

01621  
46



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

HEREDABILIDAD ESTIMADA Y COMPARACION DE  
GENOTIPOS PUROS EN PORCINOS DE LAS RAZAS DUROC,  
LANDRACE Y LARGE WHITE Y EN CRUZAS RECIPROCAS DE  
LAS RAZAS LANDRACE Y LARGE WHITE PARA GRASA  
DORSAL Y PESO A 154 DIAS EN UNA GRANJA  
LOCALIZADA EN EL MUNICIPIO DE PENJAMO,  
GUANAJUATO DE 1995 A 2002

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
P R E S E N T A :  
**MANUEL LOPEZ ALCANTAR**

ASESORES: M.V.Z. ROBERTO G. MARTINEZ GAMBA  
M.V.Z. FRIDA SALMERON SOSA

MEXICO, D. F.

2005

I

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



DEDICATORIA

A mi madre (Eva) por los sacrificios que realizó para darme educación, por la paciencia que me ha tenido toda la vida, por darme libertad para escoger el rumbo de mi vida y por darme su cariño y comprensión.

A mi hermano Gabriel por soportar mi mal humor:

A mis tíos (Gerardo, Martha, Rosa, Lino y José) por todo el apoyo que me han brindado.

A mis asesores por su paciencia y comprensión.

A todos mis profesores por que de todos aprendí algo.

A todas las personas que me han brindado su amistad y también a las personas que no.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### AGRADECIMIENTOS

A mis asesores la MVZ Frida Salmerón Sosa y el MVZ Roberto Martínez Gamba por haber confiado en mí. Por su paciencia y comprensión para la realización de este trabajo, con el que doy fin a una etapa de mi vida.

De verdad les estoy muy agradecido.

A todas las personas del Departamento de Producción Animal: Cerdos y del Departamento de Genética y Bioestadística por el apoyo recibido durante todo el tiempo que duró la realización de este trabajo.

A todos mis amigos por su ayuda, y a todos los que no lo son, por que son mi fuente de inspiración para superarme día tras día.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CONTENIDO**

	<u>Página</u>
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.1.1 Características productivas de importancia económica .....	4
1.1.2 Selección y heredabilidad.....	8
1.1.3 Cruzamiento y heterosis.....	9
1.1.4 Razas porcinas utilizadas en México.....	11
1.2 Justificación.....	11
1.3 Hipótesis.....	12
1.4 Objetivos.....	12
<b>II MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	14
2.1 Localización y características de la granja.....	14
2.2 Características de la población y de la muestra de estudio.....	15
2.3 Análisis estadístico.....	16
2.3.1 Ajustes.....	20
<b>III RESULTADOS</b> .....	22
<b>IV DISCUSIÓN</b> .....	26
<b>V CONCLUSIONES</b> .....	29
<b>VI LITERATURA CITADA</b> .....	30
Cuadros.....	34
Gráficos.....	40

LISTA DE CUADROS

Página

<p>Cuadro 1. Porcentaje del contenido de nutrimentos y periodo durante el cual se suministra el alimento en las diferentes etapas de crecimiento.....</p>	35
<p>Cuadro 2. Análisis de varianza de peso ajustado a 154 días.....</p>	36
<p>Cuadro 3. Análisis de varianza de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso.....</p>	37
<p>Cuadro 4. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso y peso ajustado a 154 días de cerdos Duroc, Landrace y Large White y cerdas Landrace-Large White y Large White Landrace.....</p>	38
<p>Cuadro 5. Índice de herencia para las características peso ajustado a 154 días y grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso en las razas Duroc, Landrace, y Large White.....</p>	39

LISTA DE GRÁFICOS

	<u>Página</u>
Gráfico 1. Ubicación de la granja .....	41
Gráfico 2. Promedio de peso ajustado a 154 días por año, raza y sexo .....	42
Gráfico 3. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdos Duroc.....	43
Gráfico 4. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdos Landrace.....	44
Gráfico 5. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdos Large White.....	45
Gráfico 6. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace.....	46
Gráfico 7. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso por año, raza y sexo.....	47
Gráfico 8. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso para cerdos Duroc.....	48
Gráfico 9. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso para cerdos Landrace.....	49
Gráfico 10. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso para cerdos Large White.....	50
Gráfico 11. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso para cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace.....	51

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

LÓPEZ ALCÁNTAR MANUEL. Heredabilidad estimada y comparación de genotipos puros en porcinos de las razas Duroc, Landrace y Large White y en cruzas recíprocas de las razas Landrace y Large White, para grasa dorsal y peso a 154 días en una granja localizada en el municipio de Pénjamo, Guanajuato de 1995 a 2002 (bajo la asesoría de los MVZ Roberto G. Martínez Gamba y Frida Salmerón Sosa).

Se utilizaron 2775 registros de cerdos, compilados de 1995 a 2002 de una granja de Pénjamo, Guanajuato, de éstos: 698 fueron de cerdos de raza Duroc, 276 Landrace, 443 Large White, 1049 Landrace-Large White y 309 Large White-Landrace para evaluar la grasa dorsal ajustada a 105 kg y el peso ajustado a 154 días. Para este último, se observó efecto significativo de los factores: año, raza y sexo, y en la interacción año por raza por sexo. La raza Duroc presentó incremento en el promedio de peso ajustado a 154 días a través de los años, lo que no se observó en las razas Landrace y Large White. En el caso de la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso se observó una disminución en la media durante los años de estudio para las razas Duroc, Landrace y Large White. En el caso de la cerdas híbridas, para el peso ajustado a 154 días, se observó una disminución en la media a través de los años en ambos cruzamientos. Para la grasa dorsal ajustada a 105 kg, las cerdas Large White-Landrace mostraron una disminución en su media durante los años de estudio, contrario a lo que se observó en cerdas Landrace-Large White. La heredabilidad para el peso ajustado a 154 días fue de 0.26, 0.50 y 0.45 para cerdos Duroc, Landrace y Large White respectivamente; para la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso, la heredabilidad fue 0.32, 0.18 y 0.53 para las razas Duroc, Landrace y Large White respectivamente.

## I INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En el ámbito mundial se producen 91,188.062 millones de toneladas de carne de cerdo. México ocupa el decimoquinto lugar (14), con una producción de 1,143,580 toneladas para el año 2001, lo que representa el 73.4% del Consumo Nacional Aparente (CNA), el cual es de 1,500,000 toneladas; la disponibilidad *per capita* de carne de cerdo es de 15.1 kg, lo que representa el 27% del consumo total de carnes en el ámbito nacional. México exporta 36,470 toneladas de carne de cerdo de los estados de Sonora y Yucatán, con destino a Japón, Corea del Sur, Chile y a algunos países del Caribe (11). En México las granjas porcinas se encuentran distribuidas por todo el territorio, pero la mayor parte de éstas se concentra en los estados de Jalisco, Sonora, Guanajuato, Puebla, Veracruz, Michoacán y México, los cuales reúnen el 79% de la producción. Anualmente se da muerte a más de 15 millones de cerdos, 10.9 de los cuales son procesados en rastros municipales o particulares, y 4.2 millones en rastros tipo Inspección Federal (TIF). Estos datos ponen en relevancia la importancia de la producción porcina en México (11).

Las unidades porcolicas en el país, se pueden clasificar como: tecnificadas, semitecnificadas y de traspatio. Las primeras tienen integración vertical y horizontal, disponen de plantas automatizadas de alimentos balanceados, medidas de bioseguridad estrictas, emplean animales seleccionados, dan muerte a los cerdos en rastros TIF y su participación en el mercado nacional es de alrededor del 50% (26, 27).

Las granjas semitecnificadas aportan el 20% de la producción del mercado doméstico, el pie de cría es similar al estrato tecnificado, las instalaciones y las medidas zoonosanitarias no son adecuadas, se utilizan alimentos balanceados comerciales

y la industrialización se realiza en rastros municipales o privados. Las granjas de traspatio, están distribuidas por todo el país, la calidad genética es pobre aunque su rusticidad y adaptación al medio les permite producir carne con un mínimo de nutrimentos, los cuales provienen de subproductos de la industria restaurantera y de mercados públicos, y granos; se estima que este estrato tiene una participación del 30% de la producción nacional (26, 27).

Debido a las exigencias del mercado mundial, la porcicultura se ha visto obligada a mejorar sus niveles de producción y una de las herramientas más útiles ha sido el mejoramiento genético, el cual se ha basado en la selección de líneas; ésta resulta más efectiva cuando se emplean índices que le dan importancia a cada característica de acuerdo a su valor económico y la relación que pudieran tener con otras. Como resultado de ello se realizan comparaciones entre características de alto valor económico o de alta heredabilidad para guiar la intensidad de selección; dichas características influyen sustancialmente en el progreso genético, con una mejora de los beneficios económicos para el productor (23).

