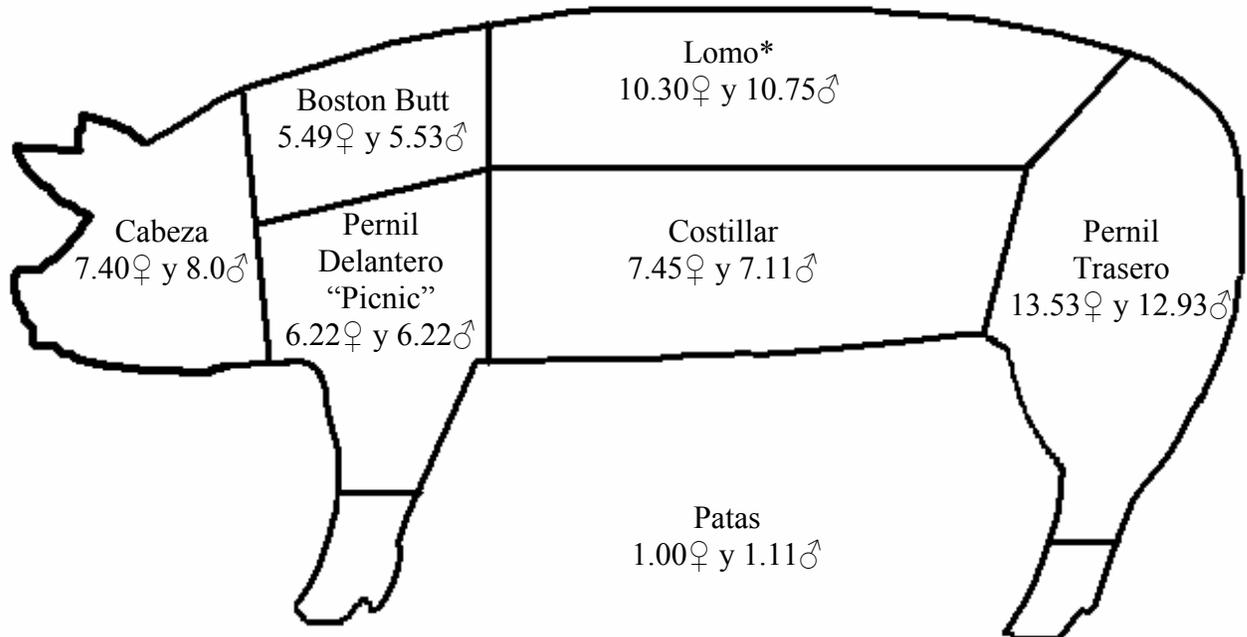


Figura 10. Porcentaje (%) de distribución por sexo de los componentes del lado izquierdo de la canal al peso vivo de 120 y 200 libras.

* Diferencias significativas por sexo, $P \leq 0.05$.

El porcentaje de peso de las vísceras blancas (sistema digestivo y pulmones) con relación al peso vivo de matanza fue significativamente mayor para los machos castrados a las 120 libras (10.38 ± 0.24 vs. 9.36 ± 0.24 , para machos castrados y hembras respectivamente, $P \leq 0.05$). Sin embargo, a las 200 libras las hembras mostraron un valor mayor (7.86 ± 0.25 vs. 8.60 ± 0.24 , para machos castrados y hembras respectivamente, $P \leq 0.05$, Tabla 5). Para las vísceras rojas (hígado, corazón y riñones) no se observó diferencias significativas por sexo para ninguno de los pesos de matanza evaluados. Las vísceras rojas son comestibles y constituyen entre 1.85 y 2.51% del peso vivo del animal (2.3 a 5.0 libras).

