

01673 12
3ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDAS YORKSHIRE Y LANDRACE CON CAMADAS PURAS Y CRUZADAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL
AREA: GENETICA

P R E S E N T A :

M.V.Z. MARCELINO EVODIO ROSAS GARCIA

ASESOR: M.V.Z. M.Sc., Ph.D., MOISES MONTAÑO BERMUDEZ





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

LISTA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	2
A. Tamaño de camada y capacidad de sobrevivencia....	3
a) Tamaño de camada al nacimiento.....	3
b) Tamaño de camada al destete.....	7
c) Tasa de sobrevivencia.....	12
B. Peso de la camada.....	14
a) Peso de la camada al nacimiento.....	14
b) Peso de la camada al destete.....	15
MATERIAL Y METODOS.....	18
RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
Funciones estimables para características	
de productividad de la hembra.....	21
Comparación entre grupos genéticos.....	25
Estimación de parámetros genéticos.....	31
Efectos genéticos directos.....	36
Comparación entre medias de cruzas recíprocas.....	38
CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	42

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Página</u>
1. Análisis de varianza para características al nacimiento.....	22
2. Análisis de varianza para características al destete.....	24
3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de características al nacimiento y al destete por grupo genético.....	26
4. Contrastes en características al nacimiento y al destete en Yorkshire y Landrace.....	32
5. Heterosis, efectos directos y efectos maternos para características al nacimiento y al destete en Yorkshire y Landrace.....	34

RESUMEN

Marcelino E. Rosas García. Comportamiento productivo de cerdas Yorkshire y Landrace con camadas puras y cruzadas (Bajo la dirección del Ph.D. Moisés Montaña Bermúdez).

Para estimar efectos genéticos aditivos individuales y maternos de raza y heterosis individual para Landrace y Yorkshire, en características al nacimiento y al destete, se utilizaron los registros de 574 camadas nacidas y 170 camadas destetadas entre 1988 y 1990, en una granja ubicada en Jalisco. Las camadas provinieron de hembras Yorkshire y Landrace, apareadas con sementales de las mismas razas para producir camadas puras y cruzadas. Las características estudiadas fueron: tamaño de la camada al nacimiento (TCN) y al destete (NLD), número de lechones nacidos vivos (LNV), peso de la camada al nacimiento (PCN) y al destete (PCD), y tasa de sobrevivencia del nacimiento al destete (TS). El análisis se realizó utilizando el procedimiento GLM del SAS. Los modelos incluyeron los efectos de grupo genético, año, época y número de parto de la madre y las interacciones de primer y segundo orden que en análisis preliminares resultaron significativas ($P < .25$). Para PCN, PCD y TS también se incluyeron los efectos de LNV, NLD, PCN y edad al destete (ED) cuando, en los análisis preliminares, los efectos de estas covariables resultaron significativos ($P < .25$). Las épocas consideradas fueron: marzo a junio, julio a octubre y noviembre a febrero. Las medias para las camadas Yorkshire fueron: 9.35 ± 0.24 , 8.69 ± 0.23 y 8.17 ± 0.24 lechones, para TCN, LNV y NLD, respectivamente; 11.35 ± 0.29 , 11.39 ± 0.15 , 46.42 ± 1.80 y 45.06 ± 1.17 Kg, para PCN, PCN ajustado por LNV (PCNLNV), PCD ajustado por ED (PCDED) y PCD ajustado por NLD y ED (PCDNLDED), respectivamente; y $88.48 \pm 1.89\%$, para TS. Los valores de heterosis obtenidos fueron: 0.35 ± 0.27 (3.84%), 0.58 ± 0.24 (7.01%) y 0.08 ± 0.30 lechones (1.02%), para TCN, LNV y NLD, respectivamente; 0.33 ± 0.32 (2.89%), -0.24 ± 0.16 (-2.02%), -0.76 ± 2.11 (-1.58%) y -1.04 ± 1.36 Kg (-2.16%), para PCN, PCNLNV, PCDED y PCDNLDED, respectivamente; y -4.80 ± 2.39 unidades porcentuales (-5.32%), para TS. Los efectos genéticos aditivos individuales fueron: 0.10 ± 0.53 , 0.39 ± 0.46 y 0.59 ± 0.55 lechones, para TCN, LNV y NLD, respectivamente, en favor de Yorkshire; 2.43 ± 0.61 , 2.74 ± 0.32 , 3.84 ± 4.12 y 7.25 ± 2.69 Kg, para PCN, PCNLNV, PCDED y PCDNLDED, respectivamente, y 7.71 ± 4.64 puntos porcentuales para TS, en favor de Landrace. Los efectos maternos fueron: 0.39 ± 0.36 , 0.30 ± 0.28 y 0.02 ± 0.39 lechones, para TCN, LNV y NLD, respectivamente; 1.80 ± 0.39 , 1.40 ± 0.22 y 0.42 ± 1.86 Kg, para PCN, PCNLNV y PCDNLDED, respectivamente; y 3.89 ± 3.40 unidades porcentuales, para TS, en favor de Yorkshire; y 0.23 ± 2.87 Kg, para PCDED, en favor de Landrace.

INTRODUCCION

El cruzamiento se utiliza en la producción porcina para aprovechar la heterosis y las diferencias entre razas en composición genética aditiva para determinadas características. Los sistemas de producción deben de capitalizar y maximizar las diferencias genéticas que existen entre las razas. La heterosis es mayor en el cruzamiento de ciertas razas en comparación con otras, de tal manera que las ganancias óptimas requieren de combinaciones específicas. El sistema de cruzamiento y las razas a utilizar dependen de las condiciones de explotación, los recursos genéticos disponibles y de la situación del mercado. Debido al número de razas porcinas disponibles y a la gran variedad de sistemas de cruzamiento posibles, no es práctico hacer una evaluación experimental de todos ellos. En consecuencia, se deben utilizar valores estimados de diferencias entre razas y heterosis para predecir el comportamiento esperado de los sistemas de cruzamiento posibles y evaluar en forma experimental sólo aquellos que resulten económicamente más atractivos.

Para las condiciones de México, no existen publicaciones que informen de estimadores de diferencias entre razas y heterosis. El objetivo del estudio fue estimar heterosis individual y diferencias en efectos genéticos aditivos individuales y maternos de raza para Landrace y Yorkshire en características al nacimiento y al destete.

REVISION DE LITERATURA

La heterosis o vigor híbrido es la desviación de la media de producción de las cruzas recíprocas para determinada característica, con respecto a la media de producción para la misma característica en las líneas o razas puras usadas como padres, que conforman la composición genética de los individuos cruzados (Bennet et al., 1983; Falconer, 1989).

Dickerson (1969, 1973) combinó en un modelo los principales factores genéticos que afectan a un sistema de cruzamiento para predecir su mérito relativo en términos de algunos parámetros. La definición de los componentes genéticos involucrados permite una concepción más clara de que comparaciones experimentales son críticas en el uso efectivo de los recursos raciales. Dickerson (1969) definió cada componente como una desviación media del comportamiento de la descendencia con respecto al comportamiento promedio de las razas puras de un conjunto específico de (n) razas.

Los factores considerados en el modelo son: la media del comportamiento de razas y cruzas de razas en términos promedio de efectos genéticos directos y maternos (g^I y g^M), heterosis individual y materna (h^I y h^M), efectos de recombinación individual y materna (r^I y r^M) y efectos de abuela materna (g^{M1} , h^{I1} y r^{M1}). Dickerson (1973) expresó las fracciones de heterosis, pérdidas por recombinación y diferencias en el comportamiento materno y paterno de las

razas de la hembra y el semental esperadas para sistemas alternativos de cruzamiento. Con este modelo describió las esperanzas de las medias de los diferentes cruzamientos entre las razas. Dichas esperanzas permiten obtener estimadores para cada uno de los parámetros en el modelo, si existen las cruza necesarias.

Existen diversos efectos de cruzamiento sobre las características de importancia económica en cerdos. Investigaciones recientes han revisado y evaluado combinaciones de razas y publicado valores estimados de heterosis individual, efectos directos y efectos maternos (Johnson y Omtvedt, 1973, 1975; Sellier, 1976; Drewry, 1980; Johnson, 1981; Kuhlers *et al.*, 1981; Wheat *et al.*, 1981; Hutchens *et al.*, 1982; Toelle y Robison, 1982; Buchanan y Johnson, 1984; Gaugler *et al.*, 1984; Jungst y Kuhlers, 1984; McLaren *et al.*, 1987a, b; Kuhlers *et al.*, 1988; Kuhlers *et al.*, 1989a, b).

TAMAÑO DE CAMADA Y CAPACIDAD DE SOBREVIVENCIA

a) Tamaño de camada al nacimiento.

