

01673 3
205-



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**ANALISIS GENETICO DEL COCIENTE PRODUCCION DE
LECHE/PERIMETRO TORACICO COMO INDICADOR DE
LA EFICIENCIA EN BOVINOS HOLSTEIN FRIESIAN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL: GENETICA**

**PRESENTADA POR
HECTOR CASTILLO JUAREZ**

**ANTE LA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



**ASESORES:
MVZ EEA MPA RICARDO NAVARRO FIERRO
MVZ MEdC RAUL ULLOA ARVIZU**



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.

INDICE

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
Justificación.....	4
Objetivos.....	5
Hipótesis.....	6
REVISION DE LITERATURA.....	7
MATERIAL Y METODOS.....	25
RESULTADOS.....	34
DISCUSION.....	35
CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA.....	47
APENDICE.....	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
I.1 Correlaciones entre producción de leche y talla corporal	58
I.2 Correlaciones entre eficiencia lechera y talla corporal	59
I.3 Correlaciones entre eficiencia lechera y producción de leche.....	60
R.1A Estadística descriptiva de las variables estudiadas por número de parto	61
R.1B Estadística descriptiva de las variables estudiadas por número de parto	62
R.1C Estadística descriptiva de las variables estudiadas por parto	63
R.2 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado	64
R.3 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto	64
R.4 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre el número de parto	65
R.5 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado	65
R.6 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre la edad al parto	66
R.7 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre el número de parto	66
R.8 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días en las vacas de primer parto sobre el perímetro torácico ajustado	67
R.9 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días en las vacas de segundo parto sobre el perímetro torácico ajustado	67
R.10 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días en las vacas de tercer parto sobre el perímetro torácico ajustado	67
R.11 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días en las vacas de cuarto parto sobre el perímetro torácico ajustado	68

R.12 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días en las vacas de quinto o ulterior parto sobre el perímetro torácico ajustado	68
R.13 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado en las vacas de primer parto	68
R.14 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado en las vacas de segundo parto	69
R.15 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado en las vacas de tercer parto	69
R.16 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado en las vacas de cuarto parto	69
R.17 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ELA ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado en las vacas de quinto o ulterior parto	70
R.18 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de primer parto	70
R.19 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de primer parto	71
R.20 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de segundo parto	71
R.21 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de segundo parto	72
R.22 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de tercer parto	72
R.23 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de tercer parto	73

R.24 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de cuarto parto	73
R.25 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de cuarto parto	74
R.26 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de quinto o ulterior parto	74
R.27 Regresiones parciales de la producción a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de quinto o ulterior parto	75
R.28 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de primer parto	75
R.29 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de primer parto	76
R.30 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de segundo parto	76
R.31 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de segundo parto	77
R.32 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de tercer parto	77
R.33 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de tercer parto	78
R.34 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de cuarto parto	78

R.35 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de cuarto parto	79
R.36 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye los componentes lineal y cuadrático en las vacas de quinto o ulterior parto	79
R.37 Regresiones parciales de ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre la edad al parto del modelo que incluye sólo el componente lineal en las vacas de quinto o ulterior parto	80
R.38 Heredabilidad estimada de las características estudiadas	80
R.39 Correlaciones fenotípicas y genéticas de perímetro torácico ajustado con producción de leche y ELA a 90, 180, 305 y ajustada a 305 días	81
R.40 Correlaciones fenotípicas entre producción de leche y ELA a 90, 180, 305 y ajustada a 305 días	82
R.41 Correlaciones genéticas entre producción de leche y ELA a 90, 180 y ajustada a 305 días	82
R.42 Correlaciones fenotípicas entre producción de leche a 90, 180, 305 y ajustada a 305 días	83
R.43 Correlaciones genéticas entre producción de leche a 90, 180 y ajustada a 305 días	83
R.44 Correlaciones fenotípicas entre ELA a 90, 180, 305 y ajustada a 305 días	84
R.45 Correlaciones genéticas entre ELA a 90, 180 y ajustada a 305 días	84
R.46 Perímetro torácico ajustado, producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro y eficiencia lechera ajustada a 305 días por número de parto para los grupos seleccionados en el 10 por ciento superior por eficiencia (Ef) producción (Pr) ambas características (Am) y no seleccionados (No)	85
R.47 Perímetro torácico ajustado, producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro y eficiencia lechera ajustada a 305 días por número de parto para los grupos seleccionados en el 20 por ciento superior por eficiencia (Ef) producción (Pr) ambas características (Am) y no seleccionados (No)	86

R.47 Perímetro torácico ajustado, producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro y eficiencia lechera ajustada a 305 días por número de parto para los grupos seleccionados en el 20 por ciento superior por eficiencia (Ef) producción (Pr) ambas características (Am) y no seleccionados (No)	86
R.48 Perímetro torácico ajustado, producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro y eficiencia lechera ajustada a 305 días por número de parto para los grupos seleccionados en el 50 por ciento superior por eficiencia (Ef) producción (Pr) ambas características (Am) y no seleccionados (No)	87
R.49 Perímetro torácico ajustado, producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro y eficiencia lechera ajustada a 305 días por número de parto para los grupos seleccionados en el 10 por ciento inferior por ineficiencia (In) improducción (Im) ambas características (Am) y no seleccionados (No)	88
R.50 Perímetro torácico ajustado, producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro y eficiencia lechera ajustada a 305 días por número de parto para los grupos seleccionados en el 20 por ciento inferior por ineficiencia (In) improducción (Im) ambas características (Am) y no seleccionados (No)	89
R.51 Perímetro torácico ajustado, producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro y eficiencia lechera ajustada a 305 días por número de parto para los grupos seleccionados en el 50 por ciento inferior por ineficiencia (In) improducción (Im) ambas características (Am) y no seleccionados (No)	90
R.52 Intervalos de confianza al 95% de las medias de PTA, PRLA, ELAAJ y PEM de los grupos seleccionados por eficiencia o ineficiencia (Ef o In) producción o improducción (Pr o Im) sólo eficiencia o ineficiencia (Sef o Sin) sólo producción o improducción (Spr o Sim) ambos criterios (Am) y ninguno (NNo) para los percentiles 10 superior e inferior en las vacas de primer parto	91
R.53 Intervalos de confianza al 95% de las medias de PTA, PRLA, ELAAJ y PEM de los grupos seleccionados por eficiencia o ineficiencia (Ef o In) producción o improducción (Pr o Im) sólo eficiencia o ineficiencia (Sef o Sin) sólo producción o improducción (Spr o Sim) ambos criterios (Am) y ninguno (No) para los percentiles 10 superior e inferior en las vacas en general	92

RESUMEN

CASTILLO JUAREZ, HECTOR. Análisis genético del cociente producción de leche/perímetro torácico como indicador de la eficiencia en bovinos Holstein-Friesian (bajo la dirección del MPA Ricardo Navarro Fierro y el MC Raúl Ulloa Arvizu).

El objetivo fue estudiar la heredabilidad del cociente producción de leche/perímetro torácico ajustado (PL/PTA) considerándolo un indicador de la eficiencia productiva lechera aproximada (ELA) en diversas etapas de la lactancia (90, 180, 305 días, ajustada 305 días y ajustada a 305 días y equivalente maduro, como ELA90, ELA180, ELA305, ELAAJ y ELAEM, respectivamente) con perímetro torácico constante al momento del parto (PTA) así como determinar el impacto sobre el tamaño corporal medido como PTA y sobre la producción de leche (PL) derivado de considerar tal cociente en los programas de selección para ganado Holstein Friesian. Se estimaron las heredabilidades del valor de PL acumulado para esas mismas etapas (P90, P180, P305, PRLA, respectivamente) y de la ajustada a 305 días y equivalente maduro (PEM) así como del PTA a partir del empleo de modelos lineales de efectos mixtos y de su solución por el método de máxima verosimilitud restringida (MVR). La heredabilidad para PRLA, PEM, ELAAJ, ELAEM y PTA fue de 0.19 ± 0.100 , 0.27 ± 0.108 , 0.28 ± 0.109 , 0.64 ± 0.138 y 0.25 ± 0.105 , respectivamente. Se estimaron además las correlaciones fenotípicas y genéticas entre las características señaladas por medio de MVR, excepto entre PTA con el resto de las características, estas últimas se estimaron a partir de un modelo aleatorio y por medio de mínimos cuadrados utilizando Henderson I. Sobresalen las correlaciones fenotípicas y genéticas entre PTA y PRLA (0.17 ± 0.035 y 0.27 ± 0.397) entre PTA y ELAAJ (-0.11 ± 0.035 y -0.50 ± 0.029) y entre PRLA y ELAAJ (0.96 ± 0.035 y 0.67 ± 0.196) y entre PEM y ELAAJ (0.94 ± 0.036 y 0.86 ± 0.100). Se estimaron también las regresiones parciales de producción y de ELA a los 90, 180 y 305 días sobre el perímetro torácico ajustado, edad y número de parto. La contribución fue equivalente y pequeña, y los modelos que consideraron a la edad y al número de parto, incluyeron tanto un efecto lineal como cuadrático, a diferencia del que consideró a PTA en el que sólo se incluyó el efecto lineal. Sobresale la regresión estimada de PRLA sobre PTA en 21.8 Kg/cm (equivalente a 278.8 Kg/100 Kg de peso vivo) para las vacas en general y de 15.6 Kg/cm (equivalente a 200.1 Kg/100 Kg de peso vivo) para las vacas de primer parto. El valor máximo para PRLA y para ELAAJ fue a los 83.3 y 67.4 meses de edad al parto y a los 5.3 y 4.3 partos, respectivamente. Por otra parte y en virtud del gran traslape existente entre las vacas seleccionadas por uno u otro criterio, no se aprecian diferencias significativas entre los valores de PTA, PEM ni ELAAJ de las mismas, excepto en los valores de PTA para las vacas de primer parto al seleccionar sobre la base de ELAAJ en donde se observaron valores inferiores, equivalentes a 20.0 Kg de peso vivo menos. Dada la correlación genética negativa entre ELAAJ y PTA la selección para eficiencia produciría una ligera disminución del PTA. Finalmente, por ser ELAAJ una medida indirecta de la eficiencia muy simple y fácil de obtener, se concluye que su inclusión en los programas de selección del ganado Holstein-Friesian presenta ventajas teóricas en la eficiencia, que aunque pequeñas, pudieran repercutir favorablemente en la economía de la empresa dedicada a la producción de leche.

ANALISIS GENETICO DEL COCIENTE PRODUCCION DE LECHE/PERIMETRO TORACICO COMO INDICADOR DE LA EFICIENCIA EN BOVINOS HOLSTEIN FRIESIAN

INTRODUCCION

Una pregunta que ha sido planteada reiteradamente por investigadores y ganaderos es hasta que punto la producción de leche y la eficiencia lechera dependen del tamaño corporal y de la conformación de la vaca. Se reconoce que el tema de la talla o tamaño de la vaca y su relación con la eficiencia, continuará siendo controversial hasta que sea abordado interdisciplinariamente (Johansson, 1964; Morris y Wilton, 1976). Desafortunadamente, la investigación reciente sobre este tópico no es muy abundante (Wood, 1979; Wood y col., 1980; Fisher y col., 1981 y 1983; Lin y col., 1981 y 1985; Miller y col., 1983; Badinga, 1985; Sieber, 1988; Buttazzoni y Mao, 1989; y Oldham y col., 1991). De cualquier modo, hay consenso acerca de que el peso o tamaño corporal debe estudiarse desde un punto de vista dinámico (Moe y col., 1971; Moe, 1981; National Research Council, 1990).