El porcentaje de carne magra se calculó para los animales sacrificados al peso vivo de 200 libras utilizando la fórmula propuesta por Gerard et al. (2001).

$$\frac{(8.588 + (0.465 \times \text{peso de la canal caliente sin cabeza}) + (3.005 \times \text{área del ojo del lomo}) - (21.896 \times \text{capa de grasa en la } 10^{\text{ma}} \text{ costilla, pulgadas}))}{(\text{peso de la canal caliente sin cabeza}) \times 100}$$

Este valor es un indicador de la calidad de la canal y en algunos mercados externos, las canales son clasificadas y pagadas de acuerdo al porcentaje de carne magra que contengan. En la presente investigación, las hembras obtuvieron un porcentaje de carne magra mayor que los machos castrados; 51.00 vs. 47.98%, respectivamente. Estos valores comparan a

los presentados por otros investigadores (Edwards et al., 2003; Friesen et al., 2003), los cuales han reportado valores mayores para las hembras en comparación con los machos castrados. Edwards et al. (2003) reportó valores de 52.6 y 50.7% de carne magra para cerdos Pietrain y Duroc, respectivamente.

C. Calidad de la carne

Los valores obtenidos para las variables relacionadas a la calidad de la carne se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Calidad de la carne por peso vivo de matanza y sexo.

Variable	Peso de matanza				
	120 libras		200 libras		
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	
Color	L*	61.30 ± 0.57	62.34 ± 0.59	64.05 ± 0.60	62.66 ± 0.60
	a*	5.97 ± 0.24 ^a	5.11 ± 0.25 ^b	6.35 ± 0.25	6.04 ± 0.25
	b*	13.22 ± 0.21	12.97 ± 0.21	13.75 ± 0.21	13.68 ± 0.22
pH	5.42 ± 0.03 ^a	5.32 ± 0.03 ^b	5.39 ± 0.03 ^a	5.19 ± 0.03 ^b	
Terneza (Kg.)	6.48 ± 0.20 ^a	5.63 ± 0.21 ^b	6.53 ± 0.20 ^a	5.38 ± 0.21 ^b	

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas, $P \leq 0.05$.

La variable de color a* fue significativamente mayor para las hembras al peso vivo de matanza de 120 libras, lo que indica un color rosado más intenso en la carne de estas (Tabla 6). Las demás variables de color (L* y b*) no fueron diferentes por sexo en ninguno de los pesos de matanza.

Según los valores establecidos para definir color (Van Oeckel et al., 1999) nuestras muestras de carne tienen un color rosado moderadamente pálido para los indicadores de color L^* y a^* y un color rosado-rojo (ideal) para b^* . Las normas para indicar un color aceptable establecen los siguientes valores para carne de cerdo fresca: $L^* < 58.2$, $a^* > 6.6$ y $b^* < 13.6$ (Van Oeckel et al., 1999).

El pH 48 horas post matanza fue menor para los machos castrados (5.32 ± 0.03 y 5.19 ± 0.03) que para las hembras (5.42 ± 0.03 y 5.39 ± 0.03) a los pesos de matanza de 120 y 200 libras, respectivamente ($P \leq 0.05$). Huff-Lonergan et al. (2002) reportaron valores de pH a las 48 horas post matanza de 5.83, en trozos de lomo de cerdo. Şimek et al. (2004) observaron valores promedios de pH a las 24 horas post matanza de 5.65 pero este valor fue altamente variable. Herring et al. (1971) observaron valores de pH con una variación entre 5.39 y 6.05, en el mismo corte, 24 horas post matanza. En general, el pH de la carne de cerdo fresca se encuentra entre 5.2 a 7.0, mientras que en los productos de mayor calidad se encuentran en un rango de pH entre 5.7 a 6.0 (Klont, 2005). Un pH final bajo resulta en una capacidad reducida para retener líquidos y un color más pálido, por el contrario un pH final alto resulta en un color más oscuro y en una pérdida de líquido menor (Klont, 2005).

En el presente estudio el color pálido en las muestras de carne evaluadas puede ser explicado por los valores de pH encontrados. Los valores de color y pH podrían ser indicadores de la condición P. S. E. en la carne de estos animales a pesar de que ninguno mostró signos del Síndrome de Estrés Porcino durante el manejo rutinario o la matanza. En nuestro trabajo se utilizó la complementariedad de razas y la heterosis, a través de cruzamientos, para obtener animales magros y musculosos, lo cual predispone la carne a P. S. E.