Glodek (1969, citado por Johansson, 1981) encontró que la mortalidad disminuye, el número de lechones y el peso mejoran cuando hay cruzamiento y que estos efectos de cruzamiento son mayores cuando la hembra es híbrida. Skarman (1965, citado por Johansson, 1981) comparó la cruza entre Landrace y Yorkshire y obtuvo una heterosis de 0.7 lechones

para el tamaño de camada al nacimiento. Fahmy et al. (1971) han observado que las camadas de las cruzas que involucran Yorkshire y Landrace son significativamente más grandes al nacimiento que aquellas que incluyen a otras razas; también mencionan que las hembras Yorkshire tuvieron las camadas más grandes al nacimiento, seguidas por las hembras Landrace. Holtmann et al. (1975) obtuvieron que la craza entre Yorkshire y Landrace tuvo 11.0 lechones al nacimiento.

Sellier (1976) observó que la heterosis individual para el tamaño de camada al nacimiento tuvo una media de 0.30 lechones (3%), mientras que los efectos maternos fueron de 0.75 lechones (8%). Young et al. (1976) encontraron que el tamaño de camada al nacimiento en Yorkshire fue de 10.22 y la media general de los efectos de heterosis fue de 0.38 ± 0.26 lechones. Fahmy y Holtmann (1977) encontraron que el tamaño de camada al nacimiento en Landrace-Yorkshire estaba por encima del promedio de las razas evaluadas. Johnson et al. (1978) mencionan que las hembras Yorkshire tuvieron camadas más grandes al nacimiento. Las diferencias obtenidas entre las razas de las hembras en el tamaño de camada son similares a las mencionadas por Young et al. (1976).

En el trabajo de Kuhlert et al. (1980) se encontró que las camadas puras Landrace tuvieron 11.33 lechones al nacimiento y 10.86 lechones nacidos vivos. Las camadas Yorkshire-Landrace tuvieron en promedio, 10.76 lechones al nacimiento y 10.36 lechones nacidos vivos. Las camadas Landrace puras fueron significativamente más grandes al

nacimiento que las camadas Yorkshire-Landrace; sin embargo, la diferencia en el número de lechones nacidos vivos no fue significativa.

Ral (1978, citado por Johansson, 1981) estudió los efectos de cruzamiento entre Yorkshire y Landrace en condiciones prácticas de producción. Los efectos de cruzamiento sobre el tamaño de camada al nacimiento fueron: cruzamiento simple, 0.26; retrocruza, 0.55; cruzamiento alterno, 0.40 y en cruzamiento no sistematizado, 0.30 lechones. La retrocruza tuvo los efectos más grandes sobre el tamaño de la camada al nacimiento; el cruzamiento alterno tuvo de 0.3 a 0.4 lechones más que los puros. Los efectos de cruzamiento fueron de 0.2 a 0.3 lechones más en los animales en cruzamiento simple y cruzamiento no sistematizado, comparados con los animales puros. En la revisión hecha por Johnson (1981), acerca de los cruzamientos realizados en cerdos de 1970 a 1981, se encontró que el tamaño de camada al nacimiento en Landrace fue de 9.59 ± 0.33 y en Yorkshire de 10.47 ± 0.22 . La heterosis tuvo una media general de 0.23 (2.4%).

En un estudio sobre la productividad de la hembra evaluando camadas puras y cruzadas, Gaugler et al. (1984) observaron que el tamaño de camada al nacimiento en Yorkshire fue de 11.52, Yorkshire-Landrace, 10.43; Landrace-Yorkshire, 9.97 y Landrace, 10.74 lechones. El efecto de raza de la hembra fue importante ($P < .05$) y se encontraron diferencias significativas entre las razas en el

comportamiento materno. Las hembras Yorkshire y Landrace parieron significativamente camadas más grandes ($P < .01$) que las hembras Spot (1.95 ± 0.54 y 1.29 ± 0.50 más lechones, respectivamente). La comparación entre Yorkshire y Landrace como raza de la hembra tuvo diferencias de 0.66 ± 0.54 lechones en el tamaño de la camada al nacimiento, en favor de Yorkshire. Las camadas Landrace puras fueron más pequeñas al nacimiento (0.78 ± 1.05) comparadas con camadas Yorkshire puras. Las camadas Yorkshire-Landrace no fueron tan grandes como el promedio de las respectivas razas puras. La heterosis para el tamaño de camada al nacimiento en Yorkshire-Landrace fue de -0.93 ± 0.70 lechones (-8.36%). La diferencia entre las cruzas recíprocas debidas a efectos genéticos maternos entre Yorkshire y Landrace fue de 0.46 ± 1.10 en favor de Landrace; mientras que la diferencia entre Yorkshire y Landrace en efectos directos fue de 1.24 lechones en favor de Yorkshire. De las razas evaluadas, Yorkshire fue la que tuvo las camadas más grandes al nacimiento.

McLaren et al. (1987b) mencionan que los efectos genéticos directos para el tamaño de camada al nacimiento en Yorkshire fueron de 1.00 y para Landrace de 0.22 lechones; la heterosis individual entre Yorkshire-Landrace fue de -0.51 . Kuhlert et al. (1989a) encontraron que la cruce entre machos Yorkshire y hembras Yorkshire-Landrace tuvo 11.9 lechones para tamaño de camada al nacimiento y 10.3 lechones nacidos vivos.

La literatura menciona valores variables para el tamaño de camada al nacimiento (Skarman, 1965, citado por Johansson, 1981; Holtmann et al., 1975; Sellier, 1976; Young et al., 1976; Kuhlers et al., 1980; Ral, 1978, citado por Johansson, 1981; Johnson, 1981; Gaugler et al., 1984; McLaren et al., 1987b; Kuhlers et al., 1989a). El promedio en Yorkshire fue de 10.73 lechones, con rango de 10.22 a 11.52 lechones; Landrace tuvo en promedio 10.55 lechones al nacimiento, con un rango entre 9.59 y 11.33. En la crucea Yorkshire-Landrace se encontraron valores promedio de 10.54 con rangos de 9.97 a 11 lechones. La heterosis presentó valores de -0.93 a 0.7 con una media de -0.35 (-5.96%).

b) Tamaño de camada al destete.

Skarman (1965, citado por Johansson, 1981) encontró que el efecto de heterosis sobre el número de lechones a las tres semanas entre Landrace y Yorkshire fue de 0.7; el autor concluye que los animales cruzados fueron más fuertes y con menor morbilidad y mortalidad predestete. En el trabajo de Fahmy et al. (1971) se encontró que las hembras Yorkshire y Landrace tuvieron las camadas más grandes a los 21 días y al destete (5 semanas de edad). Holtmann et al. (1975) observaron que la crucea entre Yorkshire y Landrace tuvo las camadas más grandes al destete (9.7 lechones a los 21 días). En el análisis realizado por Johnson y Omtvedt (1975) se

encontró que el tamaño de la camada al destete para Landrace fue de 7.52 ± 0.26 y para Yorkshire de 7.01 ± 0.18 .

Los efectos de heterosis individual obtenidos por Sellier (1976) para el tamaño de camada al destete en Landrace-Large White (Yorkshire) fueron más pequeños comparados con Yorkshire-Duroc y Hampshire-Yorkshire; Sellier (1976) concluyó que pueden esperarse 0.45 (6%) más lechones en promedio a los 21 días por heterosis individual. Young et al. (1976) encontraron que el número de lechones a los 21 días en Yorkshire fue de 7.69 y la media general de heterosis de 0.65 ± 0.23 .

Se ha observado que las hembras Landrace-Yorkshire tienen camadas más grandes a los 21 días comparadas con otras razas (Fahmy y Holtmann, 1977). Ral (1978, citado por Johansson, 1981) encontró que el efecto de cruzamiento sobre el número de lechones a las tres semanas de edad en Landrace y Yorkshire fue de 0.33 en cruzamiento simple; en retrocruza, 0.55; cruzamiento alterno, 0.42 y en cruzamiento no sistematizado, 0.29; mientras que Andersson (1980, citado por Johansson, 1981) encontró que la retrocruza entre Landrace y Yorkshire tuvo de 0.3 a 0.4 lechones más por camada a las 3 semanas.

Quintana (1979), tomando los valores estimados para los efectos directos de raza y heterosis específica resultante de cruzamientos, encontró que el tamaño de camada al destete en Yorkshire fue de 7.13 y en Landrace de 7.10 lechones; mientras que la cruce Yorkshire-Landrace tuvo 7.66 lechones.

El efecto de raza de Landrace, en relación a Yorkshire, para el tamaño de camada al destete fue de -0.03 , lo que significa que se espera que Landrace tenga en promedio 0.03 lechones menos por camada que Yorkshire. Quintana (1979) menciona que se espera que este incremento sea de 0.55 (7.73%) para Yorkshire-Landrace; también concluye que Yorkshire tuvo el tamaño de camada al destete más grande en comparación con las otras razas evaluadas.