Aún cuando la talla o tamaño corporal ha recibido considerable atención en la mayoría de las calificaciones para tipo (Trimberger, 1977) pocos investigadores han indagado sobre las relaciones genéticas entre talla y producción (Mason y col., 1957; Clark y Touchberry, 1962; Freeman, 1967) a diferencia de la relación entre producción y tipo (Bar-Anan y col., 1983). En algunas investigaciones sobre la relación entre peso corporal y producción de leche, el peso se estimó a partir de algunas medidas zoométricas, usualmente el perímetro torácico (Farthing y Legates, 1958; McDaniel y Legates, 1963 y 1965; Miller y McGilliard, 1959; Breitenstein y Nöring, 1960) o bien además de evaluar al peso corporal se consideró al perímetro torácico y la alzada como indicadores del tamaño corporal (Hickman y Bowden, 1971).

La eficiencia se define en términos de una operación efectiva como medida de comparación de la producción con respecto a costo en energía, tiempo, dinero, etc. (Harris, 1970). Otros autores han discutido sobre el concepto de la eficiencia biológica y económica. Para Dickerson (1970) la eficiencia total se mide por el cociente de los costos totales con la producción animal total. La definición más aceptada de eficiencia es el cociente de rendimiento a suministro (r/s) aunque coloquialmente se utiliza su inverso con frecuencia. Ha sido común definir a la eficiencia lechera como la producción de leche entre el consumo de alimento (Morris y Wilton, 1976; Buttazzoni y Mao, 1989). Brody (1945) propuso que para propósitos comparativos la eficiencia lechera debía expresarse como $LCG/P^{0.75}$ a lo que denominó mérito lechero, donde LCG es la leche corregida para grasa (4%) y $P^{0.75}$ es el peso metabólico. Con esta idea en mente muchos autores han considerado que el cociente de la producción de leche y el perímetro torácico (Bereskin y Touchberry, 1966; Elackmore y col., 1958b; Branton y Stone, 1957; Clark y Touchberry, 1962; Erb y Ashworth, 1961; Gaines, 1931; Harville y Henderson, 1964; Lin y col., 1981; Mason y col., 1957; McDaniel y Legates, 1965; Morris y Wilton, 1976) o el cociente de la producción de leche y el cuadrado del perímetro torácico o el de la producción y la alzada (Wallace, 1956) puede contemplarse como una aproximación

a la medida de la eficiencia productiva. Obviando el hecho de que a mayor tamaño, mayor biomasa y a su vez, mayor necesidad de consumo de energía, con lo que para producciones diferentes y pesos equivalentes o para producciones equivalentes y distintos pesos es claro que se tienen eficiencias diferentes.

En la práctica, ha sido posible comprobar una elevada correlación positiva entre tal tipo de mediciones (Mason y col., 1957). Esta eficiencia de transformación de la energía para producción de leche está íntimamente asociada con la capacidad metabólica para convertir la energía del alimento en energía de leche según describió Gaines (1928). A pesar de lo simple y antiguo de este concepto, su aplicación práctica no ha sido del todo factible (Erb y Ashworth, 1961). Esto se debe, en gran medida, a que la selección del ganado lechero se enfatiza en la producción de leche, lo que ha llevado a un consistente progreso genético para producción láctea total, ignorando la eficiencia del proceso (Powell y col., 1977; Miller y col., 1983; Buttazzoni y Mao, 1989).

En este orden de ideas, Hooven y col. (1968) encontraron que la asociación genética entre peso y producción era positiva, pero negativa entre peso y eficiencia, y comentan que sería deseable usar un índice de selección con atención positiva a producción y negativa al peso. Hickman y Bowden (1971) dada la relación entre eficiencia de utilización de alimento y el potencial productivo, consideran adecuado el uso de la alzada o del perímetro torácico. Buttazzoni y Mao (1989) encontraron una correlación genética entre producción de leche con eficiencia neta para cambio en el peso corporal de -0.32 y de 0.17 entre eficiencia de energía neta de cambio en el peso corporal y la eficiencia de energía neta de producción de leche, y estimaron un índice de herencia de 0.32 a 0.49 para la eficiencia de energía neta para producción de leche, pero el tipo de mediciones realizadas hacen poco práctica su aplicación a gran escala.

Tomando en cuenta la importancia de la eficiencia lechera, ha sido pobre el esfuerzo realizado para estudiar sus aspectos genéticos. De cualquier manera, si se llegan a realizar aplicaciones genéticas dirigidas a la eficiencia *per se* sobre una población determinada, la medida deberá ser tan simple como sea posible (Mason y col., 1957; Freeman, 1967).

JUSTIFICACION

La búsqueda de un indicador simple e indirecto de la eficiencia productiva lechera que permita su aplicación en el proceso de selección del ganado lechero es una tarea que no debe postergarse.

La limitación de recursos en los establos mexicanos, el control sobre el precio de la leche, y el continuo incremento de precio en los insumos para la alimentación del ganado lechero, les obliga a ser más eficientes. Por tal razón, y en virtud de que la disminución de los costos marginales de producción por concepto de alimentación se logra al aumentar la eficiencia productiva, resulta muy importante todo tipo de investigación dirigida a incrementarla.

Si la eficiencia productiva lechera depende del tamaño corporal o es altamente heredable, los criterios de selección del ganado lechero deberán modificarse.

OBJETIVOS

GENERAL:

Estudiar la heredabilidad del cociente producción de leche/perímetro torácico, considerado un indicador de la eficiencia productiva lechera aproximada (ELA) así como determinar el impacto sobre el tamaño corporal medido como el perímetro torácico ajustado, derivado de considerar tal cociente como principal criterio en los programas de selección para ganado Holstein Friesian.

ESPECIFICOS:

1) Estimar las regresiones parciales de producción y de ELA a los 90, 180 y 305 días sobre el perímetro torácico ajustado, sobre edad y sobre número de parto, determinando si existe un nivel óptimo de ELA.

2) Estimar la heredabilidad de la característica ELA y producción de leche a los 90, 180 y 305 días de la lactancia, así como del perímetro torácico ajustado.

3) Estimar las correlaciones fenotípicas y genéticas existentes entre el perímetro torácico ajustado al parto, con producción de leche y con el valor de ELA a los 90, 180 y 305 días.

4) Estimar la diferencia entre el perímetro torácico ajustado y la producción de leche promedios en los animales seleccionados mediante el valor de ELA con la de los animales seleccionados sobre la base de considerar exclusivamente la producción de leche.

HIPOTESIS

1) La influencia del perímetro torácico ajustado sobre la producción y sobre ELA, es mayor que la de la edad al parto y el número de parto.

2) El valor de ELA se asocia negativamente al perímetro torácico.

3) El valor de ELA es inferior en vacas de primer y segundo parto ya que la tasa de crecimiento es mayor que la de producción en estos animales por no haber alcanzado su madurez fisiológica.

4) La heredabilidad de la característica ELA a los 90, 180 y 305 días es mayor de 0.20, lo que permite esperar ventajas al incorporarla a los programas de selección.

5) La heredabilidad de la característica ELA desciende menos abruptamente a través de la lactancia que la de producción de leche.

6) Las correlaciones fenotípicas y genéticas existentes entre el perímetro torácico ajustado y producción de leche a los 90, 180 y 305 días disminuyen al avanzar la lactancia en mayor medida que al considerar el perímetro torácico ajustado y el valor de ELA.

7) El perímetro torácico ajustado promedio en los animales seleccionados considerando el criterio de ELA es menor que el de los animales seleccionados sobre la base de tomar en cuenta exclusivamente la producción de leche.

8) La producción de leche en los animales seleccionados sobre la base de considerar exclusivamente la producción, es mayor que en los seleccionados sobre el criterio del valor de ELA.

9) La selección para eficiencia da como resultado una disminución del tamaño corporal de las vacas medido a partir del PTA así como del nivel de producción láctea.

REVISIÓN DE LITERATURA

Con el objeto de facilitar la presentación de los antecedentes de la relación entre el tamaño de la vaca y la eficiencia biológica de la producción de leche y basados en la estructura de análisis propuesta por Morris y Wilton (1976) se describirá la revisión de literatura en los temas siguientes:

- a) Heredabilidad del tamaño corporal y la interrelación de diferentes medidas
- b) Peso corporal y producción de leche.
- c) Peso corporal y producción de leche por unidad de talla o tamaño.
- d) Mediciones esqueléticas y producción de leche.
- e) Efectos de la tasa de madurez sobre el peso corporal y la producción de leche.
- f) Cambio en el peso corporal y producción de leche.
- g) Efectos de los niveles de alimentación sobre el peso corporal y la producción de leche.

a) Heredabilidad del tamaño corporal y la interrelación de diferentes medidas.

La heredabilidad para alzada a la cruz se ha estimado en valores que van desde 0.45 hasta 0.86 con un promedio de 0.64, la de profundidad de torax (o de pecho) en valores de 0.36 a 0.80 con un promedio de 0.65, el perímetro torácico de 0.28 a 0.66 y un promedio de 0.44, el ancho de la cadera de 0.47 a 0.50 con un promedio de 0.49, el perímetro abdominal de 0.27 a 0.41 con un promedio de 0.34, el largo corporal de 0.58 a 0.63 y un promedio de 0.61 y el peso corporal de 0.37 a 0.53 y un promedio de 0.42. No hay estudios recientes a este respecto. Los resultados son consistentes en mostrar que la alzada es más heredable que el perímetro torácico y que la mayoría de las otras medidas, si bien esto puede ser más bien producto de la variación en esta biomedida en término del momento de medición. El peso y las medidas corporales son todas indicadoras del tamaño corporal y puede, consecuentemente, esperarse que existan entre ellas correlaciones más o menos altas (Joahansson, 1964). El perímetro abdominal tiene una baja correlación con alzada y largo corporal, pero una alta correlación con perímetro torácico, Mason y col. (1957) encontraron que la correlación fenotípica entre perímetro torácico y peso corporal fue de 0.85 y la correlación genética de 0.74, mientras que entre alzada y peso resultó de sólo 0.47 y 0.34, respectivamente. Wright (1918 y 1932) introdujo la idea de factores de crecimiento específicos, de grupo y generales como los responsables de la conformación o tamaño último de un animal. Touchberry (1951) por su parte, encontró que los factores generales del tamaño eran responsables de la mayor parte de la variación en cuatro medidas corporales: alzada, profundidad de torax (pecho) amplitud de torax (pecho) y perímetro torácico, pero también presentó evidencia para dos clases de factores de grupo, uno que afectaba el desarrollo esquelético (alzada, profundidad de torax, largo corporal) y peso vivo y el otro que afectaba el perímetro torácico, el perímetro abdominal y el peso a los que llamó "caracteres de carne". En adición, los factores de tamaño específicos parecían afectar el perímetro abdominal y la

longitud corporal en particular, y en alguna forma también la profundidad de torax y la alzada. Weber (1957) estimó la heredabilidad general (factores generales) del tamaño corporal en 0.52. Por su parte, Hickman y Bowden, (1971) estimaron la heredabilidad del perímetro torácico en 0.66, la del peso corporal al parto en 0.22 y la de producción de leche (LCG) en 0.63 para vacas de primer parto en ganado Holstein.