Para ambos pesos de matanza, la carne cruda resultó ser más tierna en los machos castrados (Tabla 6). La fuerza necesaria para cortar un trozo de carne con el Warner Bratzler fue mayor para las hembras que para los machos castrados (6.48 ± 0.20 Kg. y 6.53 ± 0.20 Kg. vs. 5.63 ± 0.21 y 5.38 ± 0.21 , para 120 y 200 libras de peso de matanza en hembras vs. machos castrados, respectivamente, $P \leq 0.05$). Mejores valores de terneza en machos castrados que en hembras se puede deber a que los machos castrados tienen canales con más grasa subcutánea e intramuscular (Bereskin et al., 1978; Edwards et al., 2006; Latorre et al., 2003). Bereskin et al. (1978) observaron que muestras de carne cocida provenientes de cerdos castrados fueron más tiernas que las de hembras. Edwards et al. (2003) reportaron valores de terneza mayores a los observados en este

trabajo, para carne cocida de cerdos progenie de Duroc y Pietrain (6.94 y 7.11 Kg., respectivamente).

D. Estimado de costos de producción

Basándose en los resultados de consumo individual total (Tabla 3a) y los datos sobre características de canal (Tabla 4), obtenidos en la presente investigación se estimó el costo del alimento necesario para producir un cerdo de 120 ó 200 libras de peso vivo. También se estimó el costo del alimento necesario para producir una libra de carne para ambos pesos y la diferencia de estos costos entre el año 2006 y 2008 (Tabla 7).

El costo del alimento por libra de carne producida en animales que pesaron 200 libras fue mayor que en animales sacrificados a las 120 libras para el año 2006 (40 vs. 34 centavos, respectivamente). El costo total del “Premawean” utilizado fue de \$2.69 (\$1.53 de la Etapa 1 + \$1.16 de la Etapa 2), el de la dieta de crecimiento \$30.69 (\$0.39 de la Etapa 2 + \$30.30 de la Etapa 3) y el de la dieta de terminado \$33.63, para ese mismo año. El costo del alimento para llevar un animal a 120 y 200 libras fue \$33.39 y \$67.02, respectivamente.

Es importante señalar que en esta tabla (Tabla 7) sólo se contemplan los costos del alimento, que se estima pueden llegar a representar el 70% de los costos totales de producción (Pond y Maner, 1984). Se estima que

en Puerto Rico estos pueden representar hasta el 80% de los costos totales de producción. Asumiendo un 80% del costo de alimento como fracción del costo total de producción, el costo de producir animales de 120 y 200 libras

Tabla 7. Costos de alimentación basados en el consumo individual total de alimento por etapa.

Etapa	1		2		3		4	
Consumo de alimento (lb.)	3.86		5.85		224.46		261.72	
Año	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008
Precio del alimento (\$ / lb.)	0.3960	0.4060	0.2660	0.3000	0.1350	0.1875	0.1285	0.1825
Costo del alimento consumido (\$)	1.53	1.57	1.56	1.755	30.30	42.09	33.63	47.764
Costo total de los alimentos por fases de crecimiento y terminado (\$)					33.39	45.41	67.02	93.17
Peso vivo promedio final (lb.)					124.11		202.07	
Porcentaje de Rendimiento de canal (%)					78		82	
Peso de canal (lb.)					97.30		165.50	
Año					2006	2008	2006	2008
Costo de alimento por libra de canal (\$)					0.34	0.47	0.40	0.56

fue (en el año 2006) \$41.74 y \$83.78, respectivamente. Por lo tanto, el costo total estimado de producir una libra de canal en animales de 120 y 200 libras fue (en el año 2006) \$0.43 y \$0.51, respectivamente.