Kuhlers *et al.* (1980) mencionan que el tamaño de camada promedio a los 21 días de edad fue de 8.16 lechones para Landrace y 8.56 lechones para Yorkshire-Landrace. Las camadas Landrace puras no fueron diferentes significativamente en el número de lechones a los 21 días, en comparación con las camadas Yorkshire-Landrace. En el trabajo de Johnson (1981), Landrace tuvo 7.52 ± 0.26 lechones y Yorkshire, 8.09 ± 0.18 lechones al destete (21 días). La media general de heterosis fue de 0.70 (10.2%). También encontró que el tamaño de camada es más grande para las cruzas que involucran a Yorkshire y Landrace. Wilson y Johnson (datos no publicados), citados por Johnson (1981), encontraron que el tamaño de camada al destete para Yorkshire-Landrace fue de 8.46 lechones; mientras que Kuhlers *et al.* (1989a) obtuvieron 8.6 lechones a los 21 días en la retrocruza entre Yorkshire y Landrace.

Skarman (1965, citado por Johansson, 1981) encontró que los efectos de heterosis sobre el tamaño de camada a las 8 semanas de edad entre Landrace y Yorkshire fueron de

0.7 lechones; mientras que Young et al. (1976) observaron que el número de lechones a los 42 días en Yorkshire fue de 7.42 y la media de los efectos de heterosis fue de 0.76 ± 0.23 .

En el trabajo de Kuhlert et al. (1980) se obtuvo que el tamaño de camada a los 42 días de edad para Landrace fue de 8 lechones y 8.53 lechones para Yorkshire-Landrace. A los 42 días posparto, las camadas Yorkshire-Landrace fueron más grandes ($P < .01$) que las camadas Landrace. En este estudio, las camadas de padre Yorkshire y madre Landrace tuvieron mejor comportamiento predestete que las camadas Landrace; los resultados coinciden con los de Fahmy y Bernard (1971).

Gaugler et al. (1984) encontraron que el tamaño de camada a los 42 días en Yorkshire fue de 7.25 lechones; Yorkshire-Landrace tuvo 8.18; Landrace-Yorkshire, 7.31 y Landrace, 7.88. Las hembras Yorkshire tuvieron las camadas más grandes al destete, pero no se detectaron diferencias significativas entre las razas de las hembras. Las camadas Landrace puras fueron las más grandes al destete (0.63 ± 0.93) comparadas con las camadas Yorkshire puras, debido a que hubo una tasa de sobrevivencia significativamente mayor ($12.77 \pm 5.93\%$) a los 42 días. También observaron que la heterosis para el tamaño de camada a los 42 días en Yorkshire-Landrace fue de 0.18 ± 0.63 lechones (2.38%). La diferencia en efectos maternos fue de 0.87 ± 1.01 lechones en favor de Landrace; mientras que la diferencia en efectos directos fue de 0.24 lechones, en

favor de Yorkshire. Estos datos indican que Yorkshire fue la más productiva en el tamaño de camada al destete.

McLaren *et al.* (1987a) mencionan que las diferencias entre las medias de cuadrados mínimos de cruzas recíprocas (*i.e.*, $\bar{V}_{ij} - \bar{V}_{ji}$) son debidas a diferencias en efectos maternos ($g^M_j - g^M_i$); también mencionan que aunque la diferencia en el tamaño de camada al destete entre las cruzas recíprocas de Yorkshire-Landrace no fue significativa, las camadas de hembras Landrace fueron 0.87 lechones más grandes al destete que las camadas que tuvieron madre Yorkshire. En el trabajo de Kuhlbers *et al.* (1989a) se encontró que la craza entre machos Yorkshire y hembras Yorkshire-Landrace tuvo 8.3 lechones a los 56 días de edad.

El tamaño de camada al destete encontrado en la literatura es variable, debido a que esta característica se evalúa a diferentes edades (Skarman 1965, citado por Johansson, 1981; Holtmann *et al.*, 1975; Johnson y Omtvedt, 1975; Sellier, 1976; Young *et al.*, 1976; Ral, 1978, citado por Johansson, 1981; Andersson, 1980, citado por Johansson, 1981; Quintana, 1979; Kuhlbers *et al.*, 1980; Johnson, 1981; Wilson y Johnson, 1981, citados por Johnson, 1981; Gaugler *et al.*, 1984; McLaren *et al.*, 1987a; Kuhlbers *et al.*, 1989a). Yorkshire presenta valores promedio de 7.43 con rangos de 7.01 a 8.09 lechones. Landrace tiene un promedio de 7.69 y rango de 7.10 a 8.16 lechones; mientras que la craza Yorkshire-Landrace presenta una media de 8.34 lechones con rango de 7.31 a 9.70 lechones. El promedio de heterosis en

Landrace-Yorkshire fue de 0.56 (7.56%), con rangos de 0.18 a 0.70 lechones (2.38% a 7.73%).

c) Tasa de sobrevivencia.

Smith y King (1964) encontraron que los lechones nacidos del cruzamiento entre Large White (Yorkshire) y Landrace fueron mejores que los animales puros en capacidad de sobrevivencia; mientras que Fahmy et al. (1971) mencionan que las hembras Landrace y Yorkshire produjeron camadas más grandes con menores tasas de mortalidad predestete. Young et al. (1976) encontraron que la tasa de sobrevivencia a los 42 días de edad en camadas Yorkshire puras fue de 72.03%.

En un estudio sobre el comportamiento productivo de hembras Landrace, Kuhlert et al. (1980) encontraron diferencias ($P < .05$) en la tasa de sobrevivencia a los 42 días posparto entre camadas Landrace y Yorkshire-Landrace. Los cerdos cruzados tuvieron tasas de sobrevivencia más altas del nacimiento al destete. Esta observación coincide con el trabajo de Johnson y Omtvedt (1973), donde se encontró menor sobrevivencia de cerdos puros comparados con cerdos cruzados.

Gaugler et al. (1984) mencionan que la tasa de sobrevivencia a los 42 días en Yorkshire fue de 64.21%; Yorkshire-Landrace, 81.69%; Landrace-Yorkshire, 79.35% y Landrace, 76.97%. El efecto de raza de la hembra fue importante ($P < .10$) en la tasa de sobrevivencia; las

camadas de hembras Landrace tuvieron 6.54 ± 3.42 puntos porcentuales más que las camadas de hembras Yorkshire. La heterosis para Yorkshire-Landrace fue de 9.93 ± 4.25 puntos porcentuales (14.07%); mientras que el efecto genético directo y materno de raza fue de 10.42 y 2.34 unidades porcentuales, respectivamente, en favor de Landrace. Los resultados muestran que las camadas producidas por hembras Yorkshire tuvieron tasas de mortalidad predestete más altas ($P < .10$) que las otras razas, contrariamente a los resultados obtenidos por Fahmy et al. (1971). Las hembras Landrace fueron las más productivas en términos de la habilidad para mantener vivos a sus lechones hasta el destete.

McLaren et al. (1987b) encontraron que los efectos genéticos directos para la tasa de sobrevivencia a los 42 días fue de -4.48 unidades porcentuales para Yorkshire y de 5.05 puntos porcentuales para Landrace. El efecto materno de raza para Yorkshire fue de -2.12 y para Landrace de 1.12 puntos porcentuales. La heterosis para tasa de sobrevivencia en Yorkshire-Landrace fue de 9.88 unidades porcentuales. Kuhlert et al. (1989b) obtuvieron una tasa de sobrevivencia, del nacimiento a los 21 días, del 80.1% en la retrocruza entre Yorkshire y Landrace.

En la revisión de literatura (Young et al., 1976; Gaugler et al., 1984; McLaren et al., 1987b; Kuhlert et al., 1989b) se encontró una tasa de sobrevivencia en Yorkshire de 64.21% a 72.03%, con un promedio de 68.12%; en Landrace el

promedio fue de 76.97%; mientras que para la cruce Landrace-Yorkshire el promedio fue de 80.52%, con rango de 79.35% a 81.69%. La heterosis media para Yorkshire-Landrace fue de 9.90 (14.07%), con rango de 9.88 a 9.93 unidades porcentuales.

PESO DE LA CAMADA

a) Peso de la camada al nacimiento.

Young et al. (1976) compararon el comportamiento productivo de hembras que produjeron camadas puras y cruzadas y obtuvieron que el peso al nacimiento en camadas Yorkshire puras fue de 10.70 Kg; mientras que Kuhlers et al. (1980) encontraron que el peso promedio de la camada al nacimiento fue de 15.56 Kg y 15.33 Kg, para Landrace y Yorkshire-Landrace, respectivamente; en este estudio, los cerdos Yorkshire-Landrace fueron más pesados al nacimiento ($P < .01$) que los cerdos Landrace puros.