Blackmore y col. (1958a y 1958b) encontraron en su análisis de las correlaciones entre diferentes caracteres del mismo individuo a edades diferentes que las correlaciones fenotípicas disminuían al aumentar la edad de los 6 meses a los 2 años, mientras que las correlaciones genéticas aumentaban, y las correlaciones que involucraban un carácter esquelético y otro de carne (condición corporal) cambiaban más que las correlaciones que involucraban dos caracteres esqueléticos o dos caracteres de carne. Todas las heredabilidades aumentaron con la edad, lo que revela una menor influencia de los factores ambientales al aumentar la edad, que podrían estar confundiendo con efectos del desecho y otras prácticas del manejo en los hatos lecheros. El efecto de los factores generales es más evidente en el crecimiento temprano, mientras que el crecimiento tardío muestra un mayor efecto de grupo y de factores específicos. La correlación fenotípica entre perímetro torácico y perímetro abdominal estimada por Touchberry (1951) fue 0.61 y la genética 0.79, mientras las correlaciones fenotípica y genética de perímetro torácico con peso vivo las estimó en 0.81 y 0.88, respectivamente. Por su parte, Weber (1957) estimó la correlación fenotípica de perímetro torácico con peso vivo en 0.63 y la genética en 0.45.

Por otro lado, la heredabilidad de la leche y grasa producida por período lactacional de 305 días ha sido estimada por varios autores (Joahansson, 1964) entre valores que van del 0.25 al 0.35, un tanto más alta para la primera que para la segunda lactancia debido a un aumento en la variabilidad no genética, al aumentar el número de parto. La correlación genética entre producción a 180 días y producción a 305 días es de 0.70 a 0.90 (Clark y Touchberry, 1962).

b) Peso corporal y producción de leche.

El peso vivo, perímetro torácico y alzada son los criterios de tamaño corporal más comúnmente utilizados en los estudios de la relación entre la talla y la producción de leche. Las características de producción se refieren usualmente a lactancias de 305 días, y especialmente en norteamérica, la producción actual es corregida a una base de equivalente maduro (EM) (Joahansson, 1964, y Morris y Wilton, 1976) si bien es cierto que algunos autores han manejado además la relación en términos de la producción a 90 días (McDaniel y Legates, 1965) y 180 días, considerando que estas producciones se influncian menos por efectos ambientales que la lactación completa (Clark y Touchberry, 1962; Hickman, 1957 y 1960; O'Connor y Stewart, 1958). Con esta idea, Clark y Touchberry (1962) estimaron la correlación genética entre producción a 180 y producción a 305 días entre 0.70 y 0.90. Gaines (1940) señaló que la energía de la leche producida es representativa del trabajo realizado por la vaca lactante, y que la LCG con 4% de grasa debería, por ende, ser usada cuando se comparan animales con respecto a su eficiencia como productores de leche. La producción de leche es ligeramente inferior

como base de comparación, pero aceptable; la correlación entre producción de leche y producción de grasa por período lactacional es cercana a 0.90 (Gaines, 1940).

En uno de los trabajos pioneros a este respecto, Gowen (1920) encontró, en vacas Holstein, que la regresión de la producción de leche sobre la edad no fue lineal, sino logarítmica. Consideró que el incremento en la producción de leche conforme avanza la edad depende principalmente del incremento en el tamaño de la glándula mamaria causado por un incremento en el crecimiento. Obtuvo, además, correlaciones (a edad constante) entre los registros de leche de 7 días y medidas del tamaño tomadas en la misma lactancia: peso vivo, 0.425; alzada, 0.224; perímetro torácico, 0.250; y largo corporal, 0.364. Turner (1929 y 1930) estimó en vacas Guernsey la correlación entre peso vivo y grnsa lactacional producida, a edad constante, en 0.249, y la correlación en vacas Jersey del peso vivo y la producción corregida para edad en 0.114. Desafortunadamente, una fuente sería de error en estas investigaciones, así como en muchas otras, es que las diferencias de hato y la tendencia del tiempo sobre la producción y el peso vivo no fueron eliminados. De hecho se debe reconocer que las vacas bien alimentadas son más pesadas y producen más leche que las vacas en un plano nutricional bajo. Más adelante, Gaines (1942) en una sobresimplificación del problema menciona que las vacas al avanzar desde el primer parto hasta la madurez dan más leche no porque se hagan más viejas, sino porque se hacen más grandes. El mismo Gaines y col. (1940) encontraron que la influencia del peso sobre la producción, independiente de la edad, era importante, no así la de la edad sobre la producción independiente del peso. Igualmente, Branton y Stone (1957) a través del uso de análisis de correlación parcial encontraron que el nivel de producción de leche estuvo mucho más altamente correlacionado con peso corporal que con la edad en vacas Holstein Friesian. En contraste, Farthing (1958) y Farthing y Legates (1958) encontraron que la utilización de la edad del animal fue más eficaz que el peso en la interpretación de la variación de la producción total.

Touchbery (1951) correlacionó mediciones a los tres años de edad con el registro de producción que comenzó lo más cercano al tercer año de edad de la vaca. Debido a que los registros de producción fueron corregidos para edad, lo fueron también para la elevación en la producción que sigue al aumento de peso con la edad. Las correlaciones fenotípicas entre leche corregida para edad y grasa producidas con peso y mediciones corporales fueron bajas y no significativas. Las correlaciones genéticas no fueron significativas.

En la investigación ya citada de Blackmore y col. (1958b) se estudió la relación entre peso corporal y algunas mediciones en vaquillas a tres diferentes edades (6, 12 y 24 meses) y la producción promedio corregida para edad para todas las lactancias de los animales. Las correlaciones cruzadas entre la producción de las madres y las mediciones en las hijas fueron consistentemente superiores que las correlaciones recíprocas entre las mediciones de las madres y la producción de las hijas, quizás debido a algún efecto materno. Ninguna de las correlaciones difiere significativamente de cero, y lo mismo ocurre con las correlaciones genéticas. Las correlaciones correspondientes de la producción con profundidad de torax, perímetro torácico, perímetro abdominal y largo corporal fueron negativas; para peso corporal los coeficientes fueron cercanos a cero. El comentario de los autores es que si las correlaciones genéticas obtenidas proveen una imagen verdadera de la situación, el resultado general de la selección para producción

de leche resultaría en una reducción del perímetro torácico relativo a las medidas esqueléticas y peso.

Davis y col. (1943) mostraron que la correlación entre peso corporal y producción de leche disminuye continuamente a medida que el pesaje de las vacas avanza desde el inicio hacia el final del período lactacional. La correlación fue de 0.41 cuando las vacas se pesaron dentro del primer mes posparto, pero sólo de 0.22 para el peso vivo a los 8 meses después del parto. Este estudio revela que la dinámica del peso corporal durante el proceso lactacional y gestacional ejerce una influencia notable en el análisis de la asociación del tamaño y pesos corporales y las variables relativas a la producción láctea.

Johansson (1954) realizó un estudio de la correlación entre peso corporal después del parto y la producción de grasa en la lactación siguiente (250 días) utilizando 738 vacas, manejando constante la edad al parto. La correlación fenotípica entre peso y producción se estimó en 0.197. Sin embargo, es difícil evaluar correlaciones entre peso corporal y producción de leche a menos que la edad y etapas lactacionales de las vacas estén claramente definidas.

Mason y col. (1957) realizaron un estudio con mayor claridad metodológica de la relación entre tamaño corporal y producción de leche de las vacas, utilizando la producción de leche durante el período de prueba completo y encontraron que la correlación entre peso inicial y producción de leche fue de 0.19 y de 0.25 y de -0.16 y -0.02 entre perímetro torácico y producción de leche dentro de grupos de progenie y entre grupos de progenie (principalmente genética) respectivamente. Los autores apuntan que con esta evidencia, la selección exclusivamente para producción de leche produciría una vaca más alta o grande con menos carne y una tendencia a convertir la carne en leche durante la lactancia.

Se ha demostrado ya (Gowen, 1920; Clark y Touchberry, 1962; Syrstad, 1966; Dickinson y col., 1969) que la relación entre producción de leche y edad es curvilínea cuando esta relación se deriva sobre la base de ignorar las diferencias entre número de lactancia. Cuando se incluyen vacas de primer a cuarto parto el efecto puede considerarse casi lineal, dado que la declinación es posterior (Clark y Touchberry, 1962). Además es posible que existan diferencias entre la primera y las siguientes lactancias, que no son causadas por las diferencias de edad y peso pero se confunden parcialmente con las mismas. Para Clark y Touchberry (1962) la cuestión del peso corporal en el ganado lechero demanda una cuidadosa consideración. Mencionan que los estudios de varios autores han llevado a concluir que la producción de leche y el retorno sobre los costos de alimentación y manejo son superiores para las vacas grandes. Las pequeñas son más eficientes (LCG/PV) considerando sólo las vacas que permanecen en el hato posdesecho (situación que ocasiona seguramente un sesgo en la interpretación de la relación del tamaño corporal con producción). Esto es debido, probablemente, a que el desecho se hace, según estos autores, usualmente sobre la base de producción y la vaca pequeña debe producir casi tanta leche como la grande independientemente de su talla o será desechada. Desechar sobre la base del equivalente maduro únicamente, puede haber conducido a una injusticia aún mayor para las vacas pequeñas. Esto es especialmente cierto si la correlación genética entre peso y producción es negativa y de considerable magnitud. En este estudio pudo observarse que el aumento en la producción asociado con el aumento en peso compensa, por mucho, el costo en el incremento en alimentación

requerido. Los autores apuntan la necesidad de realizar más estudios acerca de la relación entre el peso corporal y la producción de leche.

Hoooven y col. (1968) usando 661 lactaciones de 318 vacas representando a 17 sementales estimaron correlaciones genéticas de producción con peso corporal (0.30) de eficiencia con peso corporal (-0.12) y de eficiencia con producción (0.95) utilizando datos ajustados para edad, y de producción con peso corporal (0.30) de eficiencia con peso corporal (-0.17) y de eficiencia con producción (0.86) utilizando solamente vacas de primer parto; pudieron observar además la máxima eficiencia para un peso cercano a los 540 kg para vacas de primer parto, y notaron que la eficiencia mejora de la primera lactancia a la madurez, pero en menor medida que la producción.

Utilizando regresiones intrahato del peso corporal sobre la edad en vacas Holstein de primer parto Harville y Henderson (1966) encontraron correlaciones genéticas del peso corporal ajustado a edad con los valores no corregidos de la producción láctea a equivalente maduro (EM) de 0.45, producción de grasa a EM de 0.35 y porcentaje de grasa de -0.28. La correlación fenotípica entre la producción láctea a EM y el peso corporal ajustado fue de 0.17 en las vacas Holstein, 0.08 en Guernseys y de 0.12 en Jerseys, e igual que Miller y McGilliard (1959) mencionan que el porcentaje de la variación intrahato atribuible al ajuste simultáneo de edad y peso a la producción de leche de las vacas Holstein fue pequeña (8.39%). Señalan además que aumentar la talla corporal no implica únicamente mayores costos de mantenimiento por vaca, sino un ingreso mayor por la venta de la carne de las vacas desechadas y de sus crías machos, un aspecto de importancia que ha sido mencionado también en la producción de carne por Klosterman (1972), Holmes (1973) Wilton y col. (1974) y Long y col. (1975), aunque dicho ingreso sea, en este caso, más bien pequeño.

Para Jobansson (1964) muchas de las relaciones entre eficiencia lechera o egreso lechero y talla corporal publicadas han sido distorsionadas por covarianzas ambientales o han empleado comparaciones con criterios injustos. Cuando se consideran los requerimientos de energía para mantenimiento y lactación en vacas lecheras este autor pudo establecer que las vacas grandes deben producir más leche que las pequeñas para ser igualmente eficientes en términos energéticos. Sugirió, por ejemplo, que para ser igualmente eficientes que vacas de 600 Kg de peso produciendo 15 Kg de LCG/día, las vacas de 400 y 800 Kg de peso vivo deberían producir 11.3 y 18.4 Kg de LCG/día, respectivamente. Datos similares fueron presentados gráficamente por Holmes (1973).