Debido al aumento en el costo del alimento de hasta 42% (en la dieta de terminado) entre el año 2006 y 2008, hubo un aumento en el costo de producción de 36 y 39% para los pesos vivos de 120 y 200 libras, respectivamente. Con este aumento, el costo de producción de animales de 120 y 200 libras se estima en \$56.76 y \$116.46, respectivamente. Por lo tanto el costo de producción por libra de carne para animales de 120 y 200 libras se estima en \$0.58 y \$0.70, respectivamente.

VI. Conclusiones y recomendaciones

Debido a sus características de producción, de canal y costos de producción, el cruce evaluado constituye una alternativa efectiva para la producción de carne de cerdo en condiciones de producción semi intensiva en Puerto Rico. Se observaron diferencias asociadas al sexo para algunas de las variables de producción, características de canal y calidad de carne, pero estas no representan ventajas mayores en la utilización de uno u otro sexo. Los valores obtenidos para las variables de producción y características de canal fueron similares, o superaron, los obtenidos por otros investigadores utilizando cruces similares y/o razas puras.

Asumiendo que el costo del alimento representa un 80% del costo total de producción, se puede estimar que el costo actual de producir animales de 120 y 200 libras de peso vivo es alrededor de \$56.76 y \$116.46, respectivamente. Esto implica un costo por libra de carne de 58 y 70 centavos para los pesos de 120 y 200 libras, respectivamente.

Se observaron valores bajos de pH 48 horas después de la matanza y colores (L^* y a^*) rosados moderadamente pálidos en muestras del músculo dorsal largo. Por esta razón se recomienda hacer más investigación para evaluar detalladamente la calidad de la carne en estos cruces para confirmar o descartar la presencia de carne pálida, suave y exudativa (P. S. E.).

La evaluación e implementación de este cruce constituye una herramienta útil en la selección de animales aptos para la producción de carne de cerdo en nuestras condiciones de producción. Además es una alternativa viable para mejorar la eficiencia en producción de carne ante el continuo aumento en los costos del maíz y demás ingredientes utilizados en las dietas para cerdos.

VII. Bibliografía

- American Meat Science Association. 1991. Guidelines for meat color evaluation. Proceedings of the Reciprocal meat conference. Volume 44.
- American Meat Science Association, 2001. Meat Evaluation Handbook.
- Anónimo. 1993. NCR-89 Committee on Confinement Management of swine. Space requirements of barrows and gilts penned together from 54 to 113 kilograms. *J. Anim. Sci.* 71:1088-1091.
- Band de Oliveira, G., S. E. Facioni, P. Sávio, A. Sandro, K. Moraes, A. Vieira, A. A. Benevenuto y L. A. de Miranda, 2005. Relationship between the porcine stress syndrome gene and pork quality traits of F₂ pigs resulting from divergent crosses. *Genetics and molecular biology*, 28, 1, 88-91.
- Bereskin, B., D. K. Rough y R. J. Davey. 1978. Some factors affecting the evaluation of pork quality. *J. Anim. Sci.* Vol. 47, No. 2. 389-397.
- Blasco, A., P. Gou, M. Gispert, J. Estany, Q. Soler, A. Diestre y J. Tibau, 1994. Comparison of five types of pig crosses. I. Growth and carcass traits. *Livestock Production Science* 40:171-178.
- Brumm M. C., M. Ellis, L. J. Johnston, D. W. Rozeboom y D. R. Zimmerman. 2001. Interaction of swine nursery and grow-finish space allocations on performance and the NCR-89 Committee on Swine Management. *J. Anim. Sci.* 79:1967–1972.
- Buchanan, D. S. 1987. The crossbreeding sire: Experimental results for swine. *J. Anim. Sci.* 65:117–127.
- Cassady, J. P., O. W. Robison, R. K. Johnson, J. W. Mabry, L. L. Christian, M. D. Tokach, R. K. Miller y R. N. Goodwin, 2004. National Pork Producers Council Maternal Line Genetic Evaluation: A comparison of growth and carcass traits in terminal progeny. *J. Anim. Sci.* 82:3482-3485.
- Cisneros, F., M. Ellis, F. K. McKeith, J. McCaw y R. L. Fernando. 1996. Influence of Slaughter Weight on Growth and Carcass Characteristics,

Commercial Cutting and Curing Yields, and Meat Quality of Barrows and Gilts from Two Genotypes. *J. Anim. Sci.* 74:925-933.