Gaugler et al. (1984) obtuvieron 13.34 Kg para el peso de la camada al nacimiento en Yorkshire; para Yorkshire-Landrace fue de 14.27; Landrace-Yorkshire, 11.79 y Landrace, 14.61 Kg. Los pesos de la camada al nacimiento fueron significativamente mayores ($P < .01$) para camadas de hembras Landrace que para camadas de hembras Yorkshire (3.75 Kg). Los resultados muestran que las hembras Yorkshire parieron lechones más ligeros; las camadas cruzadas Yorkshire-Landrace no fueron tan pesadas como el promedio de las

respectivas razas puras, por lo que la heterosis para el peso de la camada al nacimiento fue de -0.95 ± 0.97 Kg (-6.76%). El efecto materno de raza fue de 2.47 ± 1.51 Kg en favor de Landrace, mientras que el efecto genético directo fue de -1.21 Kg para Landrace en relación con Yorkshire. En el trabajo de Kuhlert et al. (1989a), el peso de la camada al nacimiento para la retrocruza entre Yorkshire y Landrace fue de 14.9 Kg.

En la literatura (Young et al., 1976; Kuhlert et al., 1980; Gaugler et al., 1984; Kuhlert et al., 1989a) se han encontrado valores de peso de la camada al nacimiento de 12.02 Kg en promedio para Yorkshire con rangos de 10.70 a 13.34 Kg; Landrace tuvo en promedio 15.08 Kg, con rango de 14.61 a 15.56 Kg; la cruce entre Landrace y Yorkshire presentó una media de 13.79 Kg, con rango de 11.79 a 15.33 Kg. La heterosis fue de -0.95 Kg (-6.76%).

b) Peso de la camada al destete.

Sellier (1976) obtuvo una media general de heterosis de 9.00 Kg (12%) para el peso de la camada al destete. Young et al. (1976) encontraron que el peso de la camada a los 21 días en Yorkshire fue de 35.44 Kg y de 76.52 Kg a los 42 días de edad. Kuhlert et al. (1980) mencionan que las hembras Landrace apareadas con machos Yorkshire parieron camadas más pesadas ($P < .01$) a los 21 y 42 días de edad, comparadas con hembras Landrace apareadas con machos

Landrace. En este trabajo, las camadas puras Landrace tuvieron un peso promedio de 44.13 Kg a los 21 días y 93.13 Kg a los 42 días de edad; mientras que las camadas Yorkshire-Landrace tuvieron un peso promedio de 48.7 Kg y 104.33 Kg a los 21 y 42 días de edad, respectivamente. Johnson (1981) obtuvo una media de heterosis de 4.20 Kg (12.0%) para el peso de la camada a los 21 días.

El peso de la camada a los 42 días obtenido por Gaugler et al. (1984) para Yorkshire fue de 73.53 Kg; Yorkshire-Landrace, 90.59 Kg; Landrace-Yorkshire, 80.66 Kg y Landrace, 89.79 Kg. Las camadas de hembras Landrace fueron 8.15 ± 5.16 Kg más pesadas al destete que las camadas de hembras Yorkshire. Las camadas Landrace puras fueron más pesadas en 16.25 ± 9.59 Kg que las camadas Yorkshire puras a los 42 días. La heterosis en Yorkshire-Landrace para el peso de la camada a los 42 días fue de 3.97 ± 6.55 Kg (4.86%). El efecto materno de raza para el peso de la camada al destete a los 42 días fue de 9.93 ± 10.51 Kg en favor de Landrace y el efecto genético directo fue de 6.33 Kg, para Landrace en relación con Yorkshire. Por su parte, Kuhlert et al. (1989a) obtuvieron pesos de la camada a los 21 y 56 días de edad de 42.5 Kg y 119.5 Kg, respectivamente, para la retrocruza entre Yorkshire y Landrace.

En resumen, el peso promedio de la camada a los 21 días de edad fue de 35.44 Kg y a los 42 días de 75.02 Kg en Yorkshire; para Landrace el peso promedio de la camada a los 21 días fue de 44.13 Kg, y a los 42 días fue de 91.46 Kg;

mientras que las cruizas entre Yorkshire y Landrace tuvieron un promedio de 48.7 Kg a los 21 días y de 91.86 Kg a los 42 días. La heterosis en promedio fue de 3.97 ± 6.55 Kg (4.80%) (Sellier, 1976; Young et al., 1976; Kuhlers et al., 1980; Johnson, 1981; Gaugler et al., 1984; Kuhlers et al., 1989a).

Kuhlers et al. (1980) encontraron que camadas de hembras Landrace apareadas con machos Yorkshire, tuvieron mejor comportamiento predestete que las camadas Landrace puras. Estos resultados coinciden con los de Fahmy y Bernard (1971) y los de Buchanan y Johnson (1984).

De lo encontrado en la literatura, es claro que la producción de cerdos híbridos conduce a un mejoramiento en ciertas características, cuando se comparan con la media de las razas puras usadas como progenitores. Este mejoramiento puede ser en características reproductivas, productivas o ambas. En términos generales se puede decir que los efectos de heterosis son positivos en las características al nacimiento y al destete para los cruzamientos entre Yorkshire y Landrace. Sin embargo, no hay un sistema estándar de cruzamiento, lo importante es saber cómo utilizar la información para conocer cual sistema presenta los mejores resultados. La heterosis es mayor en el cruzamiento de ciertas razas en comparación con otras, de tal manera que las ganancias óptimas requieren de combinaciones específicas de razas.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron los registros de camadas nacidas entre 1988 y 1990 en una granja ubicada en el estado de Jalisco. Las camadas fueron paridas por hembras Yorkshire y Landrace que fueron apareadas con sementales de las mismas razas para producir camadas puras y cruzadas. En el análisis de las características al nacimiento se utilizaron 90 camadas Landrace, 141 Yorkshire, 190 Landrace-Yorkshire y 153 Yorkshire-Landrace y en el de características al destete, 33, 62, 48 y 37 camadas, respectivamente, que no fueron uniformizadas.

Las hembras se cubrieron por primera vez entre los 7 y 9 meses de edad, con un peso entre 100 y 120 Kg. Antes de su inclusión al grupo como pie de cría, se alimentaron a libertad y a partir de que fueron cubiertas y, durante la gestación, recibieron 2 Kg de alimento al día. Una semana antes del parto se alojaron en jaulas de maternidad, en donde permanecieron durante cinco semanas. En el período de lactancia, las hembras con camadas de 6 lechones o menos recibieron 6 Kg de alimento; mientras que las hembras con camadas mayores recibieron 0.5 Kg más por lechón por arriba de 6. Durante la primera semana después del parto, las camadas se uniformizaron a 8 lechones. El destete se llevó a cabo entre 20 y 32 días de edad, con un promedio de 27 días. Las hembras fueron servidas en la primera semana después del destete.

Las características estudiadas fueron: tamaño de camada al nacimiento, definida como el número total de lechones nacidos, incluyendo vivos y muertos, número de lechones nacidos vivos, tamaño de camada al destete, peso de la camada al nacimiento y al destete, y tasa de sobrevivencia del nacimiento al destete (número de lechones destetados \times 100/número de lechones nacidos vivos).

El análisis de la información se realizó con el método de cuadrados mínimos, usando el procedimiento de modelos lineales generalizados (GLM) del paquete de análisis estadístico SAS (1990). En todos los casos, las variables se analizaron en forma preliminar utilizando modelos que incluyeron los efectos principales de grupo genético, año de parto, época de parto, número de parto y las interacciones de primer y segundo orden entre estos factores. El peso de la camada al nacimiento se analizó también con otro modelo preliminar que incluyó el número de lechones nacidos vivos como covariable. Además, en el análisis del tamaño de la camada al destete se incluyó la edad al destete como covariable; en el de peso de la camada al destete, la edad al destete, sola y en compañía del número de lechones destetados y en el de tasa de sobrevivencia, el número de lechones nacidos vivos, el peso de la camada al nacimiento y la edad al destete.

En los modelos definitivos no se incluyeron las interacciones ni las covariables que en los análisis preliminares no resultaron significativas ($P > .25$).

Las épocas que se consideraron en el análisis fueron: marzo a junio, julio a octubre y noviembre a febrero.

Para estimar los efectos directos y maternos de raza y la heterosis se utilizó el siguiente modelo genético, descrito por Dickerson (1969 y 1973):

$$\bar{V}_{ij} = \mu + .5(g^I_i + g^I_j) + g^M_j + h^I_{ij},$$

Donde:

\bar{V}_{ij} = promedio de animales puros ($i = j$) o cruzados ($i \neq j$), i (raza del padre), j (raza de la madre) = 1, 2;

μ = el promedio de las dos razas puras;

g^I, g^M = efectos genéticos directos y maternos de raza, respectivamente, con la restricción de que la suma es cero y

h^I_{ij} = heterosis individual, $h^I_{ij} = h^I_{ji}$, = 0 si $i = j$.