Para llevar a cabo un análisis de la relación entre el tamaño corporal y la producción de leche debe considerarse:

- 1) La regresión de la producción de leche durante la primera lactancia sobre la edad al parto y peso corporal es distintivamente curvilínea. Después de una cierta edad y peso, diferente para individuos y razas diferentes no hay un aumento más en producción al aumentar la edad al parto, sino más bien una ligera disminución (Miller y McGilliard, 1959). Esto fue mostrado por primera vez por Johansson y Hansson (1940) y confirmada por Hofmeyr (1956). La explicación ofrecida fue que se necesitan de 3 a 4 gestaciones para desarrollar la máxima capacidad secretora de la ubre, lo que fue verificado experimentalmente por Wada y Turner (1959) a partir de la determinación del contenido de ADN de la glándula mamaria durante gestaciones sucesivas, pero esto se demuestra

en ratones de laboratorio. Más aún, se observó que cuando el segundo becerro es parido a una edad temprana, la producción de leche durante la siguiente lactancia es considerablemente inferior que la producción de las primizas comenzando su lactancia a la misma edad, situación que parece deberse a que cuando la segunda lactancia inicia temprano en la vida de la vaca, el intervalo entre partos y el periodo seco precedentes son muy cortos y tales vacas quedan en una baja condición al momento del parto. Consecuentemente, la capacidad de producción de la vaca no puede establecerse como una función de la edad y el peso solamente. El orden de la lactación debe considerarse también. Cuando la producción lactacional está ajustada para edad (y peso) con factores de corrección convencionales, no son consideradas estas importantes diferencias entre partos, y los resultados obtenidos en un análisis de la relación entre tamaño corporal y producción de leche dará una visión distorsionada de la situación real. Clark y Touchberry (1962) propusieron una corrección de la leche producida a edad y peso constantes de las vacas para cada lactancia separadamente, y como un segundo paso, todas las lactancias podrían entonces ser ajustadas a una base común. De cualquier modo, con relación a la primera lactancia, comentan tales autores, no puede suponerse que las regresiones (parciales) de la leche o grasa producida sobre la edad y peso al parto sean rectilíneas.

2) Debido a que existe una pronunciada correlación negativa (dentro de lactancias) entre el aumento en el peso corporal durante los primeros 6 a 10 meses de la lactancia y la producción de leche durante el mismo periodo, el peso corporal debería determinarse durante la primera semana posparto para evitar esta fuente de error. Si las vacas se pesan después de varios meses de la lactancia, esto contribuye a una correlación negativa entre peso y producción de leche (Davis y col., 1943) y si se usan las mediciones lineales, dará una falsa visión de la intensidad de la correlación entre las diversas medidas y la producción de leche, especialmente cuando las llamadas "mediciones de carne" como el perímetro torácico se comparan con mediciones esqueléticas tales como la alzada a la cruz. Las vacas grandes y pequeñas pueden ser comparadas con justicia solamente bajo el mismo nivel nutricional, por ejemplo cuando todas se alimentan de acuerdo a sus requerimientos. Un plano nutricional bajo general favorecería probablemente a las vacas pequeñas (Joahansson, 1964).

3) La mayoría de las investigaciones de la relación entre tamaño corporal y producción lactacional se han realizado en vacas jóvenes o en vacas de edad variada (Joahansson, 1964; Morris y Wilton, 1976). Aquí, la tasa de crecimiento puede influenciar el resultado más que el tamaño corporal de los animales maduros (Baker y col., 1945; Branton y col., 1961; Fisher y col., 1981; Hickman y Bowden, 1971). Cuando se utilizan mediciones lineales debe recordarse que la conformación de los cambios corporales cambia al aumentar la edad; la alzada alcanza su máximo antes que el perímetro torácico o la amplitud pélvica. Para nuevos proyectos sería de gran interés estudiar una muestra de datos razonablemente grande para vacas que hayan alcanzado 5 o 6 años de edad y completado al menos 3 lactancias (Joahansson, 1964). Dado que el tamaño corporal está relacionado con el potencial productivo y la eficiencia de la utilización del alimento, Hickman y Bowden, (1971) estiman adecuado el uso de la alzada o del perímetro torácico.

c) Peso corporal y producción de leche por unidad de talla o tamaño.

En una investigación realizada por Johansson (1954) de la correlación existente entre el peso corporal posparto y la producción de grasa de la leche en la lactación siguiente a 250 días, con edad al parto manejada constante, encontró la correlación fenotípica entre peso y producción en 0.197 con una regresión de 0.14 Kg de grasa por cada kilogramo de cambio en el peso vivo. Pudo observar, además, que el aumento en el peso durante la primera lactancia estuvo negativamente correlacionado con la producción de leche a 250 días. Por cada 10 Kg de aumento en el peso corporal a partir del parto hacia el final de la prueba (cerca de 10 meses después) la producción de grasa disminuyó 2.67 Kg. Las mejores vacas lecheras perdieron peso, o ganaron muy poco, durante el curso de la lactancia, mientras que las vacas malas tuvieron una pronunciada ganancia en peso.

Farthing y Legates (1958) estudiando la relación entre peso corporal y producción de leche en Holstein y Jerseys, encontraron que en las Holstein un aumento de 16 kilogramos en la producción de leche corregida para grasa (LCG) se asoció con un aumento promedio de 100 kilogramos en peso vivo.

Clark y Touchberry (1962) discutieron los efectos del peso corporal y la edad al parto sobre la producción en el ganado Holstein y encontraron regresiones parciales de las producciones de leche y grasa a 180 días sobre el peso corporal a edad constante en vaquillas de primera lactación de 134 Kg de leche y 7.8 Kg de grasa por cada 100 Kg de peso corporal. Debido a que la edad estuvo relacionada con el peso, los valores obtenidos al ignorar el número de lactancia y la edad fueron mayores: 400 Kg de leche y 14.4 Kg de grasa por cada 100 Kg de peso corporal. Encontraron que el peso está algo más cercanamente relacionado con la producción que la edad misma, excepto en la primera lactancia, donde la contribución a la variación es equivalente, y es que los coeficientes de regresión parciales estándares indican que el peso corporal y la edad al parto cuentan para aproximadamente partes iguales de la variación en la producción en primera lactancia, mientras que en las lactaciones posteriores el peso parece tener una mayor influencia que la edad. Mencionan que las condiciones ambientales que conducen a tamaño grande contribuyen además a altos niveles de producción, así pues, las vacas grandes pueden dar más leche no sólo porque son grandes, sino debido a que son mantenidas bajo mejores condiciones de manejo que las pequeñas. Aunque las correlaciones fenotípicas fueron positivas, las correlaciones genéticas fueron negativas. Utilizando la información dentro de hato y combinando las primeras cuatro lactancias estimaron correlaciones genéticas de -0.12 y -0.23 para peso corporal con producción de leche y grasa respectivamente. En el trabajo de estos autores el peso del animal se obtuvo en una sola medición tomada dentro de las 24 horas después del parto, y solamente un grupo se consideró con el promedio de tres mediciones tomadas los tres días consecutivos al parto. La leche se midió diariamente y la grasa de la leche mensualmente. Estimaron la heredabilidad para peso corporal en la primera lactancia de 0.29 y, al considerar de la primera a la cuarta lactancias disminuyó a 0.19. Los registros de producción no se ajustaron para efectos ambientales tales como edad, peso o estación de parición. Ellos concluyen que gran parte de la variación en producción está asociada tanto con el peso como con la edad, y aunque desde un punto de vista biológico es preferible corregir para peso, según los autores, en términos de trabajo e inversión de

capital, expresar la producción corregida/peso (LCG/PV) es menos adecuada que corregir para edad. En este contexto, Lush y Shrode (1958) señalan que el propósito de los factores de corrección es remover las diferencias fenotípicas que ocurren en virtud de que las condiciones ambientales no son uniformes, y apuntan que los factores para edad tienden a favorecer a los sementales jóvenes madurados tempranamente.

Considerando interrelaciones entre producción de leche, talla y eficiencia lechera en la raza Danesa Roja, Mason y col. (1957) encontraron correlaciones genéticas de 0.02 entre producción de leche y peso de la vaca en marzo, y de -0.07 entre producción de leche y peso de la vaca a edad constante. En adición a una relación positiva esperada de peso y alzada, las correlaciones genéticas fueron de 0.31 y 0.26 para producción de leche con alzada y con alzada corregida para edad, respectivamente. Utilizando LCG por unidad estándar de alimento ingerido como criterio de eficiencia lechera, hubo una correlación genética de 0.91 entre eficiencia lechera y producción a una alzada constante. Dado que el coeficiente de variación para producción de leche es mayor que el de alimento ingerido, la mayor parte de la varianza en eficiencia es debida a la varianza en la producción láctea. Concluyeron que la selección de un grupo de cruzamiento para el cociente de producción/alzada estaría cercano a ser el "mejor" índice para eficiencia lechera, aunque la selección para producción en sí misma sería sólo marginalmente menos exacta. Encontraron, además, una correlación genética de -0.33 entre eficiencia lechera y alzada a producción constante.

En datos de 957 vacas Holstein y 195 Jerseys con lactancias de 8 meses registradas como LCG/P (donde P representa el peso corporal al principio de la lactancia) Gaines y col. (1940) no encontraron el efecto de edad significativo. Las correlaciones de LCG/P con peso fueron de -0.12 en Holsteins y de -0.09 en Jerseys, indicando que el valor de LCG aumenta con el peso, pero a una tasa declinante a pesos superiores, si bien debe tenerse cuidado al hacer comparaciones entre razas. Hubiera sido interesante ver el uso del cociente $LCG/P^{0.75}$. Sobre la base de los datos de todas las lactancias establecieron que el peso vivo inicial en cada lactancia (peso posparto) debería formar parte de todos los registros lecheros tan rápidamente como sea factible, y el valor de LCG/P o un principio similar debería sustituir al, según los autores, equivocado principio biológico de la corrección para edad, aunque -desde un punto de vista práctico- ha sido simple corregir para edad al parto, en donde la edad queda usualmente confundida con el peso. Estos autores encontraron además que su tasa era independiente de la gordura de las vacas al parto. Por su parte, Dinkel y col. (1965) cuestionaron el uso de las tasas o cocientes para correcciones de peso donde el intercepto no está en el cero, o donde la relación no es lineal. La segunda condición es violada en estos datos lecheros del estudio de Gaines.

Finalmente, Harville y Henderson (1966) encontraron en vacas Holstein de primer parto, considerando pesos y edades simultáneamente, regresiones fenotípicas parciales de la producción a EM sobre peso a edad constante y edad a peso constante de leche de 342 Kg/100 Kg y 30.5 Kg/mes, respectivamente.

d) Mediciones esqueléticas y producción de leche.

Breitenstein y Nöring (1960) estimaron la correlación entre perímetro torácico y producción en 0.13, mientras que otro estudio de Nöring (1962) la estimó en sólo 0.08, además, en este último se estimó la correlación de peso vivo con producción en 0.07. Estos estudios se realizaron en animales de más de cinco años de edad. Sus coeficientes de correlación pueden no estar enteramente libres de efectos ambientales pero son interesantes porque se refieren a vacas maduras donde no se corrige por edad.