Una de las formas para mejorar los niveles de producción, es adquirir animales de mejor calidad que permitan obtener mayor producción y así bajar los costos. Sin embargo, cuando se habla de animales de mejor calidad, generalmente los productores solo observan la conformación externa del animal y no las variables productivas que determinan el verdadero valor del mismo y su efecto sobre la producción; además, en muchos casos el rendimiento de los animales seleccionados para un programa de mejoramiento genético no es el mismo que tendrá su progeñe en las condiciones de producción locales (30). Lo anterior obedece a efectos tanto ambientales: clima, dieta e instalaciones, como genéticos: raza, sexo, efectos aditivos, heterosis y los efectos individuales de los padres.

Se puede plantear que el aumento en la eficiencia productiva de carne de cerdo, está influenciado por el ambiente y el genotipo. El primero son las condiciones de producción que rodean al cerdo, comprende aspectos de nutrición, alojamiento y estado sanitario; lo anterior resalta la importancia del mejoramiento genético en la industria porcina. El potencial genético esta determinado por diferentes genes y el mejoramiento que se intenta con las poblaciones porcinas incluye; por un lado, la introducción de nuevos genes de importancia económica en una raza, línea, familia o granja, y por otro, lograr un incremento en la frecuencia de estos genes o la combinación de los mismos, ya sea por selección o cruzamiento, que son los dos métodos que se emplean actualmente en gran escala en producción comercial para el mejoramiento del cerdo (22).

Por lo tanto los porcicultores en México deben tratar de mejorar sus niveles de producción y esto solo es posible mediante la medición de la misma en sus animales, lo que implica la evaluación del material genético y de los efectos que influyen en las características productivas.

#### 1.1.1 Características productivas de importancia económica

En la porcicultura las características de importancia económica contribuyen a incrementar la eficiencia productiva de la empresa y a obtener una mejor calidad del producto que se ofrece al consumidor, estas características se pueden medir de manera objetiva y tienen una heredabilidad adecuada para realizar mejoramiento genético a través de la selección (30).

Dentro de las características de importancia económica que se mejoran en los cerdos de abasto están aquellas relacionadas con la velocidad de crecimiento como son: los días a 100 kg peso o el peso a una edad fija (peso a 154 días) (9), la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia, por otro lado las relacionadas con la

calidad de la canal como: el espesor de grasa dorsal, el área del ojo de la chuleta y el porcentaje de cortes magros (9, 30).

Algunas de estas características son difíciles de medir en condiciones de campo, pero se mejoran indirectamente al incrementar la velocidad de crecimiento y disminuir el espesor de la grasa dorsal, por lo que el énfasis en la selección se hace sobre estas dos últimas.

Una vez que los cerdos son destetados la velocidad de crecimiento aumenta a medida que los cerdos tienen mayor edad, hasta alcanzar su máximo alrededor de los seis meses de vida (6), esto se debe a que la velocidad de crecimiento depende tanto de la edad como del aporte de nutrientes de la ración, y guarda relación con la ganancia de peso derivada de la multiplicación celular y el aumento de tamaño de las células (35).

La velocidad de crecimiento puede verse afectada por diversos factores entre estos se encuentra la raza, el sexo, el consumo de alimento, el estado sanitario, las instalaciones, el ambiente y el manejo zotécnico al que son sometidos los cerdos (35).

Entre los factores que influyen sobre la velocidad de crecimiento se encuentra la raza como lo reportaron *Li y Kennedy* (20), quienes encontraron que los cerdos Duroc necesitaron menos días para alcanzar 100 kg de peso corporal ( $161 \pm 16.2$ ) que los Yorkshire, Landrace y Hampshire, siendo ésta última raza la que necesitó más días para alcanzar 100 kg de peso ( $166.3 \pm 16$ ), dichos autores reportan esto en una población de 100,125 cerdos de Canadá.

Por otra parte *Hammell et al* (13)., reportaron que los cerdos hijos de sementales Duroc y Duroc-Hampshire tuvieron mayor ganancia diaria de peso y mayor peso en edad a rastro que la progenie de cerdos Landrace y Yorkshire. Ellos concluyeron que el uso de sementales de la raza Duroc en los cruzamientos tiene como ventaja aprovechar su rápida velocidad de crecimiento.

El sexo es importante en la evaluación de la ganancia diaria de peso, ya que los machos enteros tuvieron mayor ganancia diaria de peso que las hembras hasta los 30 kg, mientras que los machos castrados fueron los de menor ganancia. Sin embargo, los castrados fueron los de mayor ganancia diaria de peso a los 90 kg, y las hembras presentaron la menor ganancia diaria de peso, lo anterior fue reportado por *Fukawa et al* (10)., en una población de 1381 cerdos Duroc, en Japón.

El consumo de alimento manifiesta efecto importante sobre la velocidad de crecimiento, un ejemplo, es lo reportado por *Cameron et al* (2)., quienes mencionan que en el Reino Unido los cerdos Large White tuvieron mayor velocidad de crecimiento que los cerdos Landrace con alimentación a libre acceso, mientras que con alimentación restringida la velocidad de crecimiento y la conversión alimenticia fueron similares en ambas razas.

Con respecto al espesor de la grasa dorsal, la cantidad de ésta ha representado uno de los aspectos más importantes en la mejora de la calidad de la carne de cerdo durante los últimos 25 años debido a las necesidades del mercado (35), ya que los consumidores actualmente demandan carne con baja cantidad de grasa, al asociar problemas de salud con el consumo de grasas animales. La cantidad de grasa dorsal en los cerdos ha sido disminuida a razón de 0.45 mm al año al mejorar los conocimientos sobre las necesidades nutricionales y a través de la selección de líneas de cerdos magros (7).

Sin embargo, aunque se considera que, en el curso del crecimiento normal, los cerdos aparecen más engrasados según crecen más, el engrasamiento depende de la raza, el sexo, el consumo de alimento, el estado sanitario de la granja y las instalaciones (35).

El espesor de la grasa dorsal varía de acuerdo a la raza, un ejemplo lo reportan *Li y Kennedy* (20), quienes en su estudio mencionan mayor cantidad de grasa dorsal en cerdos Duroc con un promedio de 14.9 mm ( $\pm$  2.6) con respecto a los Landrace, Hampshire y Yorkshire, éstos últimos presentaron la menor cantidad de grasa dorsal con una media de 13.6 mm ( $\pm$  2.4), en una población de 100,125 cerdos en Canadá.

En relación al efecto del sexo sobre la grasa dorsal el macho entero es considerablemente más magro que el macho castrado, siendo la hembra un intermedio entre ambos con 60, 58 y 56% respectivamente de carne magra en la canal (35). De igual forma *Fukawa et al* (10) ., mencionan que los cerdos enteros fueron más magros, que las hembras y los machos castrados; las hembras tuvieron mayor área de ojo de la chuleta que los machos a los 90 kg de peso.

La cantidad de alimento consumido ejerce un efecto importante sobre el espesor de la grasa dorsal en los cerdos, *Cameron et al* (2) ., mencionan en su estudio que los cerdos de la raza Large White tuvieron menor cantidad de grasa dorsal con alimentación restringida que con alimentación a libre acceso, y no encontraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre ambos regímenes de alimentación para los cerdos de raza Landrace.

### 1.1.2 Selección y heredabilidad

La selección es definida como un procedimiento mediante el cual ciertos individuos en una población son preferidos sobre otros para la producción de la próxima generación, para realizar ésta se toman como base los registros de las características fenotípicas del individuo en cuestión. Este método de mejoramiento es el más importante, ya que puede dirigirse y predecir con que intensidad se obtendrá la respuesta hacia las características que se desean mejorar (9).

Cabe mencionar que no se crean nuevos genes por selección, sino que baja la proporción de los no deseables y se incrementa la de los deseables, por lo que el principal efecto genético es cambiar su frecuencia relativa. El progreso que se puede esperar por medio de la selección en las características de los sujetos de las generaciones sucesivas depende de: la heredabilidad de las características que se deseen mejorar y de factores ambientales (9).

La heredabilidad o índice de herencia es un concepto estadístico que mide cuánto de las variaciones (varianza) de una característica, en una población se debe a las variaciones del medio y cuanto a las variaciones de los genotipos. En contraste, mide la influencia de los genes en la variación total de una característica, en una población. No significa que un sujeto sea un tanto genético y un tanto ambiental expresado en una característica, sino que es un indicador de la variación total de una población; cuánto se debe a las diferencias del medio de un individuo a otro, y cuánto a las diferencias de los genes, de un individuo a otro (1).