Las diferencias entre las medias de cuadrados mínimos de las cruzas recíprocas (i.e., $\bar{V}_{ij} - \bar{V}_{ji}$) son debidas a diferencias en efectos maternos ($g^M_j - g^M_i$).

De esta manera, la heterosis se estimó con el contraste lineal que compara los promedios de animales cruzados con los puros; el efecto genético directo con el que compara las de crías de machos Yorkshire con las de Landrace y el efecto genético materno con el contraste que compara las cruzas recíprocas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Funciones estimables para características de productividad de la hembra.

El análisis de varianza de las características al nacimiento se muestra en el cuadro 1. El modelo lineal incluyó factores como el grupo genético que fue significativo para el número de lechones nacidos vivos ($P < .05$) y el peso de la camada al nacimiento ($P < .01$). Las interacciones entre grupo genético por época de parto y época de parto por año de parto no resultaron significativas para ninguna de las características al nacimiento. El tamaño de camada al nacimiento, tuvo influencia significativa del número de parto ($P < .05$) y de las interacciones entre grupo genético por año de parto y grupo genético por número de parto ($P < .10$). El número de lechones nacidos vivos fue afectado de manera importante por el grupo genético, número de parto y las interacciones año de parto por número de parto ($P < .05$) y época de parto por número de parto ($P < .10$). El peso de la camada al nacimiento fue afectado significativamente por el grupo genético, el número de parto ($P < .01$) y la interacción época de parto por número de parto ($P < .10$). Cuando el peso de la camada al nacimiento se analizó incluyendo el número de lechones nacidos vivos en el modelo, los efectos de grupo genético, número de parto, número de lechones nacidos vivos ($P < .01$) y época de parto ($P < .05$) resultaron significativos.

Cuadro 1. Análisis de varianza para características al nacimiento.

FUENTE DE VARIACION	gl	Tamaño de camada	Lechones nacidos vivos (LNV)	Peso de la camada (PCN)	PCN ajustado por LNV
GRUPO GENETICO (GG)	3	11.152	21.258*	95.596**	71.830**
EPOCA DE PARTO (EP)	2	0.176	1.499	17.102	10.805*
AÑO DE PARTO (AP)	2	0.978*	3.382	20.934	5.192**
NUMERO DE PARTO (NP)	5	20.252*	15.789*	38.244**	17.756**
GG * AP	6	12.920 ⁺			3.875
GG * NP	15	12.054 ⁺		13.331	
EP * AP	4	5.637	10.016		
EP * NP	10		11.970 ⁺	18.001 ⁺	
AP * NP	10		13.402*		
LNV	1				4518.730**
Error ^a	536	7.239	6.710	10.937	3.045

^a Los grados de libertad (gl) del error para LNV son 537, PCN 532 y PCN ajustado por LNV 550, debido a las interacciones consideradas.

**P < .01.

*P < .05.

⁺P < .10.

En el cuadro 2 se presenta el análisis de varianza de las características al destete. El efecto de grupo genético fue importante ($P < .01$) para el peso de la camada al destete ajustado por el número de lechones destetados y la edad al destete; mientras que la interacción entre grupo genético y número de parto afectó significativamente ($P < .05$) la tasa de sobrevivencia. El número de lechones destetados fue afectado de manera significativa por el número de parto ($P < .10$) y por la interacción época de parto por número de parto ($P < .05$). El peso de la camada ajustado por la edad al destete tuvo influencia significativa del año de parto, la interacción época de parto por año de parto, la edad al destete ($P < .01$) y la interacción época de parto por número de parto ($P < .10$). Cuando el peso de la camada se ajustó por el número de lechones y la edad al destete, el grupo genético, el año de parto, la interacción entre época de parto por año de parto, las covariables ($P < .01$) y la época de parto ($P < .10$) fueron importantes. La tasa de sobrevivencia fue afectada por la época de parto, año de parto ($P < .10$), número de parto ($P < .01$), la interacción entre grupo genético por número de parto, y el peso de la camada al nacimiento ($P < .05$).

Cuadro 2. Análisis de varianza para características al destete.

FUENTE DE VARIACION	gl	Número de lechones	Peso de la camada (PCD) ajustado por ED	PCD ajustado por NLD y ED	Tasa de sobrevivencia
GRUPO GENETICO (GG)	3	2.457	95.012	270.394**	299.232
EPOCA DE PARTO (EP)	2	6.787	26.301†	164.899†	400.953†
AÑO DE PARTO (AP)	2	1.282	988.294**	1297.377**	413.717†
NUMERO DE PARTO (NP)	5	6.704†	250.046	40.403	527.502**
GG * NP	15				327.286*
EP * AP	4		506.483**		
EP * NP	10	6.169*	257.103†	348.333**	
PCN	1				1022.022*
Edad al destete (ED)	1		2033.891**	1275.570**	416.349
Lechones destetados (NLD)	1			13837.803**	
Error ^a	157	2.981	142.304	63.882	165.406

^aLos grados de libertad (gl) del error para PCD ajustado por ED son 151, PCD ajustado por NLD y ED 160 y tasa de sobrevivencia 150, debido a las interacciones consideradas.

**p < .01.

*p < .05.

†p < .10.

Comparación entre grupos genéticos.

Las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para las combinaciones de raza de semental por raza de la hembra se presentan en el cuadro 3.

Las diferencias entre grupos genéticos para el tamaño de camada al nacimiento no resultaron significativas. El tamaño de camada promedio fue de 9.34 ± 0.11 lechones. En contraste con los resultados obtenidos en el presente trabajo, otros autores han encontrado tamaños de camada mayores y diferencias entre los mismos grupos genéticos (Fahmy *et al.*, 1971; Holtmann *et al.*, 1975; Young *et al.*, 1976; Fahmy y Holtmann, 1977; Kuhlert *et al.*, 1980; Johnson, 1981; Gaugler *et al.*, 1984). Gaugler *et al.* (1984) encontraron que las camadas Yorkshire fueron 0.78 ± 1.05 (7.26%) más grandes al nacimiento que las Landrace. Por su parte, Kuhlert *et al.* (1980) mencionan que las camadas Landrace fueron significativamente más grandes al nacimiento que las Yorkshire-Landrace.

El tamaño de camada al nacimiento encontrado en el presente estudio en Yorkshire-Landrace, fue menor al obtenido por Kuhlert *et al.* (1980) y Gaugler *et al.* (1984), quienes encontraron 10.76 y 10.43 lechones, respectivamente. El tamaño de camada al nacimiento obtenido en el presente estudio para Yorkshire es menor al encontrado por Young *et al.* (1976), quienes obtuvieron 10.22 lechones; Johnson (1981), quien encontró 10.47 ± 0.22 lechones y Gaugler *et al.* (1984), quienes obtuvieron 11.52 lechones.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de características al nacimiento y al destete por grupo genético.

Característica	Grupo genético			
	Landrace	Yorkshire	Landrace-York	York-Landrace
Tamaño de camada al nacimiento, No.	8.86 ± 0.30	9.35 ± 0.24	9.65 ± 0.22	9.26 ± 0.29
Lechones nacidos vivos (LNV), No.	7.99 ± 0.29 ^d	8.69 ± 0.23 ^{cd}	9.08 ± 0.20 ^c	8.77 ± 0.23 ^c
Peso de la camada al nacimiento (PCN), Kg.	11.98 ± 0.37 ^d	11.35 ± 0.29 ^d	12.91 ± 0.26 ^c	11.10 ± 0.31 ^d
PCN ajustado por LNV, Kg.	12.73 ± 0.19 ^a	11.39 ± 0.15 ^b	12.52 ± 0.14 ^a	11.11 ± 0.17 ^b
Lechones destetados (NLD), No.	7.54 ± 0.33	8.17 ± 0.24	7.95 ± 0.27	7.92 ± 0.32
Peso de la camada al destete (PCD) ajustado por edad al destete (ED), Kg.	50.50 ± 2.34	46.42 ± 1.80	47.58 ± 1.93	47.81 ± 2.29
PCD ajustado por NLD y ED, Kg.	51.89 ± 1.53 ^d	45.06 ± 1.17 ^c	47.64 ± 1.23 ^c	47.22 ± 1.48 ^c
Tasa de sobrevivencia, %	92.29 ± 2.56	88.48 ± 1.89	87.53 ± 2.11	83.63 ± 2.68

abValores en el mismo renglón con diferente literal son diferentes estadísticamente (P < .01).
 cdValores en el mismo renglón con diferente literal son diferentes estadísticamente (P < .05).