De Smet, S., F. Verbauwheide y D. Demeyer. 1994. pH measurements in the salughterline and carcass quality: a survey in six Belgian slaughterhouses. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 42:235-248.

Edwards, D. B., R. O. Bates y W. N. Osburn. 2003. Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. *J. Anim. Sci.* 81:1895-1899.

Edwards, D. B., R. J. Tempelman y R. O. Bates. 2006. Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for growth and composition. *J. Anim. Sci.* 84:266–275.

Emerson, J. A., A. M. Pearson, J. A. Hoefler, W. T. Magee y L. J. Bratzler. 1964. Effect of slaughter weight upon the processing characteristics, quality and consumer acceptability of pork carcasses and cuts. *J. Anim. Sci.* 23:436-443.

Friesen, K. G., J. L. Nelssen, J. A. Unruh, R. D. Goodband y M. D. Tokach. 1994. Effects of the interrelationship between genotype, sex, and dietary lysine on growth performance and carcass composition in finishing pigs fed to either 104 or 127 kilograms. *J. Anim. Sci.* 72:946-954.

Gerard, D. E., E. W. Mills, E. D. Aberle, H. B. Hedrick, J. C. Forrest, M. D. Judge y R. A. Merkel. 2001. *Principles of Meat Science*. 4^{ta} edición. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque Iowa.

González Chapel A. y J. I. Cabrera. 1951. Los cruzamientos en la crianza de cerdos en Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, Estación Experimental Agrícola.

Hale, O. M. y B. L. Southwell. 1967. Differences in swine performance and carcass characteristics because of dietary protein level, sex and breed. *J. Anim. Sci.* 26:341-344.

Herring, H. K., J. H. Haggard y L. J. Hansen. 1971. Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality. *J. Anim. Sci.* 33:578-586.

- Huff-Lonergan, T., J. E., Baas, M. Malek, J. C. Dekkers, K. Prusa y M. F. Rothschild. 2002. Correlations among selected pork quality traits. *J. Anim. Sci.* 80:617-627.
- Hui, Y.H., I. Guerrero y M. Rosmini. 2006. *Ciencia y tecnología de carnes*. Limusa, México.
- Johnson, R. K. 1981. Crossbreeding in swine: experimental results. *J. Anim. Sci.* Vol. 52 (4): 906–923.
- Jiménez, E. 2003. Efecto de la adición en el alimento de aguas residuales de una planta productora de caramelo sobre el desempeño de cerdos desde el destete hasta terminado. Departamento de Industrias Pecuarias. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Junta de Planificación de Puerto Rico, 2006. External Trade Statistics. [www.gobierno.pr / NR / rdonlyres / 576819 EC-43A9-41D19BFEA4F74057E0C3/0/ Consumo % 20deAlimentos. pdf](http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/576819/EC-43A9-41D19BFEA4F74057E0C3/0/Consumo%20deAlimentos.pdf)
- Klont, R. 2005. Influence of ultimate pH on meat quality and consumer purchasing decisions. thepigsite.com
- Kuhlers, D. L., S. B. Jungst y J. A. Little. 1985. Comparisons of specific crosses from Duroc, Hampshire and Spot backcross sows. *J. Anim. Sci.* Vol. 60, No. 3. 603-607.
- Kuhlers, D. L., S. B. Jungst y J. A. Little. 1994. An experimental comparison of equivalent terminal and rotational crossbreeding systems in swine: Sow and Litter performance. *J. Anim. Sci.* 72:584–590.
- Latorre M. A., R. Lázaro, M. I. Gracia, M. Nieto y G. G. Mateos. 2003. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. *Meat Science* 65:1369–1377.
- Lefaucheur L., J. Le Dividich, J. Mourot, G. Monin, P. Ecolan y D. Krauss. 1991. Influence of environmental temperature on growth, muscle and adipose tissue metabolism and meat quality in swine. *J. Anim. Sci.* 69:2844-2854.