Debido a la heredabilidad se espera que los hijos reciban la mitad de los efectos genéticos de las características de cada progenitor aditivamente. Para determinar la parte aditiva potencial de cada progenitor se necesita estimar el índice de herencia o heredabilidad, ésta mide el potencial genético aditivo esperado por cada

unidad de cambios observada en el fenotipo. La varianza en el fenotipo es causada por las variaciones de los efectos genéticos aditivos, dominantes y epistáticos, así como por efectos ambientales (32).

Dado que la varianza genética aditiva y la varianza fenotípica difieren de una población a otra, y de un momento a otro dentro de la misma población, y puesto que las estimaciones están sujetas a la variación de muestreo, no es sorprendente que la heredabilidad para una misma característica varíe de una estimación a otra. Sin embargo, para cualquier característica en particular existe cierto grado de similitud entre las estimaciones. En general, las características asociadas con la viabilidad y la capacidad reproductora muestran menor heredabilidad que otras características (25).

La estimación del índice de herencia de una característica se calcula utilizando la similitud observada en productividad entre parientes. Por ejemplo la cantidad de productividad fenotípica de un semental que se transmite a sus hijos indica la variación debida a los genes, mientras que aquella que no se transmite, indica la variación debida al medio, y ambas miden la heredabilidad de dicha característica (32).

### 1.1.3 Cruzamiento y heterosis

El cruzamiento se define como el apareamiento de individuos no emparentados entre sí, los cuales pueden ser de la misma raza o no, éste es el complemento de la selección en los programas de mejoramiento genético (9).

Los sistemas de cruzamiento aprovechan el fenómeno llamado heterosis o vigor híbrido, y la combinación de características deseables de diferentes razas (complementariedad) (9, 24).

La heterosis o vigor híbrido se define como la desviación promedio de la producción de los individuos cruzados con respecto al promedio de producción de los individuos de las razas puras involucradas en el cruzamiento (8). Por lo tanto, el grado de heterosis se mide por el promedio de la superioridad de la descendencia híbrida sobre el promedio de sus padres (9).

Al cruzar dos razas se puede esperar un incremento en la proporción de loci heterocigóticos comparados con los valores dentro de cada raza. Este aumento en la heterocigosis se asocia generalmente con mayor rendimiento productivo en la siguiente generación. La heterosis se explica con teorías que postulan tanto efectos genéticos de dominancia como epistasia (24).

Sin embargo, cabe mencionar que la heterosis no ocurre en todos los cruzamientos o en todas las características de desarrollo y se debe volver a realizar en cada generación mediante los sistemas de cruzamiento (31).

Los efectos del vigor híbrido sobre las características de importancia económica en la porcicultura son variables, así pues, la heterosis mejora altamente las características reproductivas, mejora ligeramente la velocidad de crecimiento y la eficiencia alimentaria, y manifiesta efecto nulo sobre las características de la canal como: grasa dorsal, porcentaje de cortes magros y área del ojo de la chuleta (9).

Es importante subrayar que para que los objetivos del cruzamiento se cumplan en forma satisfactoria, es indispensable la selección previa de los individuos que se van a cruzar y que éstos tengan características favorables, principalmente en aquellas que se mejoran ligeramente por medio de la heterosis, como: la velocidad de crecimiento y la eficiencia alimentaria, y en las que el vigor híbrido manifiesta efecto nulo como la grasa dorsal (9).

#### 1.1.4 Razas porcinas más comúnmente utilizadas en México

En México las razas porcinas más utilizadas en la producción comercial son: Duroc, Landrace y Large White; las que a continuación describen:

La raza Duroc es originaria del noreste de Estados Unidos. Tiene pelaje rojo cuyos tonos pueden ir desde amarillo rojizo, rojo hasta café oscuro, sus orejas son medianas con las puntas ligeramente caídas hacia adelante y perfil fronto nasal casi recto. Es robusto, de estructura ósea grande. Se caracteriza por su rápido crecimiento con bajo consumo de alimento y producción de grandes masas musculares (9).

La raza Landrace es originaria de Dinamarca. Tiene pelaje color blanco. Las orejas son grandes, caídas hacia adelante, perfil recto y largo. La principal característica en la hembras de esta raza es su excelente comportamiento materno. Ocupan el primer lugar en número de lechones nacidos vivos, menos mortinatos, peso del lechón al nacimiento y mayor número de lechones destetados; la longitud de su cuerpo es mayor que cualquier otra raza. Es la mejor raza en el número de días de destete a primer servicio y presenta la pubertad dos semanas antes que otras razas (9).

La raza Large White es originaria del condado de York, Inglaterra. Se encuentra distribuida por todo el mundo. Se le conoce también como Yorkshire y es fácilmente reconocible porque tiene pelaje blanco, orejas cortas erectas y su perfil es subcóncavo. Sus principales características productivas son: elevada prolificidad y alta producción láctea (9).

#### 1.2 Justificación

Se ha demostrado de manera consistente que las características productivas pueden ser mejoradas mediante la selección y la heterosis (12), por lo que es

importante que ambos efectos sean evaluados en cada granja, ya que la precisión de una respuesta estimada depende de la exactitud de la evaluación; por lo tanto, para lograr lo anterior es muy importante compilar y analizar los datos de los cerdos bajo condiciones ambientales en México, de ahí la importancia de que las empresas porcinas que producen pie de cría, tanto en forma comercial o bien para autoreemplazo, analicen la información que obtienen de sus animales con el fin de estimar sus propios parámetros genéticos.

### 1.3 Hipótesis

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La cruce cerdos de distintas razas se utiliza para obtener vigor híbrido, éste se traduce como superioridad de la progenie cruzada con respecto a sus progenitores puros. Por lo tanto, los cerdos híbridos deberán tener mayor peso al final del periodo de prueba (154 días) con respecto a las razas puras, y por otro lado, para la grasa dorsal se espera que no exista diferencia entre los cerdos híbridos y los de raza pura debido a que la heterosis manifiesta efecto nulo sobre esta característica.

El índice de herencia o heredabilidad tiene un rango medio para las características relacionadas con la velocidad de crecimiento (30% a 40%), para las características de calidad de la canal el rango del índice se considera alto (40% a 50%). Por lo tanto, se espera que el índice de herencia sea medio para el peso ajustado a 154 días y alto para la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso en cerdos de las razas Duroc, Landrace y Large White, bajo las condiciones de producción de una granja localizada en el municipio de Pénjamo, Estado de Guanajuato, México.

### 1.4 Objetivos

A. Comparar las razas Duroc, Landrace y Large White, así como las cruza recíprocas de las razas Landrace y Large White, para las características grasa dorsal ajustada a

105 kg de peso y peso ajustado a 154 días, a partir de los registros de producción obtenidos durante 1995 y 2002.

- B. Estimar el índice de herencia para las características grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso y peso ajustado a 154 días en cerdos de las razas Duroc, Landrace y Large White, a partir de los registros de producción obtenidos durante 1995 y 2002.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## II MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Localización y características de la granja

El presente estudio se clasifica como transversal, comparativo y observacional, y se realizó en la granja "La Concepción", ubicada a 1 km de San Felipe Chilarillo, en el km 20 de la carretera La Piedad-Manuel Doblado, en el municipio de Pénjamo, Estado de Guanajuato, México. La granja esta situada a 1780 metros de altura, las coordenadas geográficas son 101° 43' 00" longitud oeste y 20° 26' 00" latitud norte. El clima de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano C(W), según la clasificación de Köppen, con una precipitación pluvial de 700 mm anuales, con una temperatura mínima de 3°C y una máxima de 38.5°C (15). (Gráfico 1)

Esta es una granja multiplicadora de hembras de reemplazo para granjas de ciclo completo de la misma empresa localizadas en la región. Tiene una capacidad de 120 hembras reproductoras alojadas en confinamiento, con sistema todo dentro y todo fuera en maternidad, destete y engorda. Cuenta con aislamiento de bobedilla en el techo en todas las áreas de la granja.

La granja tiene las siguientes áreas: a) Centro de inseminación que incluye los corrales de los sementales, laboratorio en donde se procesa el semen y la oficina; b) Servicios y gestación; c) Maternidad; d) Destete; e) Crecimiento; f) Engorda y g) Cuarentena. Además de baño, bodega de alimentos y báscula.