El tamaño de camada en Landrace fue menor al encontrado por Johnson (1981), quien obtuvo 9.59 ± 0.33 lechones; Kuhlert et al. (1980), quienes obtuvieron 11.33 lechones y Gaugler et al. (1984), quienes obtuvieron 10.74 lechones al nacimiento.

Hubo diferencias significativas entre los grupos genéticos en el número de lechones nacidos vivos. Las camadas Landrace-Yorkshire y Yorkshire-Landrace fueron 1.09 ± 0.09 (13.64%) y 0.78 ± 0.06 lechones (9.76 %) más grandes ($P < .05$) que las Landrace, respectivamente. El número de lechones nacidos vivos para camadas Yorkshire-Landrace y Landrace encontrados en el presente estudio, es menor al obtenido por Kuhlert et al. (1980) quienes encontraron que las camadas Yorkshire-Landrace tuvieron 10.36 y las Landrace 10.86 lechones.

El peso de la camada al nacimiento fue mayor en Landrace-Yorkshire comparado con los otros grupos genéticos ($P < .05$). Sin embargo, cuando el peso de la camada al nacimiento se ajustó a 8.7 lechones nacidos vivos, Landrace y Landrace-Yorkshire fueron similares y tuvieron pesos mayores que Yorkshire y Yorkshire-Landrace ($P < .01$). Los resultados indican que los menores pesos de camada al nacimiento observados en Landrace estuvieron asociados a un menor número de lechones nacidos vivos. En contraste con lo obtenido en este trabajo, Kuhlert et al. (1980) encontraron que las camadas Yorkshire-Landrace fueron más pesadas al nacimiento que las Landrace ($P < .01$).

Los pesos obtenidos en el presente trabajo son menores a los mencionados por Gaugler *et al.* (1984), quienes encontraron 13.34 Kg para el peso de la camada al nacimiento en Yorkshire; 14.27 en Yorkshire-Landrace y 14.61 Kg en Landrace. También son menores a los mencionados por Kuhlbers *et al.* (1980), quienes obtuvieron pesos al nacimiento de 15.56 y 15.33 Kg para camadas Landrace y Yorkshire-Landrace, respectivamente. Los pesos para camadas Yorkshire, son mayores a los obtenidos por Young *et al.* (1976) y Johnson *et al.* (1978), quienes obtuvieron 10.70 y 10.90 Kg, respectivamente; mientras que para camadas Landrace-Yorkshire son mayores que los encontrados por Gaugler *et al.* (1984).

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos genéticos en el tamaño de la camada al destete. En contraste, Quintana (1979) encontró que las camadas Yorkshire fueron las más grandes y las Landrace las más pequeñas; mientras que Gaugler *et al.* (1984) encontraron que las camadas Landrace fueron más grandes al destete (0.63 ± 0.93) que las Yorkshire. Los resultados obtenidos en el presente estudio, coinciden con los de Kuhlbers *et al.* (1980), quienes mencionan que no hubo diferencias significativas entre camadas Landrace y Yorkshire-Landrace a los 21 días.

El tamaño de camada al destete obtenido en Yorkshire es mayor que el observado por Johnson y Omtvedt (1975); Young *et al.* (1976); Quintana (1979); Johnson (1981) y Gaugler

et al. (1984). El número de lechones destetados en Yorkshire-Landrace en el presente estudio es mayor que el obtenido por Quintana (1979), quien encontró 7.66 lechones por camada. Pero es menor que el mencionado por Wilson y Johnson, citados por Johnson (1981), quienes obtuvieron 8.46 lechones; Kuhlert et al. (1980), quienes obtuvieron 8.56 y 8.53 lechones a los 21 y 42 días, respectivamente, y Gaugler et al. (1984), quienes encontraron 8.18 lechones al destete.

El tamaño de camada al destete en Landrace-Yorkshire es mayor que el obtenido por Gaugler et al. (1984), quienes encontraron 7.31 lechones para el mismo grupo genético.

Para Landrace, fue similar al obtenido por Johnson y Omtvedt (1975) y Johnson (1981); sin embargo, es mayor que el 7.10 encontrado por Quintana (1979). En contraste, los resultados obtenidos en el presente estudio son menores a los mencionados por Kuhlert et al. (1980), quienes obtuvieron 8.16 y 8 lechones a los 21 y 42 días, respectivamente; y a los obtenidos por Gaugler et al. (1984), quienes encontraron 7.88 lechones a los 42 días de edad.

En el peso de la camada al destete ajustado por la edad al destete no se encontraron diferencias significativas entre los grupos genéticos. Cuando el peso de la camada al destete se ajustó a una edad de 26.18 días y a un tamaño de camada al destete de 7.89 lechones, las camadas Landrace fueron más pesadas que las de los otros grupos genéticos ($P < .05$). Estos resultados indican que los menores pesos al

destete de las camadas Landrace estuvieron asociados a un menor número de lechones destetados.

Por el contrario, Kuhlert et al. (1980) encontraron que las camadas Landrace fueron significativamente menos pesadas a los 21 días que las camadas Yorkshire-Landrace ($P < .01$), debido a las diferencias observadas en la tasa de sobrevivencia postparto.

El peso de las camadas Yorkshire obtenido en el presente estudio es mayor que el mencionado por Young et al. (1976), quienes encontraron que el peso a los 21 días fue de 35.44 Kg para la misma raza. Las camadas Landrace fueron 4.24 Kg (8.91%) y 4.67 Kg (9.90%) más pesadas que las Landrace-Yorkshire y Yorkshire-Landrace, respectivamente. En contraste, Kuhlert et al. (1980) encontraron que las camadas Landrace-Yorkshire fueron más pesadas a los 21 y 42 días que las Landrace ($P < .01$). Fahmy y Bernard (1971) y Kuhlert et al. (1980) mencionan que las camadas Yorkshire-Landrace tuvieron mayor peso al destete que las Landrace.

La tasa de sobrevivencia no fue diferente entre los grupos genéticos evaluados. La tasa de sobrevivencia promedio fue de 89.78 ± 1.03 unidades porcentuales. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son diferentes a los obtenidos por Kuhlert et al. (1980), quienes encontraron que las camadas Yorkshire-Landrace tuvieron mayores tasas de sobrevivencia del nacimiento a los 42 días que las Landrace ($P < .05$). Por su parte, Johnson y Omtvedt (1973) también

encontraron una menor sobrevivencia en cerdos puros que en cerdos híbridos.

La tasa de sobrevivencia observada en el presente estudio es mayor que la encontrada por otros autores. Gaugler et al. (1984) encontraron tasas de sobrevivencia a los 42 días de 64.21% en camadas Yorkshire, 81.69% en Yorkshire-Landrace, 79.35% en Landrace-Yorkshire y 76.97% en Landrace. Por su parte, Kuhlert et al. (1989b) obtuvieron tasas de sobrevivencia del nacimiento a los 21 días de 80.1% para la cruce de machos Yorkshire con hembras Yorkshire-Landrace.

Estimación de parámetros genéticos.

En el cuadro 4 se presentan los resultados del análisis de los contrastes para las características estudiadas. Para el tamaño de camada al nacimiento no hubo efectos genéticos que afectaran la característica de manera significativa. La heterosis fue importante ($P < .05$) para el número de lechones nacidos vivos. Los efectos genéticos directos y maternos de raza tuvieron influencia significativa sobre el peso de la camada al nacimiento ($P < .01$). Ninguno de los efectos genéticos estudiados resultó significativo para el número de lechones destetados y el peso de la camada al destete ajustado por la edad al destete. Sin embargo, al analizar el peso de la camada al destete ajustado por la edad y el número de lechones al destete, los efectos

Cuadro 4. Contrastes en características al nacimiento y al destete en Yorkshire y Landrace.

Característica	Heterosis	Efecto	
		Directo	Materno
Tamaño de camada al nacimiento	12.268	0.270	8.320
Lechones nacidos vivos (LNV)	36.632*	4.900	7.768
Peso de la camada al nacimiento (PCN)	11.494	169.816**	227.776**
PCN ajustado por LNV	6.329	212.574**	121.765**
Lechones destetados (NLD)	0.212	3.509	0.015
Peso de la camada al destete (PCD) ajustado por edad al destete (ED)	18.705	123.201	0.918
PCD ajustado por NLD y ED	37.624	462.040**	3.379
Tasa de sobrevivencia	665.903	456.675†	217.398

**p < .01.

*p < .05.

†p < .10.

genéticos directos resultaron significativos ($P < .01$). Los efectos genéticos directos ($P < .10$) resultaron importantes para la tasa de sobrevivencia.

Las estimaciones de heterosis, efectos genéticos directos y maternos de raza se presentan en el cuadro 5.