Heidhues y col. (1961) estudiaron varias mediciones corporales internas y externas, así como la producción de leche y calcularon la que denominaron capacidad corporal, multiplicando el promedio de las áreas de las secciones cruzadas del torax y abdomen por la longitud corporal de la cruz a las ancas. Las correlaciones más altas obtenidas fueron para alzada (0.35) y profundidad de abdomen (0.36). La correlación entre capacidad corporal y grasa de la leche producida fue de 0.28. Se concluyó que como una ayuda para predecir la producción, la medición de las áreas de la sección cruzada del tórax y el abdomen no ofrecen ninguna ventaja sobre las mediciones externas que son más fácilmente obtenibles, y que la asociación entre mediciones externas y producción, no parece resultar de la interrelación con el tamaño de los órganos internos.

Un estudio elaborado por Freeman y Roache (1961) presenta las correlaciones múltiples de medidas esqueléticas con producción de leche para 450 pares de vacas madres-hijas, y encontraron valores de 0.11 y 0.21 para producción de leche a 2 años con medidas corporales al año y dos años de edad, respectivamente. Johansson (1964) concluyó que las correlaciones entre producción de leche y medidas corporales lineales en general fueron pequeñas y usualmente no significativas, no obstante, dicha conclusión debería interpretarse con cautela. Es posible que los tamaños de muestras en algunos de los estudios que reporta su revisión sean insuficientes, dados los conocidos altos coeficientes de variación (particularmente para producción de leche). Johansson discute estos problemas y concluye que la regresión de producción de leche en la primera lactancia sobre edad o peso corporal es distintivamente curvilineal, y que debería tomarse más en cuenta la condición corporal; que existe una correlación negativa entre el cambio en peso corporal dentro de una lactancia y producción de leche; que la etapa para tomar los pesos durante la lactancia es importante; y que la mayoría de las relaciones son calculadas ya sea en la primera lactancia (vaquillas) o sobre vacas de un amplio rango de edades, y en cada caso el crecimiento corporal podría estar influenciando el valor estimado de la relación.

El problema de predecir la habilidad de producción futura a partir de mediciones corporales de vaquillas ha interesado a varios investigadores. Un trabajo de Martin y col. (1961) reportado por Joahansson (1964) estudió la relación de 5 diferentes mediciones tomadas a los 6 y 12 meses de edad y 3 meses después del parto, con la leche y grasa corregidas para edad de vacas Holstein, encontrando las correlaciones dentro de hato y año más bien bajas cuando las mediciones se tomaron después del primer parto así como cuando se tomaron a los 6 y 12 meses de edad. Freeman y Roache (1961) obtuvieron resultados similares en datos provenientes de ganado Holstein.

Con esa misma idea, Wilk y col. (1963) hicieron mediciones en Holstein y Jerseys a los 3, 6, 12, y 18 meses de edad así como a los tres meses después del parto.

La producción de leche para la primera lactancia se ajustó a 305 días y equivalente maduro. Las correlaciones madre-hija se calcularon intrahato e intrasemental y las correlaciones intracriase se calcularon dentro de hatos y año. Las correlaciones fenotípicas entre mediciones corporales a varias edades y producción de leche fueron todas muy pequeñas y no significativas, y la mayoría de las correlaciones genéticas no fueron significativas. Los autores concluyen que las correlaciones obtenidas no mostraron indicaciones de un antagonismo genético entre medidas del tamaño corporal y producción de leche, y que la correlación genética entre producción de leche y medidas del tamaño corporal seguía, para ese entonces, sin resolverse satisfactoriamente, comentario que se ajusta en gran medida a la situación actual. De cualquier modo, parece existir una correlación genética positiva entre peso corporal y reudimiento lechero, lo que pone, desde luego, en desventaja a las vacas pequeñas que deben ser mucho muy eficientes para permanecer en el hato (Clark y Touchberry, 1962; Gaines, 1942). El hecho de que se hayan obtenido correlaciones fenotípicas altas en la mayoría de las primeras investigaciones (Gowen, 1925, y Turner 1929) aparentemente se debe a que no fueron eliminadas las diferencias ambientales entre hatos y años. En investigaciones más recientes tales errores han sido evitados, pero el número de animales disponible ha sido usualmente muy pequeño, como para obtener resultados significativos. Este es el caso especialmente cuando han sido estimadas las correlaciones genéticas.

Por su parte, Miller y McGilliard (1959) estimando el peso vivo a partir del perímetro torácico tomado dentro de los primeros 30 días posparto en vacas de primer parto, encontraron regresiones parciales intrahato de cerca de 200 Kg de leche por cada 100 Kg de peso corporal, y cerca de 34 Kg de leche por cada mes de edad al primer parto, pero sólo el 2% de la varianza intrahato en producción de leche estuvo asociada con peso corporal. Debido a las influencias de manejo, causantes de correlaciones positivas grandes entre promedios de hatos para el peso de la vaca y producción de leche, las regresiones parciales fueron mayores cuando se ignoró el efecto de hato. Dentro de hatos, la correlación fenotípica entre peso y producción de leche fue de 0.23, con pequeñas diferencias entre Holsteins, Jerseys y Guernseys. Al no tomar en cuenta la edad, encontraron correlaciones genéticas de 0.33 entre producción y peso corporal en vacas Holstein y de 0.19 en vacas Guernsey. El valor de las vacas Jersey fue inferior a -1.0 debido quizás a grandes varianzas de muestreo. Estos autores concluyen que cualquier corrección de la producción para peso debería basarse sólo en la parte ambiental de la correlación fenotípica, para evitar reducir la variación genética en la producción de leche.

Syrstad (1966) reportó relaciones curvilineales de producción con talla, dando correlaciones entre LCG y perímetro torácico a tres diferentes edades. En las vacas de cuatro años de edad, por ejemplo, la correlación genética fue de -0.13 y la correlación fenotípica fue de -0.03; y usando, en esas vacas, el cociente LCG/Unidad de alimentación estándar como una medida de eficiencia, calculó la correlación genética de eficiencia con LCG en 0.82 y con perímetro torácico en -0.67 y las correlaciones fenotípicas en 0.95 y -0.34, respectivamente.

Hickman y Bowden (1971) estimaron un coeficiente de regresión parcial del perímetro torácico sobre LCG producida de los 60 días a los 120 días posparto en vacas de primer parto de -0.148 cm (medido a los 60 días posparto) comparado con uno de

peso corporal al parto sobre la misma variable de 0.286 kg. La relación negativa de LCG producida y perímetro torácico puede estar más bien asociada al momento de realizar la medición, que coincide con el balance de energía negativo, así las vacas que han movilizadas más reservas corporales y adelgazado más son mejores productoras. En este sentido el trabajo de Moe y col. (1971) es ilustrativo.

e) Efectos de la tasa de madurez sobre el peso corporal y la producción de leche.

Taylor y Fitzhugh (1971) señalan que la noción del tiempo tomado para madurar puede definirse en términos de la edad $[t_e]$ a la cual un animal alcanza un grado dado de maduración $[u]$, con respecto a una característica dada donde $[u]$ se define como el tamaño, $[y]$ a la edad $[t]$ expresado como una proporción del tamaño maduro. Considerar el tamaño maduro definido como el tamaño final eventualmente alcanzado puede ser adecuada para características que rara vez presentan crecimiento negativo, como alzada a la cruz en el ganado, pero es probablemente inadecuada para medidas como el peso corporal, que se afectan mucho más por aspectos ambientales (Fitzhugh y Taylor, 1971). Para ellos el grado de maduración $[u]$ de una característica o medición dada $[y]$ a una etapa dada, corresponde a la proporción del tamaño maduro $[A]$, alcanzado a esa etapa por la característica en cuestión ($u = y/A$). Los resultados de Taylor y Fitzhugh (1971) si bien sus estudios se centran en hembras de engorda de la raza Hereford, sugieren que la edad a la cual un animal alcanza un grado dado de madurez es proporcional a la potencia 0.27 de su peso maduro. Señalan que todos los estimadores dentro de raza muestran la misma tendencia sistemática para los individuos con un peso maduro grande a tomarles un tiempo relativamente mayor para madurar y que la heredabilidad de esta característica para dichos bovinos, dejando peso maduro constante, se estimó en 0.35. Un estudio de Fitzhugh y Taylor (1971) señala que las diferencias individuales en tamaño o talla a cualquier edad tienden a tener alta correlación genética con el tamaño a otras edades, donde el tamaño puede ser medido como peso, alzada, perímetro torácico, etc. Así pues, las diferencias en tamaño entre individuos inmaduros de la misma edad e historia ambiental pueden reflejar en gran medida diferencias en el tamaño maduro. Ellos mismos comentan que el tamaño, a cualquier edad, puede partirse en dos componentes, uno que mide este efecto de proporcionalidad al tamaño maduro y otro, que mide la magnitud de las desviaciones de la proporcionalidad al tamaño maduro resultantes de las diferencias individuales en la tasa de maduración o en la maduración temprana. Para Fitzhugh y Taylor (1971) el requerimiento mínimo para un análisis que involucre el grado de maduración, en adición a una medición explícita del tamaño maduro puede ser: a) la edad a algún tamaño fijo; b) tamaño a una edad fija; c) tamaño y edad a un grado constante de maduración o bien a una etapa consistentemente definida, tal como la pubertad, dentición o cierre de cartilagos epifisarios específicos. Las correlaciones entre el grado de maduración y el peso corporal a la misma etapa, estimadas por dichos autores en ganado de engorda, fueron positivas, mostrando que genéticamente los animales más pesados a una edad dada, tienden a ser más maduros. Encontraron, sin embargo, que los animales con mayor madurez a cualquier edad, tuvieron invariablemente tasas de crecimiento relativo más lentas después de los 12 meses de edad, lo que parece estar

reflejando que los animales de esta raza, con tasas de maduración superiores, presentan su mayor desarrollo en el primer año de edad. Por último, opinan que es improbable que las diferencias en el tamaño maduro estén asociadas con las diferencias en la eficiencia biológica de la producción, pero no así las diferencias en la tasa de maduración con las diferencias en la eficiencia productiva. Dicho de otro modo, la eficiencia productiva depende de la tasa de maduración pero el tamaño maduro no depende de la eficiencia biológica de la producción.