La lactancia dura 21 días, a ésta edad los cerdos son destetados, en el destete son alojados en corraletas de 1.5 x 1.5 m en grupos de 12 animales hasta los 25 kg; el 50% del piso de las corraletas es de cemento y el 50% restante de malla plastificada, colocada sobre una fosa con sistema de lavado por golpe de agua, el comedero es de

tolva con cuatro bocas, el bebedero es de chupón, la alimentación es manual, el sistema de alimentación es poco y frecuente y todos los animales son pesados en forma individual a los 70 días de edad.

A esa edad son trasladados al área de engorda donde son separados por sexo y alojados en corrales tipo danés con charca con capacidad máxima de 15 animales cada uno; el sistema de alimentación es manual, con comedero de tolva, a libre acceso; en cada corral hay dos bebederos de tipo chupón. Los cerdos permanecen en esas instalaciones hasta su selección a los 154 días de vida; en este momento los animales son pesados, al mismo tiempo que se les mide el espesor de la grasa dorsal. Los animales que no son seleccionados permanecen en el mismo corral hasta su venta, alrededor de los 168 días de edad; las hembras seleccionadas se trasladan al área de servicios y gestación donde permanecen hasta que alcanzan el peso programado para primer servicio. Los machos seleccionados son alojados en corrales de adaptación antes de su incorporación al centro de inseminación artificial o de ser enviados a otra granja.

A los cerdos se les suministra alimento comercial, cuya presentación es en forma de harina, este es específico para las diferentes etapas de desarrollo. El contenido nutricional del alimento en las diferentes etapas se muestra en el cuadro 1.

## 2.2 Características de la población y de la muestra de estudio

Durante el periodo en el cual se colectó la información se utilizaron como progenitores 107 sementales, de los cuales 43 fueron de la raza Duroc, 37 Landrace y 27 Large White; 352 hembras reproductoras de las cuales 81 fueron Duroc, 79 Landrace y 192 Large White, de éstos se obtuvieron 2775 registros de cerdos provenientes de 599 camadas, compilados desde 1995 hasta el año 2002, de los cuales: 698 fueron Duroc, 276 Landrace, 443 Large White, 1049 hembras Landrace-Large White y 309 hembras Large

White-Landrace para la evaluación de las características grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso y peso ajustado a 154 días de edad.

Los datos incluidos en los registros de los cerdos son: la identificación (muesca), sexo, raza, raza y número del padre y de la madre, fecha de nacimiento, fecha de destete, peso de destete, días de lactación, fecha del pesaje, la edad al pesaje en días, el peso de selección, ganancia diaria de peso (estimada) y la grasa dorsal medida con aparato de ultrasonido en la décima costilla a cuatro centímetros de la línea media.

### 2.3 Análisis estadístico

El supuesto normalidad de la muestra, se probó con el procedimiento Plot Univariate (Prob Norm) del programa de análisis estadístico SAS (33). Se asume que las observaciones son independientes, ya no existen registros repetidos en ninguna raza y ningún año, por último la homogeneidad de varianzas fue probada por la mediante la prueba de Barlett del programa de análisis estadístico SAS (33).

El análisis de la información se realizó con el método de cuadrados mínimos, utilizando el procedimiento de modelos lineales generalizados (GLM) del programa estadístico SAS (33). Las variables grasa dorsal ajustada a 105 kg y peso ajustado a 154 días se analizaron en forma preliminar utilizando modelos que incluyeron los efectos principales de: año, raza, sexo y las interacciones de primero y segundo orden entre estos factores.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_j + S_k + AR_{ij} + AS_{ik} + RS_{jk} + ARS_{ijk} + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  es la  $l$ -ésima observación. (para las variables grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso y peso ajustado a 154 días).

$\mu$  es la media general.

$A_i$  es el efecto de  $i$ -ésimo año.

$R_j$  es el efecto de la  $j$ -ésima raza.

$S_k$  es efecto del  $k$ -ésimo sexo.

$(AR_{ij}, AS_{jk}, RS_{jk})$  y  $(ARS_{ijk})$  representan efectos de interacción de primero y segundo orden respectivamente.

$e_{ijk}$  es el error aleatorio NID  $(0, \sigma^2)$ .

El peso final, además se analizó con un modelo que incluyó el peso al destete como covariable.

Finalmente, los modelos reducidos no incluyeron las interacciones ni las covariables que en los análisis preliminares no mostraron ser significativos ( $P > 0.05$ ).

Para probar los efectos genéticos directos ( $\sigma^2$ ) y maternos ( $\sigma^2$ ) de raza y la heterosis se utilizó el modelo genético descrito por Dickerson, citado por Rosas (29) en 1992.

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + 0.5(g'_i + g'_j) + g''_i + h''_j$$

Donde:

... : promedio de animales puros ( $i=j$ ) o cruzados ( $i \neq j$ ),  $i$  (raza del padre),  $j$  (raza de la madre) = 1, 2.

$\mu$  : media general

$\sigma^d, \sigma^m$  : efectos genéticos directos y maternos de raza, respectivamente con la restricción de que la suma es cero.

$h^i_{ij}$  : 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.,  $\bar{Y} \cdot - \bar{Y} \cdot$ ) son debidas a diferencias en efectos maternos ( $\sigma^d_j - \sigma^d_i$ ).

De esta manera la heterosis individual se calculó con el contraste lineal que estima la diferencia de promedios entre animales cruzados y puros, con la fórmula descrita por Van Vleck (34); el efecto genético con el que compara las crías de los machos Large White con las de los Landrace y el efecto genético materno con el contraste que compara las cruzas recíprocas.

$$\text{Heterosis}_{\text{Individual}} = \frac{LW \cdot L + L \cdot LW - LL \cdot LWLW}{2 \cdot \frac{LL \cdot LWLW}{2}}$$

Para estimar la heredabilidad se utilizó el método descrito por Rico (28) realizando una correlación intraclase entre hermanos completos que consiste en descomponer la varianza observada debida a los padres ( $\sigma_p^2$ ), otra debida a la varianza de las madres ( $\sigma_m^2$ ) y por último la varianza debida a los hijos o error ( $\sigma^2$ ). Para obtener los componentes de la varianza, se igualó el cuadrado medio a su esperanza y se obtuvo un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas. Que se resolvieron con la ayuda del procedimiento Nested del programa de análisis estadístico SAS (33)

Determinadas estas componentes de la varianza se tiene que la correlación entre hermanos completos (t), es:

$$I = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_{total}^2} = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_M^2 + \sigma^2}$$

Donde:

$\sigma_p^2$  = varianza debida al padre.

$\sigma_M^2$  = varianza debida a la madre.

$\sigma^2$  = varianza debida al hijo o error.

Y la heredabilidad de la característica es:

$$h^2 = 2t$$

Para el análisis estadístico de la heredabilidad se utilizó un modelo para factores anidados (Nested procedure) del programa de análisis estadístico SAS (33), en el cual los factores pueden ser fijos o aleatorios, el modelo lineal para un diseño anidado con tres factores aleatorios anidados es el siguiente:

$$Y_{ijk} = F_i + \mu + a_j + b_{j(i)} + c_{k(ij)}$$

Donde :

$Y_{ijk}$  es la es la k-ésima observación de hijo.

$F_i$  son los efectos fijos del año, raza, sexo, año por raza, año por sexo y año por raza por sexo.

$\mu$  es la media de la población.

$a_j$  es el efecto del factor padre.

$b_{j(i)}$  es el efecto del factor madre anidada dentro del factor padre.

$c_{k(ij)}$  es el efecto del hijo anidado en el factor madre. Se supone que los efectos  $a_j$ ,  $b_{j(i)}$  y  $c_{k(ij)}$  son aleatorios e independientes con medias 0 y varianzas

$\sigma^2$ ,  $\sigma_{m}^2$  y  $\sigma_{im}^2$  respectivamente (19).

### 2.3.1 Ajustes

El objetivo de los factores de ajuste es evitar, tanto como sea posible, los componentes ambientales de un registro de comportamiento productivo. El registro ajustado se puede usar para obtener el mejor estimador del valor genético de un individuo para alguna característica (30).

1) Para ajustar el peso individual a 154 días fue multiplicada la variable ganancia diaria de peso por 154 días que es la edad de selección de los animales en la granja (30).

Peso ajustado a 154 días = Ganancia diaria de peso \* 154 días

2) La grasa dorsal fue ajustada a 105 kg de acuerdo con el método descrito Spide (32) y citado por Flores (9), para el cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$GDA = GD \text{ medida} + [(230 - \text{Peso actual}) (GD \text{ medida} / \text{Peso actual} - 25)]$$

En donde:

- GDA es la grasa dorsal ajustada a 105 kg
- GD medida es la grasa medida en la décima costilla del animal en cuestión.
- Peso actual es el peso del animal en el momento de la medición de la grasa dorsal.
- 230 y -25 son constantes.