Las estimaciones de heterosis fueron positivas para las características al nacimiento, excepto para el peso de la camada ajustado por el número de lechones nacidos vivos. La heterosis para el tamaño de camada al nacimiento fue de 3.84%. Esta heterosis es menor a la obtenida por Skarman (1965, citado por Johansson, 1981), quien obtuvo una heterosis de 0.7 lechones. Pero es similar a la obtenida por Young et al. (1976), quienes encontraron una heterosis promedio de 0.38 ± 0.26 lechones. Sin embargo, otros autores han encontrado valores de heterosis menores a los obtenidos en este estudio. Sellier (1976) obtuvo una heterosis individual promedio para el tamaño de camada al nacimiento de 0.30 lechones (3%); Ral (1978, citado por Johansson, 1981) encontró una heterosis de 0.26 lechones al nacimiento y Johnson (1981) obtuvo una heterosis promedio de 0.23 lechones (2.4%). Asimismo Gaugler et al. (1984) obtuvieron una heterosis de -0.93 ± 0.70 lechones (-8.36%) y McLaren et al. (1987b) encontraron una heterosis de -0.51 en Yorkshire-Landrace. La heterosis para el número de lechones nacidos vivos fue de 7.01% ($P < .05$).

Al nacimiento, las camadas cruzadas no fueron tan pesadas como el promedio de sus respectivas razas puras.

Cuadro 5. Heterosis, efectos directos^a y efectos maternos^a para características al nacimiento y al destete en Yorkshire y Landrace.

Característica	Efecto		
	Heterosis	Directo	Materno
Tamaño de camada al nacimiento	0.35 ± 0.27	0.10 ± 0.53	0.39 ± 0.36
Lechones nacidos vivos (LNV)	0.58 ± 0.24*	0.39 ± 0.46	0.30 ± 0.28
Peso de la camada al nacimiento (PCN)	0.33 ± 0.32	-2.43 ± 0.61**	1.80 ± 0.39**
PCN ajustado por LNV	-0.24 ± 0.16	-2.74 ± 0.32**	1.40 ± 0.22**
Lechones destetados (NLD)	0.08 ± 0.30	0.59 ± 0.55	0.02 ± 0.39
Peso de la camada al destete (PCD) ajustado por edad al destete (ED)	-0.76 ± 2.11	-3.84 ± 4.12	-0.23 ± 2.87
PCD ajustado por NLD y ED	-1.04 ± 1.36	-7.25 ± 2.69**	0.42 ± 1.86
Tasa de sobrevivencia	-4.80 ± 2.39	-7.71 ± 4.64†	3.89 ± 3.40

^aDiferencia entre Yorkshire y Landrace.

**P < .01.

*P < .05.

†P < .10.

En contraste, Gaugler et al. (1984) obtuvieron una heterosis de -0.95 ± 0.97 (-6.79%) en Yorkshire-Landrace.

La heterosis encontrada en el presente estudio para las características asociadas con el destete fue negativa, excepto para el tamaño de camada. Se encontró una heterosis de 0.08 ± 0.30 lechones (1.02%). Estos resultados son menores a los mencionados en la literatura. Skarman (1965, citado por Johansson, 1981) encontró que la heterosis en el número de lechones a las tres y ocho semanas de edad entre Landrace y Yorkshire fue de 0.7. Sellier (1976) obtuvo una heterosis de 0.45 (6%) para el número de lechones destetados a los 21 días, en Landrace-Large White (Yorkshire). Young et al. (1976) encontraron una heterosis promedio de 0.65 ± 0.23 a los 21 días y de 0.76 ± 0.23 a los 42 días. Por su parte, Ral (1978, citado por Johansson, 1981), encontró que el efecto de cruzamiento sobre el número de lechones a las tres semanas de edad en Landrace y Yorkshire fue de 0.33. Quintana (1979) encontró un incremento de 0.55 lechones (7.73%) por camada al destete en Yorkshire-Landrace debido a heterosis individual; mientras que Andersson (1980, citado por Johansson, 1981) menciona que la retrocruza entre Landrace y Yorkshire tuvo de 0.3 a 0.4 lechones más por camada a las 3 semanas. Johnson (1981) encontró una heterosis promedio de 0.70 lechones (10.2%) a los 21 días; mientras que Gaugler et al. (1984) obtuvieron una heterosis de 0.18 ± 0.63 lechones (2.38%) para el tamaño de camada a los 42 días en Yorkshire-Landrace.

La heterosis para el peso de la camada al destete ajustado por la edad al destete fue de -1.58% y de -2.14% para el peso de la camada ajustado por la edad y el número de lechones destetados. Los resultados son menores a los obtenidos por Sellier (1976), quien obtuvo una heterosis promedio de 9.00 Kg (12%); Johnson (1981), quien obtuvo una media de heterosis de 4.20 Kg (12.0%) para el peso de la camada a 21 días y a los obtenidos por Gaugler et al. (1984), quienes encontraron que la heterosis en Yorkshire-Landrace fue de 3.97 ± 6.55 Kg (4.86%) para el peso de la camada a los 42 días.

En el presente estudio, se obtuvo una heterosis de -5.32% en la tasa de sobrevivencia. Consecuentemente, la ventaja de los animales cruzados en el tamaño de camada se redujo del nacimiento al destete de 0.58 ± 0.24 lechones nacidos vivos/camada a 0.08 ± 0.30 cerdos/camada al destete. En contraste, Gaugler et al. (1984) obtuvieron una heterosis de 9.93 ± 4.25 puntos porcentuales (14.07%) y McLaren et al. (1987b) encontraron una heterosis de 9.88 unidades porcentuales en la tasa de sobrevivencia a los 42 días en Yorkshire-Landrace.

Efectos genéticos directos.

Los efectos genéticos directos fueron significativos para el peso de la camada al nacimiento, peso de la camada al destete ajustado por el número de lechones destetados y

la edad al destete ($P < .01$) y para la tasa de sobrevivencia ($P < .10$). El efecto genético directo para tamaño de camada al nacimiento y número de lechones nacidos vivos fue mayor en Yorkshire. Estos resultados son menores a los obtenidos por Gaugler *et al.* (1984), quienes encontraron que la diferencia en efectos directos entre Yorkshire y Landrace fue de 1.24 lechones en favor de Yorkshire.

El efecto genético directo para peso de la camada al nacimiento fue mayor en Landrace ($P < .01$). En contraste, Gaugler *et al.* (1984) encontraron que el efecto genético directo fue mayor en Yorkshire.

El efecto genético directo de Yorkshire para el tamaño de camada al destete fue mayor que el de Landrace. Quintana (1979) también encontró que el efecto genético directo de Yorkshire fue mayor que el de Landrace en 0.03; sin embargo, el efecto genético directo obtenido en el presente estudio es mayor. También, es mayor que el obtenido por Gaugler *et al.* (1984), quienes encontraron que la diferencia en efectos genéticos directos fue de 0.24 lechones, en favor de Yorkshire.

Los efectos genéticos directos para peso de la camada al destete fueron mayores en Landrace ($P < .01$). Resultados similares en sentido, pero menores en magnitud fueron obtenidos por Gaugler *et al.* (1984), quienes encontraron que el efecto genético directo fue mayor en Landrace (6.33 Kg).

La tasa de sobrevivencia tuvo mayores efectos genéticos directos en favor de Landrace ($P < .10$). Los resultados son

similares en sentido, pero menores en magnitud a los obtenidos por Gaugler et al. (1984), quienes mencionan que Landrace tuvo 10.42 unidades porcentuales más que Yorkshire y McLaren et al. (1987b), quienes mencionan que los efectos genéticos directos para la tasa de sobrevivencia a los 42 días fueron mayores en Landrace, en 9.53 puntos porcentuales, que en Yorkshire.

Comparación entre medias de cruzas recíprocas.

Las diferencias entre las medias de las cruzas recíprocas fueron significativas para el peso de la camada al nacimiento ($P < .01$). Los efectos genéticos maternos para el tamaño de camada al nacimiento no fueron significativos. En contraste, Gaugler et al. (1984) observaron que la diferencia entre las cruzas recíprocas debidas a efectos genéticos maternos entre Yorkshire y Landrace fue de 0.46 ± 1.10 en favor de Landrace; mientras que Fahmy et al. (1971) observaron que las hembras Yorkshire tuvieron camadas más grandes al nacimiento que las Landrace.

Los efectos maternos para el número de lechones nacidos vivos tampoco fueron significativos. Los efectos maternos de raza para el peso de la camada al nacimiento ajustado por el número de lechones nacidos vivos y sin ajustar fueron mayores en Yorkshire ($P < .01$). En contraste, Gaugler et al. (1984) encontraron que el efecto materno fue de 2.47 ± 1.51 Kg, en favor de Landrace.

El efecto materno no tuvo influencia sobre el tamaño de camada al destete. Por su parte, Gaugler et al. (1984) y McLaren et al. (1987a) mencionan que aunque no hubo diferencias significativas en el tamaño de camada al destete entre las cruzas recíprocas de Yorkshire y Landrace, la diferencia en efectos maternos fue de 0.87 ± 1.01 lechones en favor de Landrace.