En cambio puede decirse, en general, que la tasa de madurez en ganado lechero ha recibido poca importancia por parte de los investigadores. Dado que la presencia de diferencias genéticas en dicha tasa podría, aparentemente, modificar los métodos de selección. Hickman y Henderson (1955) estudiaron esta posibilidad utilizando el incremento en la producción de la primera a la segunda lactancia como un indicador de la tasa de madurez. En dos análisis de componentes de varianza el aumento en la producción de la primera a la segunda lactancia fue de un cuarto a un tercio de heredable del de la producción de leche y grasa de la leche en primera lactancia. La correlación genética de la tasa de madurez con la producción de leche de la vaquilla se estimó en un rango desde cero hasta ligeramente positiva. En este trabajo pudo observarse que el nivel de producción del hato influyó más el aumento de primera a segunda lactancia que el nivel de producción del semental visto a partir de su grupo de progenie. Si bien la selección podría afectar esta medición de la tasa de madurez, no hubo evidencia de selección diferencial entre sementales. En otro estudio realizado por Hillers y Freeman (1965) cuyo propósito fue investigar las diferencias entre sementales en la tasa de madurez de sus hijas, se utilizó la regresión dentro de semental de la producción actual sobre la edad al parto en la primera lactancia como medida de la tasa de madurez. Solamente se usó la información de vacas que parieron entre los 23 y 35 meses de edad y los sementales con más de 44 hijas, y el promedio de producción de los hatos considerados fue de 6,867 kg. Las regresiones de producción sobre la edad difirieron significativamente entre 28 sementales y tuvo un rango de -4.09 a 117.1 kilogramos de leche por mes de edad y de -1.82 a 4.99 kilogramos de grasa de leche por mes de edad, lo que implica que hay diferencias entre los sementales para la tasa de madurez de sus hijas, y significa además que existen diferencias al ordenar los sementales según la producción de sus hijas en primera y segunda lactancias. Así, si existen diferencias en este sentido, los únicos registros que permitirían una comparación adecuada entre sementales libre de la etapa de madurez serían aquellos de sus hijas maduras. No obstante esto implicaría que se tomaran en cuenta los efectos sobre la selección por la espera para tener dichos registros. De hecho, se estimó que el intervalo generacional sería entonces de cuando menos 1.5 veces del que considera a las vacas de primer parto. Los autores mencionan que es casi un hecho que los errores en la selección de sementales causados por las diferencias en las tasas de madurez no son lo suficientemente grandes para compensar un incremento en el intervalo generacional de esta magnitud. Entre los 23 y 35 meses de edad se apreció una ligera curvilinealidad en la tasa de madurez. Además, en dicho estudio hubo grandes diferencias entre hatos y años para esta medida de la tasa de madurez y se estimó que el efecto del hato sobre la tasa de madurez tiene de dos a tres veces la importancia del efecto de semental.

Existen algunos estudios que han podido determinar la ausencia de un efecto de la edad sobre el valor de LCG/P. Sin embargo, Morris y Wilton (1976) en una

importante revisión, apuntan que para poder comparar la producción y la eficiencia productiva entre vaquillas de diferente peso de modo imparcial es necesario considerar la edad. Mencionan que una complicación ulterior es la posibilidad de una relación entre producción o eficiencia productiva y la tasa de madurez, dada la asociación entre talla madura y tasa de madurez, por ejemplo la tasa de cambio de peso maduro porcentual (Taylor y Fitzhugh, 1971). Estudios más recientes como el de Nicholson y colaboradores (1974) usando información de 246 sementales con más de 50 hijas y 7,285 sementales con 1 a 49 hijas que hacían un total de 113,243 primeras lactancias, de las que 83,055 tenían segunda lactancia y 58,689 tercera lactancia procedentes de hatos de la provincia de Ontario, Canadá. Si bien, observaron la existencia de un pequeño número de toros cuyo comportamiento en la segunda y tercera lactancias difirió significativamente del de la primera, sugieren que tales diferencias no son lo suficientemente grandes para hacer diferencias importantes en la clasificación de sementales sobre la base de la producción de la primera y segunda lactancias de sus hijas. A esa misma conclusión llegaron Tomaszewski y colaboradores (1975) quienes compararon los registros de producción de primera lactancia de una o más hijas de sementales en cada uno de 20 o más hatos con la progenie en segunda lactancia de los mismos 133 toros. Los hatos de segunda lactancia fueron también 20 o más pero fueron distintos de los de primera, para garantizar que las asociaciones entre registros estimaran asociaciones genéticas. La progenie se comparó tanto con contemporáneas en primera o segunda lactancia como con compañeras de hato de todas las edades, y concluyeron que la prueba de progenie para producción de leche precedente de únicamente la progenie en primera lactancia resulta suficiente para la mayoría de los objetivos de selección y comentan que, en general, las correlaciones genéticas existentes entre primera y segunda lactancias estimadas por diversos autores han sido altas (Barker y Robertson, 1966; y Freeman, 1960).

Finalmente, y en este orden de ideas, es razonablemente probable que la tasa de madurez pueda ignorarse al remover los efectos de edad, al menos para propósitos de evaluación de sementales (Morris y Wilton, 1976).

f) Cambio en el peso corporal y producción de leche.

Ya hace más de 50 años que Gaines (1941) ajustó un modelo (aún sobre la base de datos limitados) relacionando LCG a alguna potencia (b) del peso corporal (PC) para datos sobre peso corporal colectados mensualmente a través de la lactancia ($LCG = aPC^b$) encontrando que el exponente fue intermedio al inicio de la lactancia (1.07) alto hacia la mitad (1.49) y pequeño al final de la misma (0.28) lo que lleva a pensar (a pesar del pequeño número de grados de libertad involucrados en tal estudio y dado que si el exponente b se convierte en 1, indica que la LCG es proporcional al PC; si es mayor de 1 que las vacas grandes producen más leche por unidad de peso vivo que las pequeñas; y si es menor de 1, que las vacas pequeñas producen más por unidad de peso vivo que las grandes) que probablemente sería más apropiado considerar un modelo de LCG relacionado a algún valor medio del peso corporal y un cambio de peso con la etapa de la lactancia. Otro estudio del mismo autor (Gaines, 1941) con 1,152 bovinos de las razas Holstein y Jersey encontró que la LCG fue cercanamente proporcional a la potencia 0.75

del peso vivo (dentro de hato y dentro de raza) sin embargo, cuando el peso es medido en el primer mes postparto mencionan que la LCG parece ser proporcional a la potencia 1.07 del peso vivo.

Brody (1945) a pesar de no haber estudiado sus aspectos genéticos, concluyó que el mérito lechero (eficiencia bruta) y los requerimientos de mantenimiento corporales son ambas funciones lineales del peso metabólico y que, por lo tanto, la eficiencia lechera es independiente del peso corporal, lo que fue posteriormente criticado por Mason y col. (1957) quienes señalaron que tales observaciones ignoran el cambio energético en vacas cambiando de peso corporal, esto es, la dinámica del peso en el proceso productivo y reproductivo. En este sentido Morris y Wilton (1976) apuntan que si, en ausencia de complicaciones debidas a prácticas de manejo, existieran diferencias genéticas entre vacas maduras de diferente talla en el cambio en el peso corporal durante la lactancia, entonces la crítica anterior estaría justificada.

En un estudio con 661 lactancias de 318 vacas Holstein procedentes de 17 sementales, Hooven y col (1968) señalaron que el cambio en el peso corporal entre el parto y el fin de la lactancia tiene un efecto significativo sobre la eficiencia lechera (para vacas de primer parto ($n = 272$) y en un estudio independiente del parto) donde las vacas que ganan más peso son menos eficientes. De hecho la eficiencia bruta pareció disminuir con la edad, lo que pudo estar confundido con el hecho de que el cambio en el peso corporal disminuyó de parto en parto. Encontraron mayor variabilidad en la producción de leche que en la eficiencia bruta. Observaron que la variación en la eficiencia es más dependiente de la producción de leche que del consumo de alimento. La correlación existente entre peso corporal y el consumo de alimento la estimaron en 0.64. Dichos autores estimaron, además, la heredabilidad del peso corporal en 0.49 y en 0.08 la heredabilidad del cambio en el peso corporal. Esta circunstancia está relacionada con la habilidad para movilizar y utilizar reservas corporales, sobre todo en la etapa de mayor producción. Moe y col. (1971) mencionan que la cantidad de energía de los tejidos usada en la lactación temprana para producción de leche depende de: a) grado de gordura de la vaca al momento del parto; b) potencial genético del animal para producción de leche; y c) consumo de alimento durante la lactación temprana. Ellos estimaron la eficiencia de la conversión de energía tisular corporal a leche en 86% (1.262/1.468) y la regresión con un coeficiente parcial de 0.84, lo que indica más directamente la eficiencia de conversión del tejido de reserva en leche. En cuanto a la relación de la pérdida de energía tisular corporal con el cambio en el peso vivo remarcan que la mayor dificultad en la interpretación de lo adecuado de la nutrición de las vacas lactantes particularmente en la lactación temprana es la carencia de estimadores precisos de la pérdida de energía tisular corporal. Durante la lactación temprana la vaca usualmente incrementa diariamente el consumo de alimento, lo que puede parcialmente enmascarar una disminución en el peso corporal vacío. Por tal razón comentan que en algunas ocasiones es posible estimar la pérdida de tejido corporal mejor por observación visual que por alguna escala de medición.

Johansson (1964) señaló que dado que era común encontrar una correlación negativa entre producción de leche e incremento en el peso corporal durante la lactancia, entonces el peso corporal debería medirse al principio de la lactancia. Debido a que ha habido poca consistencia en las estimaciones de correlación entre producción de leche y las medidas del peso corporal mismo, es probable que las diferentes etapas de la

lactancia en las que el peso corporal ha sido medido en los diferentes experimentos haya contribuido a la variabilidad de tales estimaciones. Hickman y col. (1971) calcularon las regresiones estándar parciales de la producción de leche sobre el peso corporal al parto y a los 180 días postparto, así como sobre el perímetro torácico y la alzada al parto, para cada una de las cuatro primeras lactancias en Holstein, Ayrshire y Jersey. Encontraron que las regresiones fueron positivas para el primer pesaje, y negativas para el segundo pesaje y, en ambos casos, los valores fueron cercanos a cero en lactaciones ulteriores. Sus resultados y conclusiones están en concordancia con las señaladas por Johansson (1964).

Un estudio más reciente elaborado por Buttazzoni y Mao (1989) estimó la eficiencia neta de la conversión del consumo de energía para mantenimiento, producción de leche y cambio en el peso corporal en una lactancia en 79 vacas Holstein a partir de un modelo de regresión múltiple en dos etapas. Las vacas procedían de 16 familias de medias hermanas que tenían miembros en al menos 2 de los 6 hatos estudiados. Registraron su producción de leche, consumo de energía neta y las tres características de eficiencia. Estas características fueron analizadas en un modelo de multcaracterísticas conteniendo las mismas 14 subclases fijas de hato por estación por parto y un factor aleatorio de semental para cada una de las 5 características. Los estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza y covarianza de semental y error (residuos) se obtuvieron a partir de un algoritmo de esperanza maximización con transformaciones canónicas. Las correlaciones fenotípicas estimadas de producción de leche con consumo de energía y eficiencias netas para producción de leche, mantenimiento y cambio en el peso corporal estimadas fueron 0.36, -0.02, 0.08 y -0.06, respectivamente; las correlaciones genéticas fueron 0.92, 0.56, 0.02 y -0.32. Las correlaciones genéticas y fenotípicas fueron cero entre eficiencia de energía neta de mantenimiento y la de producción de leche, y 0.17 entre eficiencia de energía neta de cambio en el peso corporal y la de producción de leche. La correlación genética estimada entre eficiencia de energía neta para lactación y producción de leche fue de aproximadamente el 60% de aquella entre eficiencia bruta y producción de leche, y estimaron un índice de herencia de 0.32 a 0.49 para la eficiencia de energía neta para producción de leche, lo que puede ser de considerable valor para la selección en ciertas poblaciones de ganado lechero.

g) Efectos de los niveles de alimentación sobre el peso corporal y la producción de leche.