Cabe mencionar que esta fórmula es utilizada para ajustar la grasa dorsal a 230 libras (aproximadamente 105 kg), en dicha fórmula las mediciones utilizadas son libras

y pulgadas; para la realización de este trabajo las mediciones se tomaron en kg y cm; posteriormente se convirtieron en libras y pulgadas para poder ser utilizadas y por último el resultado obtenido en pulgadas, se convirtió nuevamente en centímetros.

### III RESULTADOS

Los resultados del análisis de varianza para la variable peso ajustado a 154 días de edad se muestran en el cuadro 2, en este se observó diferencia significativa ( $P<0.05$ ) para el factor raza y la interacción año por sexo, y para los factores año y sexo y las interacciones año por raza y año por raza por sexo (gráfico 2) ( $P<0.01$ ).

En el gráfico 3 se muestran los promedios de peso ajustado a 154 días de los cerdos de la raza Duroc a través de los años; para los cerdos de ésta raza se observó incremento en el promedio de peso ajustado a 154 días al final el período de evaluación para ambos sexos, los machos comenzaron con un promedio de peso ajustado a 154 días de 96.47 kg y las hembras con 88.08 kg (1995), al término de los años de estudio los machos obtuvieron una media de peso ajustado a 154 días de 105.14 kg y las hembras 90.10 kg (2002), los machos mostraron el menor promedio en el año 1996 (95.69 kg) y el máximo en el año 2000 (107.12 kg), en el caso de las hembras el menor promedio se presentó en el año de 1996 (87.69 kg) y el máximo en el año 2001 (98.19 kg).

En el gráfico 4 se muestran los promedios de peso ajustado a 154 días de los cerdos de la raza Landrace a través de los años; en las hembras ésta raza se observó incremento en el promedio de peso ajustado a 154 días al final el período de evaluación, mientras que los machos mostraron una disminución del mismo, éstos últimos comenzaron con un promedio de peso ajustado a 154 días de 109.04 kg y las hembras con 93.16 kg (1995), al término de los años de estudio los machos obtuvieron una media de 100.45 kg y las hembras de 96.68 kg (2001), los machos mostraron el menor promedio en el año 1996 (94.2 kg) y el máximo en el año 1999 (115.61 kg), y en el caso de las hembras el menor promedio se presentó en el año de 1996 (92.71 kg) y el máximo en el año 2000 (98.68 kg).

En el gráfico 5 se muestran los promedios de peso ajustado a 154 días de los cerdos de la raza Large White a través de los años; para los cerdos de esta raza se observó disminución en el promedio de peso ajustado a 154 días al final el periodo de evaluación para ambos sexos. Los machos comenzaron con un promedio de peso ajustado a 154 días de 106.34 kg y las hembras con 91.50 kg (1995), al término de los años de estudio los machos tuvieron una media de peso ajustado a 154 días de 100.65 kg y las hembras 89.87 kg (2002), los machos mostraron el menor promedio en el año 1999 (95.31 kg) y el máximo en el año 1995 (106.34 kg), en el caso de las hembras el menor promedio se presentó en el año de 2001 (85.6 kg) y el máximo en el año 2000 (102.08 kg).

En el gráfico 6 se muestran los promedios de peso ajustado a 154 días para las cerdas híbridas a través de los años. En ambos cruzamientos se observó disminución en el promedio de peso ajustado a 154 días al final del periodo de evaluación, las cerdas Landrace-Large White iniciaron con un promedio de peso de 99.35 kg (1995), y terminaron con una media de 83.91 kg (2001), su promedio mínimo y máximo fue 79.27 kg (1998) y 99.35 (1995) respectivamente. Las cerdas Large White-Landrace comenzaron la evaluación con un promedio de peso ajustado a 154 días de 95.93 kg (1995) y terminaron con una media de 91.82 kg (2000), su promedio más bajo fue de 83.28 kg (1998) y el más alto 95.93 kg (1995).

En el cuadro 3 se presenta el análisis de varianza para la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso, donde se observa efecto significativo ( $P < 0.01$ ) de los factores año, raza y sexo, así como de interacción simple año por raza y de la interacción doble año por raza por sexo (gráfico 7).

En el gráfico 8 se muestran los promedios de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso de la raza Duroc a través de los años, los machos de la raza Duroc iniciaron el

periodo de evaluación con un promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso de 1.23 cm (1995) y terminaron con 1.03 cm (2002), mientras que las hembras comenzaron con 1.49 cm (1995) y terminaron con 1.42 cm (2002).

En el gráfico 9 se muestran los promedios de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso de la raza Landrace a través de los años, los machos de la raza Landrace iniciaron la evaluación con un promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso de 1.11 cm (1995) y terminaron con 1.04 cm (2001), mientras que las hembras comenzaron con 1.27 cm (1995) y terminaron con 1.09 cm (2001).

En el gráfico 10 se muestran los promedios de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso de la raza Large White a través de los años, los machos de la raza Large White iniciaron el periodo con un promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso de 1.24 cm (1995) y terminaron con 0.97 cm (2002), mientras que las hembras comenzaron con 1.31 cm (1995) y terminaron con 1.03 cm (2002).

En el gráfico 11 se muestran los promedios de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso de las cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace a través de los años, en el cruzamiento Landrace-Large White se observó aumento en el promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg al final de la evaluación, éstas cerdas comenzaron con un promedio de 1.18 cm (1995) y terminaron con un promedio de 1.22 cm (2001), mientras que en el caso de las cerdas Large White-Landrace se observó una disminución en el promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg, éstas comenzaron la evaluación con un promedio de 1.17 cm (1995) de grasa dorsal ajustada a 105 kg y terminaron con una media de 1.11 cm (2000).

Los promedios de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso y de peso ajustado a 154 días de los cerdos Duroc, Landrace, Large White y de las cerdas híbridas Landrace-

Large White y Large White-Landrace durante los años de evaluación son presentados en el cuadro 4.

En el cuadro 5 se muestra el índice de herencia estimado para las características peso ajustado a 154 días y grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso por raza. La heredabilidad estimada para el peso ajustado a 154 días fue de 0.26, 0.50 y 0.45 para las razas Duroc, Landrace y Large White respectivamente; mientras que para la variable grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso, la heredabilidad estimada fue de 0.32, 0.18 y 0.53, para los cerdos de las razas Duroc, Landrace y Large White respectivamente.

## IV DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable peso ajustado a 154 días, en donde se observó efecto de los factores año, raza y sexo, y de las interacciones año por raza, año por sexo y año por raza por sexo, concuerdan con el estudio realizado por *Gibson et al* (12), en donde se observa efecto de los factores año y sexo en los días a 100 kg. De igual forma los resultados encontrados son similares a los que muestran *Choi y Lee* (3), en su estudio en donde evalúan el efecto de los factores raza y sexo en los días a 90 y 100 kg de peso.

Los resultados de los promedios de peso ajustado a 154 días por año, raza y sexo, difieren de los resultados descritos por *Kennedy et al* (17), quienes después de un período de 17 años de selección lograron disminuir la edad a 100 kg de peso, en las razas Duroc, Landrace, Yorkshire y Hampshire. Así mismo, también difieren de lo reportado por *Gibson et al* (12), quienes mencionan que después de un período de seis años de selección se logró disminuir el número de días para alcanzar los 100 kg de peso en las razas Duroc y Hampshire. Añadiendo a esto, *Cliplef y McKay* (4), también lograron incrementar la velocidad de crecimiento (días a 90 kg de peso vivo) en cerdos para abasto de las razas Yorkshire y Hampshire seleccionados durante ocho generaciones. El hecho de que la velocidad de crecimiento (peso ajustado a 154 días) no sea mejorada a través de los años, puede estar en función del estado sanitario de la granja en cuestión, debido a que la presentación de problemas infecciosos incide sobre la velocidad de crecimiento y por lo tanto en la media de peso de cada año.

En el caso de las cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace los resultados encontrados muestran una disminución en el promedio de peso ajustado a 154 días en ambos cruzamientos durante los años de evaluación, esto difiere de lo

reportado por *Liu et al* (21).., quienes mencionan una disminución en los días para alcanzar los 90 kg de peso en ambos cruzamientos.