- Leibbrandt V. D., R. C. Ewan, V. C. Speer y D. R. Zimmerman. 1975. Effect of weaning and age at weaning on baby pig performance. *J. Anim. Sci.* Vol. 40:1077-1080.
- Litten J. C., A. M. Corson, A. D. Hall y L. Clarke. 2004. The relationship between growth performance, feed intake, endocrine profile and carcass quality of different maternal and paternal lines of pigs. *Livestock Production Science* 89:33–39.
- Martin, H. A., A. P. Sather, H. T. Fredeen y R. W. Jolly. 1980. Alternative market weights for swine. II. Carcass composition and meat quality. *J. Anim. Sci.* Vol. 50, No. 4. 699-705.
- M. W. P. S. (Mid West Planning Service). 1983. Swine housing and equipment handbook. Fourth edition. Colorado State University.
- National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition. National Academy of Sciences.
- National Swine Improvement Federation. 2002-2003. Guidelines for uniform swine improvement programs. IV. Evaluating market hogs using a live-production to carcass-merit approach.
- Offer, G., P. Knight, R. Jeacocke, R. Almond, T. Cousins, J. Elsey, N. Parsons, A. Sharp, R. Starr y P. Purslow. 1989. The structural basis of the water holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*, 8:151-170.
- Pond, W. G. y J. H. Maner. 1984. Swine production and nutrition. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. 731 pp.
- Sacarello, M. 1999. Comparación de las razas Yorkshire, Landrace, Duroc, y los cruces entre ellas para características de crecimiento y composición de la canal. Tesis M. S. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez.
- SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Shields, R. G., D. C. Mahan y P. L. Graham. 1983. Changes in swine body composition from birth to 145 Kg. *J. Anim. Sci.* 57:43-54.

- Šimek J., M. Grolichová, I. Steinhauserová y L. Steinhauser. 2004. Carcass and meat quality of selected final hybrids of pigs in the Czech Republic. *Meat Science* 66:383–386.
- Soldevila, M. 1983. Selección, cruzamiento y apareamiento de cerdos. Servicio de Extensión Agrícola. Colegio de Ciencias Agrícolas. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Suzuki K., T. Shibata, H. Kadowaki, H. Abe y T. Toyoshima. 2003. Meat quality comparison of Berkshire, Duroc and crossbred pigs sired by Berkshire and Duroc. *Meat Science* 64: 35–42.
- Thornton, J. W., R. H. Alsmayer y R. J. Davey. 1968. Genetic, diet, and pig age effects on pork tenderness and palatability. *J. Anim. Sci.* Vol. 27:1229-1232.
- U. S. D. A., 1985. United States standards for grades of pork carcasses. [www.ams.usda.gov / LSG / stand/standards/pork-car.pdf](http://www.ams.usda.gov/LSG/stand/standards/pork-car.pdf)
- Van Oeckel, M. J., N. Warnants y Ch. V. Boucqué. 1999. Measurement and prediction of pork colour. *Meat Science* 52:347-354.
- Wilson, E. R. y R. K. Johnson. 1981. Comparison of three-breed and backcross swine for litter productivity and post weaning performance. *J. Anim. Sci.* Vol. 52, No. 1. 18-25.

VIII. Apéndices

Apéndice 1. Proceso de matanza.



a. Equipo de inconcientización por electricidad.



b. Proceso de inconcientización con pistola de pistón cautivo.



c. Proceso de desangrado haciendo una incisión en la vena yugular.



d. Proceso de escaldamiento en agua caliente, pelado a máquina y con cuchillo.



e. Proceso de flameado, eviscerado y limpieza de la canal.



f. Pesaje de la canal (nótese la balanza en la vía), indicador de la balanza y sello de inspección.