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de las cruzas recíprocas entre Yorkshire y Landrace para el peso de la camada al destete ajustado por la edad al destete. Este resultado es diferente al obtenido por Gaugler et al. (1984), quienes encontraron que el efecto materno para el peso de la camada al destete a los 42 días fue de 9.93 ± 10.51 en favor de Landrace.

El peso de las camadas de hembras Landrace fue de 49.55 \pm 1.50 Kg y para camadas de hembras Yorkshire de 46.35 \pm 1.20 Kg. La diferencia fue de 3.19 Kg (6.90%) en favor de camadas de hembras Landrace. Estos resultados son similares a los obtenidos por Gaugler et al. (1984) quienes encontraron que las camadas de hembras Landrace fueron más pesadas al destete que las camadas de hembras Yorkshire. En contraste Fahmy et al. (1971) encontraron que las hembras Yorkshire tuvieron camadas más pesadas que las Landrace.

El promedio en la tasa de sobrevivencia como raza de la hembra fue de 87.96% para camadas de hembras Landrace y de 88.01% para camadas de hembras Yorkshire. Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los

obtenidos por Fahmy et al. (1971); pero son diferentes a los encontrados por Gaugler et al. (1984), quienes mencionan que las camadas producidas por hembras Yorkshire tuvieron tasas de mortalidad predestete más altas ($P < .10$); mientras que McLaren et al. (1987b) encontraron que el efecto materno de raza fue mayor en Landrace, en 3.24 unidades porcentuales, que en Yorkshire.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que las camadas cruzadas tuvieron mejor comportamiento en las características al nacimiento. En contraste, las camadas puras presentaron el mejor comportamiento en las características al destete. La heterosis fue significativa para el número de lechones nacidos vivos ($P < .05$). Sin embargo, la heterosis para la tasa de sobrevivencia fue negativa; consecuentemente, la heterosis observada en el número de lechones nacidos vivos y el peso de la camada al nacimiento no se reflejó en el tamaño y peso de la camada al destete. Las camadas Landrace-Yorkshire fueron más numerosas y pesadas al nacimiento; mientras que las Landrace fueron más pesadas al destete y mostraron una mayor sobrevivencia; las camadas Yorkshire fueron más numerosas al destete. Los efectos genéticos directos de Landrace fueron mayores para el peso de la camada al nacimiento y al destete ($P < .01$) y tasa de sobrevivencia ($P < .10$). Los efectos maternos de Yorkshire fueron mayores para el peso de la camada al nacimiento ($P < .01$).

LITERATURA CITADA

- Bennett, G. L., M. W. Tess, G. E. Dickerson, and R. K. Johnson. 1983. Simulation of heterosis effects on cost of pork production. *J. Anim. Sci.* 56: 972-980.
- Buchanan, D. S., and R. K. Johnson. 1984. Reproductive performance for four breeds of swine: crossbred females and purebred and crossbred boars. *J. Anim. Sci.* 59: 948-956.
- Drewry, K. J. 1980. Sow productivity traits of crossbred sows. *J. Anim. Sci.* 50: 242-248.
- Dickerson, G. E. 1969. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Anim. Breed. Abstr.* 37: 191-202.
- Dickerson, G. E. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. In: *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. Jay L. Lush*. ASAS, ADSA, and PSA, Champaign, IL. 54-77.
- Fahmy, M. H., and C. S. Bernard. 1971. Crossbreeding swine: Evaluation of twenty-eight crosses of market pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 51: 645-650.
- Fahmy, M. H., C. S. Bernard, and W. B. Holtmann. 1971. Crossbreeding swine: Reproductive performance of seven breeds of sows bred to produce crossbred progeny. *Can. J. Anim. Sci.* 51: 361-370.
- Fahmy, M. H., and W. B. Holtmann. 1977. Evaluation of three- and four-breed cross litters and pigs sired by purebred and crossbred boars. *Anim. Prod.* 24: 261-270.
- Falconer, D. S. 1989. Introduction to quantitative genetics. 3th Ed. *Longman Scientific and technical.*, Edinburgh, England.
- Gaugler, H. R., D. S. Buchanan, R. L. Hintz, and R. K. Johnson. 1984. Sow productivity comparisons for four breeds of swine: Purebred and crossbred litters. *J. Anim. Sci.* 59: 941-947.
- Holtmann, W. B., M. H. Fahmy, T. M. MacIntyre, and J. E. Moxley. 1975. Evaluation of female reproductive performance of 28 one-way crosses produced from eight breeds of swine. *Anim. Prod.* 21: 199-207.
- Hutchens, L. K., R. L. Hintz, and R. K. Johnson. 1982. Breed comparisons for age and weight at puberty in gilts. *J. Anim. Sci.* 55: 60-66.

- Johansson, K. 1981. Some notes concerning the genetic possibilities of improving sow fertility. *Livest. Prod. Sci.* 8: 431-447.
- Johnson, R. K. 1981. Crossbreeding in swine: Experimental results. *J. Anim. Sci.* 52: 906-923.
- Johnson, R. K., and I. T. Omtvedt. 1973. Evaluation of purebreds and two-breed crosses in swine: Reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 37: 1279-1288.
- Johnson, R. K., and I. T. Omtvedt. 1975. Maternal heterosis in swine: Reproductive performance and dam productivity. *J. Anim. Sci.* 40: 29-37.
- Johnson, R. K., I. T. Omtvedt and, L. E. Walters. 1978. Comparison of productivity and performance for two-breed and three-breed crosses in swine. *J. Anim. Sci.* 46: 69-82.
- Jungst, S. B., and D. L. Kuhlbers. 1984. Estimates of additive genetic, maternal and specific combining abilities for some litter traits of swine. *J. Anim. Sci.* 59: 1140-1148.
- Kuhlbers, D. L., S. B. Jungst, and R. L. Edwards. 1980. Performance of Landrace, Yorkshire and Duroc sired pigs from Landrace sows. *J. Anim. Sci.* 50: 604-609.
- Kuhlbers, D. L., S. B. Jungst, R. L. Edwards, and J. A. Little. 1981. Comparisons of specific crosses from Landrace, Duroc-Landrace and Yorkshire-Landrace sows. *J. Anim. Sci.* 53: 40-48.
- Kuhlbers, D. L., S. B. Jungst, and J. A. Little. 1989a. Comparisons of specific crosses from Duroc-Landrace, Yorkshire-Landrace and Hampshire-Landrace sows managed in two types of gestation systems: Litter traits and sow weights. *J. Anim. Sci.* 67: 920-927.
- Kuhlbers, D. L., S. B. Jungst, and J. A. Little. 1989b. Comparisons of specific crosses from Duroc-Landrace, Yorkshire-Landrace and Hampshire-Landrace sows managed in two types of gestation systems: Pig performance. *J. Anim. Sci.* 67: 2595-2602.
- Kuhlbers, D. L., S. B. Jungst, and R. A. Moore, Jr. 1988. Comparisons of specific crosses from Yorkshire-Landrace, Chester White-Landrace and Chester White-Yorkshire sows. *J. Anim. Sci.* 66: 1132-1138.

- McLaren, D. G., D. S. Buchanan, and R. K. Johnson. 1987a. Individual heterosis and breed effects for postweaning performance and carcass traits in four breeds of swine. *J. Anim. Sci.* 64: 83-98.
- McLaren, D. G., D. S. Buchanan, and J. E. Williams. 1987b. Economic evaluation of alternative crossbreeding systems involving four breeds of swine II. System efficiency. *J. Anim. Sci.* 65: 919-928.
- Quintana, F. G. 1979. Crossbreeding in swine. An evaluation of systems. Ph.D. Dissertation. Dept. of Animal Science. North Carolina State Univ., Raleigh, N. C.
- SAS. 1990. SAS/STAT^R User's Guide (4th Ed.). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Sellier, P. 1976. The basis of crossbreeding in pigs: A review. *Livest. Prod. Sci.* 3: 203-226.
- Smith, C., and J. W. B. King. 1964. Crossbreeding and litter production in British pigs. *Anim. Prod.* 6: 265-272.
- Toelle, V. D., and O. W. Robison. 1982. Breed prenatal, breed postnatal and heterosis effects for preweaning traits in swine. *J. Anim. Sci.* 55: 263-273.
- Wheat, J. D., J. T. Yu, T. C. Chou, K. E. Kemp, and R. R. Schalles. 1981. Using diallel matings to estimate combining abilities and maternal effects in swine. *J. Anim. Sci.* 53: 629-642.
- Young, L. D., R. K. Johnson, and I. T. Omtvedt. 1976. Reproductive performance of swine bred to produce purebred and two-breed cross litters. *J. Anim. Sci.* 42: 1133-1149.