El análisis de varianza para la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso, muestra efecto significativo de los factores año, raza y sexo, y de las interacciones año por raza y año por raza por sexo. Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por *Gibson et al* (12).., en donde se observa efecto de los factores año y sexo en la grasa dorsal ajustada a 100 kg peso. Mientras que *Mu et al* (36).., encontraron efecto significativo de los factores raza y sexo, y de la interacción raza por sexo para la grasa dorsal. Sin embargo, en el estudio realizado por *de Haer y de Vries* (5), se reporta efecto significativo de la raza y de la interacción raza por sexo, pero no del factor sexo, para la grasa dorsal al final del periodo de prueba.

En el caso del promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso por año, raza y sexo, los resultados concuerdan con los reportados por *Kennedy et al* (17).., que ajustaron la grasa dorsal a 100 kg de peso, ellos mencionan que después de un periodo de 17 años de selección se logró una disminución en la grasa dorsal ajustada a 100 kg de peso, en cerdos de las razas Duroc, Landrace, Yorkshire y Hampshire. Así mismo estos resultados, también son similares a los reportados por *Gibson et al* (12).., quienes después de seis años de selección lograron una reducción en la cantidad de grasa dorsal a los 100 kg de peso, en cerdos de las razas Duroc y Hampshire. De igual forma coinciden con lo reportado por *Cliplef y McKay* (4), quienes reportan una disminución en la grasa dorsal en cerdos Yorkshire y Hampshire destinados al abasto (90 kg de peso).

Por otro lado, al evaluar la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso en las cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace, los resultados muestran que en el cruzamiento Landrace-Large White se observó un aumento en el promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg al final de la evaluación, mientras que en el caso de las cerdas

Large White-Landrace hubo una disminución en el promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg, lo cual difiere de lo reportado por *Liu et al* (21).., quienes no encontraron diferencias en los dos cruzamientos ajustando la grasa dorsal a 100 kg de peso. Por último los promedios de grasa dorsal ajustada a 105 kg en ambos cruzamientos, son inferiores al promedio reportado por *Kim et al* (18).., para cerdas Yorkshire-Landrace (2.76 cm) con un ajuste de la grasa dorsal a 110 kg de peso, lo que puede ser atribuido a las líneas genéticas bajo estudio y al manejo realizado a través de los años.

En el caso de los resultados de la heredabilidad estimada para el peso ajustado a 154 días, los índices obtenidos son superiores a los reportados por *Li y Kennedy* (20), quienes ajustaron los días a 100 kg, en cerdos de las razas Landrace y Yorkshire, pero en el caso de la raza Duroc se obtuvo el mismo índice de herencia (0.26), aunque este último es inferior al reportado por *Gibson et al* (12).., (0.40) en el que de igual forma ajustaron los días a 100 kg de peso.

En el caso de la heredabilidad estimada para la grasa dorsal ajustada a 105 kg, los índices de herencia obtenidos son inferiores a los resultados reportados por *Li y Kennedy* (20), quienes ajustaron la grasa dorsal a 100 kg de peso, a excepción de la raza Large White en cuyo caso particular son similares (0.53 y 0.51). Sin embargo, *Johnson* (16) en su investigación obtuvo un índice de herencia de 0.24 para cerdos de raza Large White.

**V CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones de la granja se puede concluir que la raza Duroc es la única que logró incrementar la velocidad de crecimiento (peso ajustado a 154 días), mientras que las razas Landrace y Large White mostraron una disminución de la misma al final de la evaluación. Esto puede ser atribuido a la presencia de agentes infecciosos en la granja que causan retraso en el crecimiento.

En el caso de la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso, se observó una reducción a través de los años de estudio mediante la selección, en donde, la raza que presentó mayor respuesta a la misma fue la Large White.

En el caso de las cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace, las características bajo estudio no fueron mejoradas por la heterosis, ésto se demuestra en ambos cruzamientos, ya que se observan promedios menores para el peso ajustado a 154 días con respecto a las razas puras, en el caso de la grasa dorsal ajustada a 105 kg de igual forma las cerdas híbridas tuvieron promedios superiores a los cerdos Landrace y Large White.

En lo referente a la heredabilidad de la grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso, ésta es baja para las razas Duroc y Landrace, lo cual podría implicar efectos de dominancia y epistasia, así como de factores ambientales como el consumo de alimento y la presencia de agentes infecciosos.

## VI LITERATURA CITADA

1. Briquet JR. Melhoramiento genético animal. Biblioteca agronómica melhoramentos. ed Universidade de Sao Paulo: 1967.
2. Cameron ND, Curran MK, Thompson R. Estimation of sire with regime interaction in pigs. Anim Prod. 1988; 46: 87-95.
3. Choi CS, Lee JG. Investigation of breed, sex and environmental factors of swine economic traits from on-farm test records. J Anim Sci and Technol (Abstract). 2001; 43:4 431-444.
4. Cliplef RL, McKay RM. Carcass quality characteristics of swine selected for reduced backfat thickness and increased growth rate. Can J Anim Sci. 1993; 73: 483-494.
5. de Haer LC, de Vries AG. Effects of genotype and sex on the feed intake pattern of group housed growing pigs. Livestock Prod Sci 1993; 36: 223-232.
6. Ensminger ME, Parker RO. Swine science. 6<sup>ta</sup> ed. Illinois: Interstate publishers, 1997.
7. English RP, Fowler RV, Baxter S, Smith JW. Crecimiento y finalización del cerdo. ed México, DF: El Manual moderno, 1992.
8. Falconer DS. Introduction to Quantitative Genetics. ed Edinburg: Oliver and Boyd. 1983.
9. Flores CJ, Contreras HM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mejoramiento genético del cerdo, México: Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia, UNAM. 1997.
10. Fukawa K, Sugiyama T, Kusuhara S, Kudoh O, Kameyama K. Model selection and genetic parameter estimation for performance traits, body measurement traits and leg score traits in a closed population of Duroc pigs. Anim Sci J 2001; 97: 97-106.
11. Gallardo NJ, Galarza MJ. Situación y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2002. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Dirección General de Ganadería. México 2002. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>

12. Gibson JP, Quinton MV, Simeadrea R. Responses to selection for growth and backfat in closed nucleus herds of Hampshire and Duroc pigs. *Can J Anim Sci* 2001; 81: 17-23.
13. Hamwell KL, Laforest JP, Dufour J. Evaluation of the growth performance and characteristics of commercial pigs produced in Quebec. *Can J Anim Sci* 1993; 73: 495-508.
14. <http://www.fao.org/WALCENT/FAOINFO/ECONOMIC/ESS/es/index.htm>. Organización para las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Departamento económico y social. La Dirección de estadística. 2002.
15. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: Anuario estadístico del estado de Guanajuato. México (DF). INEGI: 2001.
16. Johnson ZB, Chewing JJ, Nurgent RA. Genetic parameters for production traits and measures of residual feed intake in Large White swine. *J Anim Sci* 1999; 77: 1679-1685
17. Kennedy BW, Quinton VM, Smith C. Genetics changes in Canadian performance-tested pigs for fat depth and growth rate. *Can J Anim Sci* 1996; 76: 41-48.
18. Kim MH, Park JW, Jung YC, Park YI. Comparison of different crosses for certain production and carcass traits in pigs. *K J of Anim Sci*. 1992; 34:132-139.
19. Kuehl OR. Diseños factoriales modelos aleatorios y mixtos. En: Kuehl OR editor. Diseños experimentales, Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. México, DF: Thompson Learning, 2001: 232-262.
20. Li X, Kennedy BW. Genetics parameters for growth rate and backfat in Canadian Yorkshire, Landrace, Duroc and Hampshire pigs. *J Anim Sci* 1994; 72: 1450-1454.
21. Liu CT, Chang SC. Performance test on growth of Landrace X Yorkshire crossbreed gilts. *J Chin Soc Ani Sci* 1993; 22:259-270.
22. Martínez GR. Mejoramiento genético del cerdo. En: Castro MI editor. Examen general de calidad profesional para medicina veterinaria y zootecnia. Material de estudio: Área porcinos. México: Jaiser. 1999: 53-71.