Las curvas de lactancia y de peso corporal en los bovinos lecheros revelan que inmediatamente después del parto el consumo de energía rara vez se equipara con los requerimientos de los mismos, lo que trae como consecuencia que el peso vivo disminuya a medida que las reservas corporales se movilizan como fuentes energéticas (Bines, 1979). Ya Flatt y col. (1969) pudieron demostrar que, sobre un breve periodo, algunas vacas pueden producir más del 50% de su producción total a partir de reservas corporales. Wallace (1956) publicó resultados de cálculos de requerimientos para vacas Jersey en Nueva Zelanda con varios niveles de producción de grasa de la leche, dando comparaciones en términos de eficiencia biológica (cantidad de grasa de leche obtenida

por unidad de superficie de tierra). Las suposiciones básicas fueron que las vacas de 385 Kg dando 136 Kg de grasa requerían 4,620 Kg de materia seca (MS) por año y que la tierra producía 11,200 Kg de MS/ha, y que se requería 11.4 Kg de MS por cada Kg de grasa adicional. Concluyó que para incrementar la eficiencia de conversión de alimento en hatos bajos productores, la consideración primaria debería darse a elevar el nivel de producción, mientras que en los hatos altos productores debería darse mayor atención al peso vivo de los animales (pesos vivos reducidos). Varios años después, Holmes (1973) presentó datos similares en forma gráfica. Igualmente, Taylor (1973) presentó gráficas para ilustrar el óptimo en el peso corporal en las vacas para la producción en la lactancia y la producción en la lactancia por unidad de peso de la vaca bajo diferentes planos de alimentación. El peso corporal óptimo fue superior para la producción en la lactancia que para la producción en la lactancia por unidad de peso de la vaca.

En un estudio realizado dentro de grupos de vacas de diferentes niveles de producción pero alimentadas con cantidades iguales de alimento, Broster y col. (1975) mostraron que el coeficiente de regresión de cambios de peso vivo (kg/día) sobre la producción de leche (kg/día) es del orden de -0.1 a -0.2 en el inicio de la lactancia, y después del primer mes de lactancia sube a -0.05. Para Wiktorsson (1979) es posible obtener ganancias de peso incluso importantes aún durante la primera parte de la lactancia con niveles altos de alimentación, pero reconoce que esto no es común en aquellas vacas con un elevado potencial genético para producción y menciona que refleja más bien una disminución en la producción lechera debido al sistema de alimentación/manejo.

Stone y col. (1960) compararon 175 vacas Holstein Friesian para eficiencia de alimentación utilizando Kg de TND/Kg de LCG, con varias dietas, incluyendo silo de pasto y heno, cada uno con grano adicional. Las correlaciones con eficiencia fueron de 0.08 para peso corporal, -0.71 para LCG y -0.20 para TND ingerido. Dickinson y col. (1969) por su parte compararon la eficiencia de la utilización de alimento (energía en leche/energía en alimento x 100) en vacas Ayrshire, Brown Swiss y Holstein durante la primera lactancia. No se efectuó corrección para edad al parto. Las eficiencias medias fueron 60.3, 54.3 y 61.0 por ciento respectivamente, aunque éstas estuvieron afectadas por diferencias de razas en el peso corporal. Las correlaciones con ganancia de peso y con perímetro torácico fueron curvilíneas, y al ser ajustadas gráficamente fueron cóncavas al origen. Mezclando los datos después de corregir para diferencias raciales, las correlaciones con eficiencia alimenticia fueron de 0.86 para producción de leche, 0.93 para ingresos sobre costos de alimentación, -0.27 con el peso corporal promedio durante la lactancia, -0.26 con ganancia de peso durante la lactancia, -0.29 con altura a la cruz, -0.21 con profundidad torácica, -0.38 con perímetro torácico, y -0.23 con distancia entre cruz y piernas. Sin embargo, el uso de correlaciones lineales podría ser quizás cuestionado en vista de la curvilinealidad observada.

Ridler y col. (1965) reportaron datos de 81 primeras lactancias de hijas de seis toros frisones. Cinco de estos grupos de medias hermanas fueron alimentados de acuerdo a su producción láctea, y las regresiones de la producción láctea sobre el peso inicial posparto (corregida para duración de la lactancia) fueron altamente significativas y positivas para cada grupo. Sus datos fueron consistentes con una relación lineal entre producción láctea y peso metabólico corporal. El coeficiente de regresión parcial con duración de lactación constante fue de 530 Kg LCG/100 Kg de peso vivo, un valor

considerablemente mayor que el reportado por Miller y McGilliard (1959) de 200 Kg/100 Kg de peso vivo al primer parto, Clark y Touchberry (1962) de 134 Kg/100 Kg de peso vivo, y Harville y Henderson (1966) de 342 Kg/100 Kg de peso vivo, en este último caso a edad constante. Para el sexto grupo de medias hermanas la regresión fue negativa. Este grupo fue probado de modo diferente, una cantidad total fija de alimento independientemente del peso y la producción de leche. Las vacas pesadas, con grandes requerimientos de mantenimiento estuvieron afectadas en este tipo de régimen de alimentación.

Hooven y col. (1968) usando 661 lactaciones de 318 vacas representando a 17 sementales para analizar la eficiencia alimenticia bruta (Kg LCG/término de ingreso de energía neta estimado) encontraron correlaciones genéticas de eficiencia con producción (0.95), con peso corporal (-0.12) y de producción con peso corporal (0.30) utilizando datos ajustados para edad. Al graficar la eficiencia contra peso corporal se encontró la máxima eficiencia a un óptimo intermedio para peso corporal, cercano a 540 Kg. Desafortunadamente, los datos ajustados para edad podrían estar distorsionando este interesante hallazgo. Previamente, Hooven y Matthews (1958) considerando a la eficiencia como kilogramos de LCG/kilogramos de TND consumidos, encontraron una alta correlación entre eficiencia alimenticia y producción de leche. Realizaron un análisis de covarianza dejando la producción de leche constante y los resultados mostraron que las diferencias entre grupos de sementales persistieron, lo que sugiere que al menos parte de las diferencias genéticas en eficiencia alimenticia son independientes de la producción de leche.

Utilizando información de 649 vacas Holstein y 423 Ayrshire, Hickman y Bowden (1971) reportaron estimaciones de respuestas genéticas correlacionadas de eficiencia alimenticia, crecimiento y tamaño corporal en ganado seleccionado para producción de sólidos de la leche. Las regresiones parciales estándar de la leche corregida para grasa (LCG) sobre el consumo de TND, peso corporal al parto y perímetro torácico de los 60 a 120 días posparto en vacas Holstein y Ayrshire fue de 0.51, 0.42, 0.29, y de 0.32, -0.15, y -0.07, respectivamente. Mientras la LCG aumentó en respuesta a la selección para producción de sólidos de la leche, existieron reducciones fenotípicas en perímetro torácico y cambios en el peso corporal al parto y consumo de TND que no fueron consistentes en la dirección (+ y -). Pudo apreciarse que en el periodo de crecimiento la selección para sólidos totales en las vacas Holstein provocó una disminución del perímetro torácico que fue significativa, pero no modificó el de las Ayrshire, mientras que el peso corporal al parto no cambió significativamente en ninguna raza si bien hubo una tendencia a disminuir en las Holstein (-0.94 kg) y a aumentar en las Ayrshire (1.01 kg) mientras que el perímetro torácico y la alzada a la cruz disminuyeron significativamente en las vacas Holstein en -0.38 y -0.29 cm, respectivamente, pero no presentó cambios en Ayrshire. Los cambios genéticos en eficiencia (TND/LCG) estuvieron en direcciones opuestas en las dos razas, aunque no fueron significativas. Se observaron diferencias significativas durante el crecimiento y lactación en eficiencia en favor de las vacas Holstein. Encontraron que los animales con mayor producción de leche fueron más pesados al parto, ganaron más peso durante la lactancia y consumieron más alimento. Durante el transcurso del experimento de selección pudo apreciarse una indicación de una tendencia genética hacia un

presumiblemente peso corporal y alzada a la cruz óptimos disminuyendo en las Holstein y aumentando en las Ayrshire.

Morris y Wilton (1976) en su extensa revisión apuntan que es Robertson (1973) quien planteó la pregunta clave con relación a si la selección para talla corporal aumentaría la eficiencia biológica y dió respuesta a dicha pregunta para eficiencia lechera (energía de la leche/consumo de energía) para una serie de estándares de alimentación, al señalar que la eficiencia de las vacas de diferente talla depende ya sea de una corrección para peso corporal en el alimento suministrado (por ejemplo como lo mostrado por Ridler y col., 1965) o bien que exista un estándar de alimentación adecuado de acuerdo a la producción de leche *per se*. Sus resultados siguieron entonces automáticamente al considerar la curva de respuesta de LCG a los cambios en el consumo de alimento, lo que ilustró gráficamente. Las líneas de igual pendiente corresponden entonces a un estándar para alimentar para producción lechera, el intercepto sobre la abscisa a los requerimientos de mantenimiento para vacas de diferente talla, y las líneas desde el origen a líneas de diferente eficiencia biológica (la máxima eficiencia es la línea tangencial a la función de producción). Morris y Wilton (1976) mencionan además, que Freeman (1967) consideró también la geometría de estas relaciones y apuntó que la selección para LCG incrementaría automáticamente la eficiencia lechera; de esta manera, la selección para producción de leche resultaría, según dicho autor, en un mejoramiento entre 70 y 95% de la mejora sobre eficiencia si se realizara directamente sobre eficiencia cuando las intensidades de selección son iguales para las dos características. Esto sería aún cierto si existiera una correlación genética positiva entre producción y talla corporal, aunque el retorno marginal de energía de la leche no excedería necesariamente al costo marginal de energía del alimento por la leche extra y el peso extra. En este sentido, conviene recordar que Mason y col. (1957) señalaron que para una cantidad de leche dada el animal más grande es menos eficiente, pero sobre todo, que el animal más grande es más eficiente, según dichos investigadores, porque el aumento en producción parece sobrepasar el incremento en los requerimientos de mantenimiento.

Finalmente, la información más relevante puede verse resumida en los cuadros I.1, I.2 e I.3 del apéndice.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron los registros de producción, reproducción y las mediciones del perímetro torácico de 1039 vacas lecheras de la raza Holstein Friesian pertenecientes a tres hatos ubleados en Ixtapaluca, Estado de México, Cuautitlán, Estado de México, y Tizayuca, Hidalgo, cuyos partos ocurrieron desde julio de 1987 hasta marzo de 1990. Se tiene sólo un registro por cada vaca, lo que refuerza el supuesto de independencia entre los mismos.

Para el análisis de la información se consideran las siguientes variables:

P90 = Producción láctea a 90 días

Corresponde a la producción de leche acumulada y sin ajustar para edad ni estación del año, desde el parto hasta los 90 días de producción ($n = 850$) obtenida a partir del método de intervalo de prueba conocido como TIM por sus siglas en inglés (Test Interval Method) (Kennedy y col., 1978).

P180 = Producción láctea a 180 días

Corresponde a la producción de leche acumulada y sin ajustar para edad ni estación del año, desde el parto hasta los 180 días de producción ($n = 730$) obtenida a partir del método de TIM (Kennedy y col., 1978).

P305 = Producción láctea a 305 días

Corresponde a la producción de leche acumulada desde el parto y sin ajustar para edad ni estación del año, hasta los 305 días de producción ($n = 364$) obtenida a partir del método de TIM (Kennedy y col., 1978).

PRLA = Producción extendida a 305 días

Se refiere a la producción extendida a 305 días por el método propuesto por la United States Dairy Association (1965). Sólo se incluyen aquellas vacas con lactancias de 30 o más días (primeros dos registros quincenales) y con estimaciones superiores a los 3,500 Kg ($n = 998$). Los factores de corrección son distintos ya que se consideran dos grupos: vacas de 36 meses de edad o menores y mayores de 36 meses. No se lleva a cabo ningún otro ajuste para edad.

PEM = Producción ajustada a 305 días y a equivalente maduro

Igual a PRLA pero corregida para edad y fecha de parición según los factores de ajuste elaborados para vacas Holstein mexicanas por McDowell y colaboradores (1975).