23. Mathur PK. Recording and improvement of conformation traits. CIP Magazine. Can swine breed assoc 2002; 56.
24. Montaldo VH. La mejora genética de animales hoy ¿abriendo la caja de Pandora o la cueva de Ali Babá?. Imagen veterinaria. 2001; 1:32-38.
25. Nicholas FW. Introducción a la genética veterinaria. ed Zaragoza: Acribia, 1996.
26. Pérez ER. Porcicultura y Medio Ambiente. Memorias II Seminario y Reciclaje de Residuales Porcinos. 1997 Octubre 22-25. Querétaro. (Qro). México. México (DF), Consejo Mexicano de la Porcicultura. Instituto de Investigaciones Económicas. Universidad Nacional Autónoma de México; 1997:10-12.
27. Pérez ER. Porcicultura intensiva en México, Octubre-Diciembre. 1999. Organización para las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. [www.fao.docrep./x17t/x1700t03.htm](http://www.fao.docrep./x17t/x1700t03.htm)
28. Rico GM. Genética estadística. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, 1965.
29. Rosas GM. Comportamiento productivo de cerdas Yorkshire y Landrace con camadas puras y cruzadas (tesis de maestría). México, DF: UNAM, 1992.
30. Rosas GM. Mejoramiento animal genética cerdos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Sistema de Universidad Abierta. UNAM. México: 1999.
31. See T. Commercial producers role in genetic improvement. Commercial edge. 2002; 8: 24-26.
32. Spide PL, Rothschild MF, Wundor W. Genética aplicada. Iowa State University. USA. 1981.
33. SAS.. SAS/STAT User guide. 4 ed. SAS Inst. Inc: Cary NC, 1990.
34. Van Vleck LD, Pollak EJ, Branford EA. Genetics for the Animal sciences. ed New York: W.H. Freeman and Company. 1987.
35. Whittenore C. Ciencia y practica de la producción porcina. ed Zaragoza: Acribia, 1993.

36. Wu SC, Chang HL, Liu CT. Evaluation of performance: 1. Breed, sex and test effects on live traits at the South-Central Test Station. J Taiwan Livestock Res (Abstract). 1996; 29: 201-212.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

**CUADROS**

Cuadro 1. Porcentaje del contenido de nutrimentos y periodo durante el cual se suministra el alimento en las diferentes etapas de crecimiento.

Etapas	Porcentaje de nutrimento					
	PC %	Grasa %	Fibra %	Ceniza %	Hem. %	E.L.N %
Fase 1 4-8 kg	21	8	2	8	9	52
Fase 2 8-15 kg	20	7.5	2.5	8	10	52
Fase 3 15-30 kg	19	6.5	3	8	11	52.5
Crecimiento 30-55 kg	19	6.5	3	6	12	53.5
Desarrollo 55-75 kg	18	5	3	6	12	56
Engorda 75-90 kg	16	4	11	8	9	52
Finalización 90 kg a mercado	14	4	3.5	6	12	60.5

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro 2. Análisis de varianza de peso ajustado a 154 días.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados de peso ajustado a 154 días
Año	6	7775.44**
Raza	4	2573.68*
Sexo	1	14287.17**
Año*Raza	20	12909.75**
Año*Sexo	6	3106.70*
Año*Raza*Sexo	18	9308.68**
Error	2718	393723.23
Total	2773	564194.04

\*\*P < 0.01  
\* P < 0.05

Cuadro 3. Análisis de varianza de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados de grasa dorsal ajustada a 105 kg
Año	6	1.40**
Raza	4	3.45**
Sexo	1	1.87**
Año*Raza	20	4.67**
Año*Raza*Sexo	24	3.47**
Error	2718	93.75
Total	2773	122.05

\*\*P &lt; 0.01

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

Cuadro 4. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso y peso ajustado a 154 días de cerdos Duroc, Landrace, Large White y cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace.

Año	Sexo	N	Variable	Duroc	Landrace	Large White	L-LW	LW-L
1995	Machos	111	GD	1.23	1.11	1.24	-	-
			P 154	96.47	109.04	106.34	-	-
			P 154	1.49	1.27	1.31	1.18	1.17
1996	Hembras	318	GD	88.08	93.16	91.50	99.35	95.93
			P 154	1.22	1.17	0.98	-	-
			P 154	95.69	94.20	100.44	-	-
1998	Machos	76	GD	1.34	1.20	1.11	1.12	1.05
			P 154	87.69	92.71	88.95	94.95	94.67
			P 154	1.23	1.07	1.01	-	-
1999	Hembras	228	GD	98.12	103.56	92.93	-	-
			P 154	1.30	1.07	1.13	1.18	1.25
			P 154	92.68	93.91	91.06	79.27	83.28
2000	Machos	301	GD	1.28	1.06	1.02	-	-
			P 154	105.92	115.61	95.31	-	-
			P 154	1.34	1.17	1.03	1.26	1.19
2001	Hembras	385	GD	96.80	97.62	91.06	80.28	84.14
			P 154	1.12	1.04	0.91	-	-
			P 154	107.12	98.72	103.70	-	-
2002	Machos	62	GD	1.26	1.14	0.96	1.13	1.11
			P 154	96.94	94.75	102.08	91.61	91.82
			P 154	1.22	1.04	0.98	-	-
2001	Hembras	171	GD	100.38	100.45	95.83	-	-
			P 154	1.28	1.09	1.16	1.22	-
			P 154	98.19	96.68	85.60	83.91	-
2002	Machos	12	GD	1.03	-	0.97	-	-
			P 154	105.14	-	100.65	-	-
			P 154	1.42	-	1.03	-	-
2002	Hembras	43	GD	90.10	-	89.87	-	-
			P 154	-	-	-	-	-

GD = Grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso  
 P 154 = Peso ajustado a 154 días  
 L-LW = Landrace-Large White  
 LW-L = Large White-Landrace

Cuadro 5. Índice de herencia para las características peso ajustado a 154 días y grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso en las razas Duroc, Landrace y Large White.

Raza	Peso ajustado a 154 días	Grasa dorsal ajustada a 105 kg de peso
	$h^2$	$h^2$
Duroc	0.26 ( $\pm$ 0.013)	0.33 ( $\pm$ 0.014)
Landrace	0.50 ( $\pm$ 0.022)	0.18 ( $\pm$ 0.034)
Large White	0.45 ( $\pm$ 0.026)	0.53 ( $\pm$ 0.028)

Dentro de los paréntesis se indica la desviación estándar de la heredabilidad.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

**GRÁFICOS**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

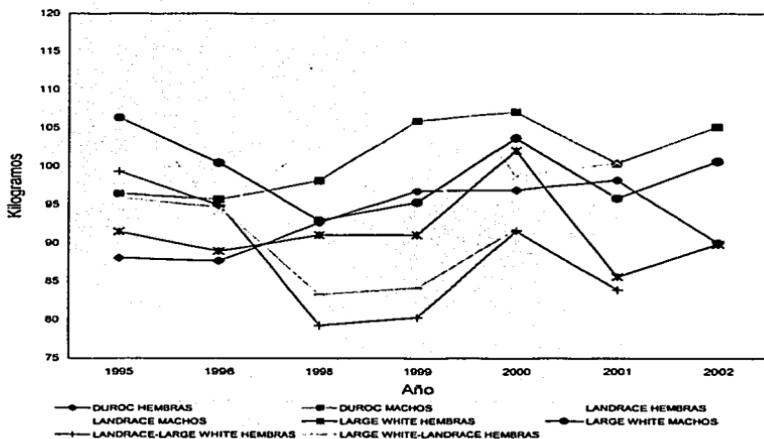


Gráfico 2. Promedio de peso ajustado a 154 días por año, raza y sexo.

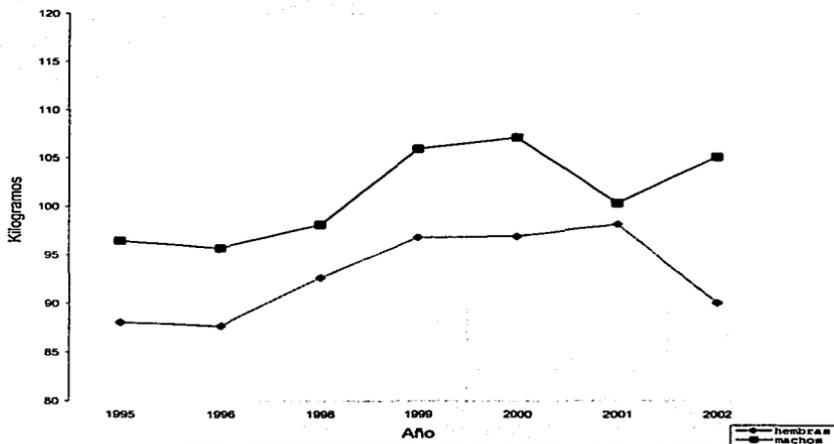
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Gráfico 3. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdos Duroc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

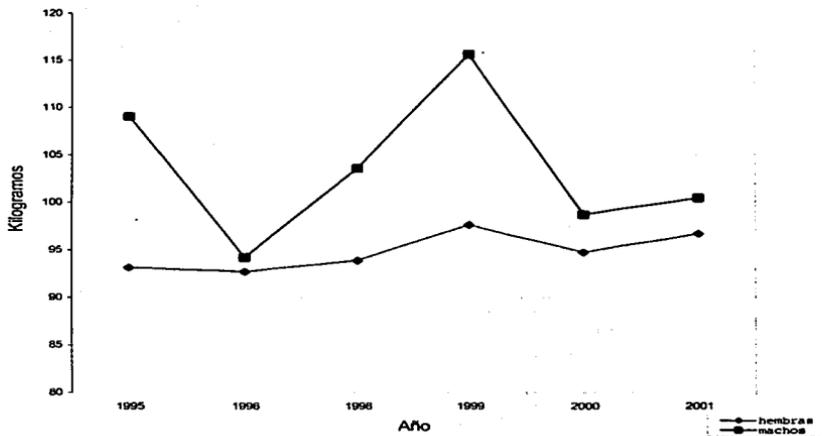


Gráfico 4. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdos Landrace.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Gráfico 5. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdos Large White.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

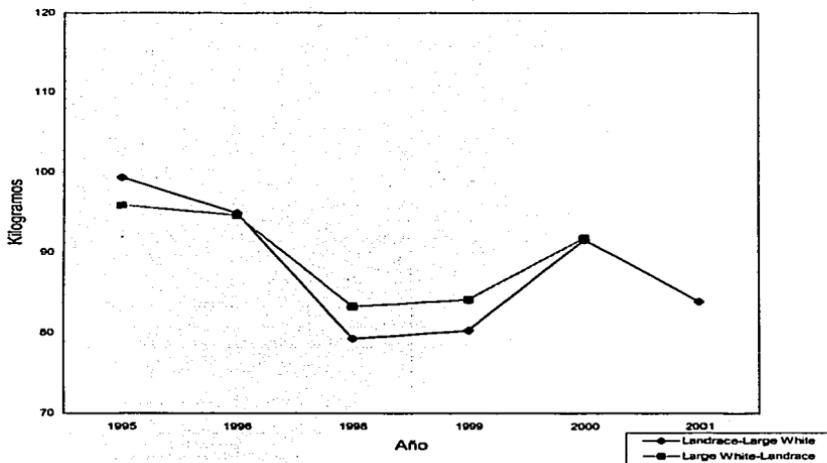


Gráfico 6. Promedio de peso ajustado a 154 días para cerdas Landrace-Large White y Large White-Landrace.

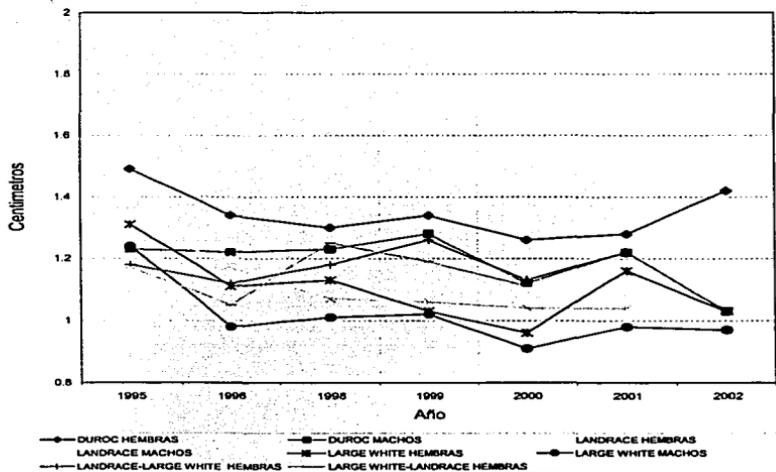


Gráfico 7. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg por año, raza y sexo.

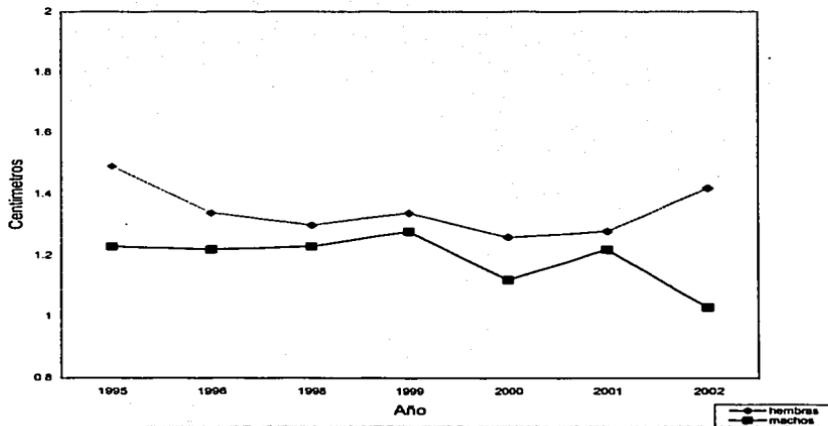
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Gráfico 8. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg para cerdos Duroc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

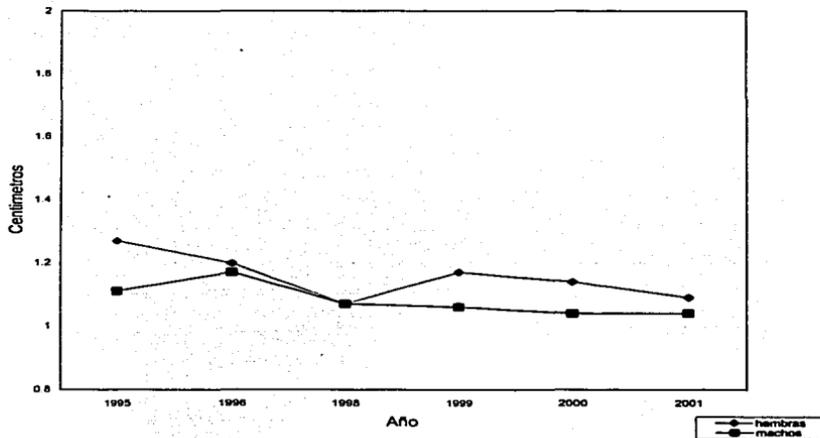


Gráfico 9. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg para cerdos Landrace.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

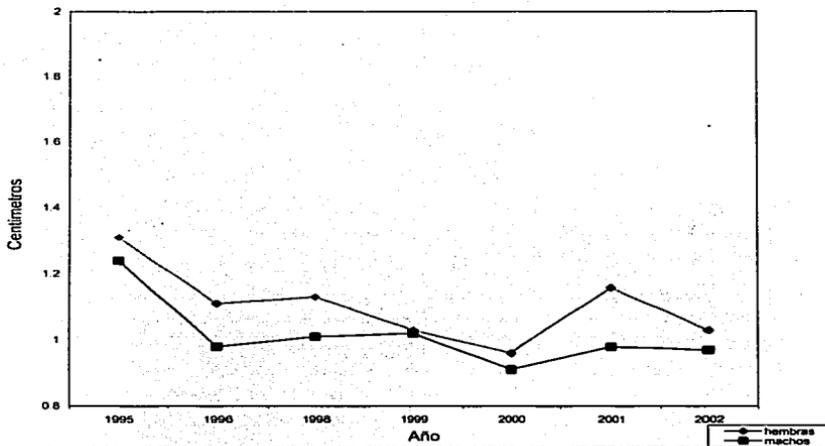


Gráfico 10. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg para cerdos Large White.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

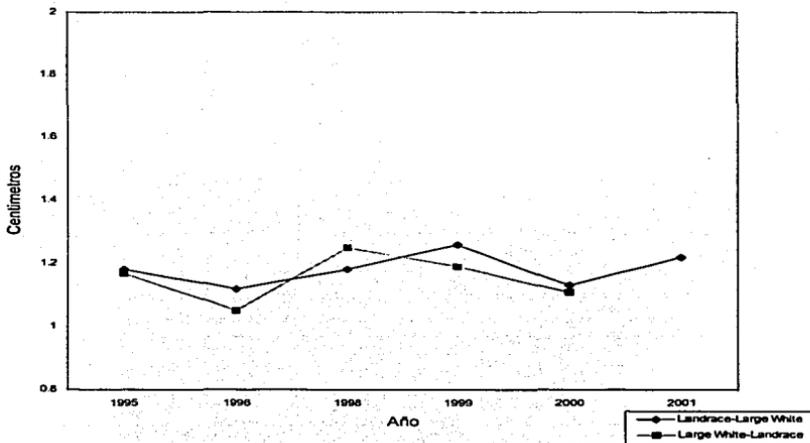


Gráfico 11. Promedio de grasa dorsal ajustada a 105 kg para cerdas Landrace-Large White v Large White-Landrace.