DL = Días en Leche

Corresponde a los días transcurridos entre el parto y el momento de efectuar la medición del perímetro torácico. Se considera en la corrección del perímetro torácico en virtud de que tanto el peso como el tamaño corporal de la vaca lechera sufren modificaciones a lo largo de la lactancia. Sólo se incluyen vacas con menos de 150 días de gestación confirmada, dado que el valor del perímetro torácico y el del peso corporal

se afectan de manera importante a partir de este momento por el crecimiento fetal (Davis y col., 1943).

PT = Perímetro torácico

Se refiere al promedio de dos mediciones independientes tomadas el mismo día por personas diferentes durante el ordeño vespertino en diversas etapas de la lactancia (n = 1,039) de las que 250 corresponden a vacas con 30 o menos días postparto. Sólo las vacas con discrepancias superiores a tres centímetros fueron reevaluadas. No existen mediciones periódicas y por lo tanto cada vaca presenta una sola medición en alguna etapa de su lactancia.

PTA = Perímetro torácico ajustado

Se refiere al perímetro torácico (PT) corregido para los días en leche (DL) al momento del parto según la ecuación de tercer grado generada con los mismos datos, con estimadores de mínimos cuadrados:

$$PTA = PT - (-.129774 * DL) - (.001414 * DL^2) - (-.000003048 * DL^3)$$

ED = Edad de la vaca en meses

Corresponde a la edad de la vaca en meses al momento de realizar la medición del perímetro torácico.

EDP = Edad de la vaca en meses al parto

Se refiere a la edad de la vaca en meses al momento del parto cuya lactancia se considera en el análisis.

NP = Número de parto

Corresponde al número de parto de la vaca al momento de efectuar la medición del perímetro torácico. Salvo para la estimación de las regresiones parciales de la producción o eficiencia en las diversas etapas de la lactancia sobre el número de parto, se formaron cinco grupos, donde el quinto incluye vacas de 5 o más partos ($n_1 = 462$; $n_2 = 251$; $n_3 = 131$; $n_4 = 95$; y $n_5 = 100$). Las razones para agrupar fueron: a) se trata de vacas que han sobrepasado los 60 meses de edad y puede asumirse que no existen diferencias de talla por parto adicional, y b) las vacas de 5 o más partos corresponden solamente al 9.6% del total, por lo que, si se consideraran grupos más pequeños, los errores estándares de los estimadores serían muy grandes.

ELA = Eficiencia productiva lechera aproximada (Prod/PTA)

Corresponde al cociente de la producción de leche acumulada en varias etapas de la lactancia, 90, 180, 305 días, ajustado a 305 días y ajustado a 305 días y equivalente maduro sobre el perímetro torácico ajustado al parto, y que fue denominado como ELA90, ELA180, ELA305, ELAAJ y ELAEM, respectivamente.

S = Semental

Se refiere al padre de cada vaca (n = 108). Sólo se tiene información para dos de los tres hatos (el más grande y el más pequeño). Los sementales (n = 7) que se utilizan

en el hato con número de animales más pequeño son usados también en el otro hato. No existe esta información para un total de 90 vacas.

H = Hato

Se tienen tres hatos que totalizan 1039 vacas lecheras de la raza Holstein Friesian y se encuentran ubicados en Ixtapaluca, Estado de México (n = 903) Tizayuca, Hidalgo (n = 75) y Cuautitlán, Estado de México (n = 61) donde las vacas son mantenidas bajo un sistema de producción intensivo, con estabulación permanente y dos ordeños diarios. Existen diferencias en la alimentación que está basada en el consumo de alfalfa fresca o henificada, silo de maíz, desperdicio de panadería, melaza y, en el verano, avena y rye grass en el primero, y alfalfa fresca o henificada y silo de maíz en los otros dos. La frecuencia de alimentación en todos ellos es cada ocho horas y se tienen separados, para efectos de manejo, vaquillas de primer parto del resto de las productoras. Los animales son alimentados de acuerdo a su nivel de producción.

La producción se mide quincenalmente y se vacía en los registros de donde se obtuvo la información. Del mismo modo, la información reproductiva se colectó de los registros que para este efecto se manejan en dichas explotaciones.

ES = Estación

Se refiere a una de cuatro épocas de parición desde enero de 1988 a marzo de 1990, que incluyeron a enero, febrero y marzo como invierno (1; n = 297) abril, mayo y junio como primavera (2; n = 236) julio, agosto y septiembre como verano (3; n = 261) y octubre, noviembre y diciembre como otoño (4; n = 245).

A = Año

Corresponde al año de parición. Se tienen partos desde el 1 de enero de 1988, hasta el 29 de marzo de 1990 y, en consecuencia tres años de parición con doce meses para el primero (1988; n = 357) doce para el segundo (1989; n = 591) y sólo tres meses para el último (1990; n = 91).

Finalmente, se resalta que existe al menos un registro para cada subclase año-hato-estación de parición.

CrITERIOS de inclusión y de exclusión:

El análisis incluye a todas las lactancias, excepto aquellas truncadas por un aborto o un parto prematuro (gestación menor a 266 días). No se consideran, para efectos de extensión lactacional, aquellos registros quincenales posteriores a un proceso patológico plenamente identificado. Con esta idea se revisaron las causas de discrepancias importantes en los valores de dichos registros. El porcentaje de registros de registros eliminados bajo este criterio fue del 2.8% siendo la mastitis la causa más frecuente, seguida de afecciones reproductivas, cetosis y garraró.

Metodología estadística:

Dado que la característica considerada como eficiencia para las diversas etapas (ELA90, ELA180, ELA305, ELAAJ y ELAEM) corresponde al cociente de la producción de leche acumulada en ese momento sobre el perímetro torácico ajustado, se realizó la prueba de bondad de ajuste de Lilliefors (1967) para normalidad con media y varianzas desconocidas utilizando muestras aleatorias de tamaño 30.

Se estimaron las regresiones parciales de la producción y ELA a los 90, 180 y 305 días y la ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico, edad y número de parto utilizando el modelo 1 con el empleo de la metodología de mínimos cuadrados con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (Freund and Little, 1981; SAS Users Guide, 1991) y se comparó la efectividad de dichos modelos a partir del coeficiente de determinación (R^2) de un análisis de los residuos y de la contrastación de los cuadrados medios de los errores de los mismos utilizando una prueba F de Fisher, si bien esta comparación no se trata de una F formal (no produce una F necesariamente central) por no existir una estructura de anidamiento completa de tales modelos. No se incluyeron interacciones dado que una exploración previa reveló la no significancia de las mismas. Este modelo se utilizó también para comparar la eficiencia lechera (ELA) de las vacas en crecimiento y desarrollo en cuanto a edad y número de parto se refiere. Dicho modelo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = M + A_i + H_j + ES_k + B_1(X_{ijkl} - \bar{X}) + B_2(X_{ijkl} - \bar{X})^2 + E_{ijkl} \quad (1)$$

donde:

Y_{ijkl} = PL90, PL180, PL305, PLA305, ELA90, ELA180, ELA305 o ELAAJ
(según el caso)

M = Media general;

A_i = i-ésimo efecto de año ($i = 1,2,3$)

H_j = j-ésimo efecto de hato ($j = 1,2,3$)

ES_k = k-ésimo efecto de estación de parición ($k = 1, \dots, 4$)

B_1 = Coeficiente de regresión asociado al efecto lineal del perímetro torácico ajustado, edad al parto o número de parto (según el caso)

B_2 = Coeficiente de regresión asociado al efecto cuadrático de la edad al parto o número de parto (según el caso) y

E_{ijkl} = error aleatorio \cap NID $(0, \sigma^2)$

A partir del mejor de dichos modelos (basados nuevamente en el coeficiente de determinación (R^2) en un análisis de los residuos y en la contrastación de los cuadrados medios de los errores de los mismos utilizando una prueba F de Fisher, si bien nuevamente esta comparación no se trata de una F formal por no existir una estructura de anidamiento completa de tales modelos) pero incluyendo entonces el efecto aleatorio de semental (modelo 2), se estimó la heredabilidad de las características ELA y PL a los 90, 180, 305, ajustado a 305 días y ajustado a 305 días y equivalente maduro y las correlaciones fenotípicas y genéticas existentes entre producción de leche y ELA a 90, 180, 305 y ajustado a 305 días a partir de la información de grupos de medias hermanas paternas (suponiendo la no existencia de hermanas completas) utilizando como metodología para la estimación de componentes de varianza y covarianza el empleo de máxima verosimilitud restringida (MVR) utilizando el procedimiento VARCOMP de SAS (1991). Se utilizó MVR en lugar de métodos de mínimos cuadrados por sus propiedades matemáticas (Milliken y Johnson, 1984). Dicho modelo se utilizó además para estimar la heredabilidad de PEM y ELAEM, así como su correlación genética. Sin embargo, dado que en este caso no se incluyeron en el modelo los coeficientes de regresión parciales de perímetro torácico ajustado, edad al parto ni número de parto, se empleó llevando a cabo sólo la corrección de los registros propuesta por McDowell y col. (1979). El modelo resultante es un modelo mixto y es el siguiente:

$$Y_{ijklm} = M + A_i + H_j + ES_k + S_l + B_1(X_{ijklm} - \bar{X}) + B_2(X_{ijklm} - \bar{X})^2 + E_{ijklm} \quad (2)$$

donde se añade al modelo (1) solamente:

S_l = l-ésimo efecto aleatorio de semental ($l = 1, \dots, 98$)

El modelo 1 se utilizó también para determinar la influencia del perímetro torácico ajustado sobre la producción láctea y sobre ELA, dentro de cada número de parto.

El modelo siguiente (3) se utilizó para estimar la heredabilidad del perímetro torácico ajustado, empleando el método señalado para el modelo 2. No se incluye el efecto de hato ni interacciones dado que una exploración previa reveló la no significancia de tales efectos:

$$Y_{ijkl} = M + NP_i + ES_j + S_k + E_{ijkl} \quad (3)$$

donde:

Y_{ijkl} = PTA

M = Media general

NP_i = i-ésimo efecto de número de parto ($i = 1, \dots, 5$)

$ES_j = j$ -ésimo efecto de estación de parición ($j = 1, \dots, 4$)

$S_k = k$ -ésimo efecto aleatorio de semental ($k = 1, \dots, 99$)

y

$E_{ijk} =$ error aleatorio \cap NID $(0, \sigma^2)$

Pra estimar las correlaciones genéticas entre PTA y el resto de las características en virtud de contar el modelo de PTA con un término adicional (número de parto) comparado con los de producción y eficiencia, se empleó el método de componentes de varianza y covarianza con un modelo más simple, exclusivamente aleatorio (modelo 4) basando su solución en el método mínimos cuadrados (Henderson, 1953) descrito por Van Vleck (1979) y conocido como Henderson I. Dicho modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = M + S_i + E_{ij} \quad (4)$$

donde:

$Y_{ij} =$ Variable de interés

$M =$ Media general

$S_i = i$ -ésimo efecto aleatorio de semental ($i = 1, \dots, 98$);

y

$E_{ij} =$ error aleatorio \cap NID $(0, \sigma^2)$

La solución está basada en:

$$\sigma e_x^2 = (\sum \sum P x_{ij}^2 - \sum (P x_i^2 / n_i)) / (n - B)$$

$$\sigma s_x^2 = [(\sum P x_i^2 / n_i) - (\sum P x_i^2 / n) - (B - 1) \sigma e_x^2] / (n - \frac{1}{n} \sum n_i^2)$$

$$\sigma p_x^2 = \sigma s_x^2 + \sigma e_x^2$$

donde:

$\sigma e_x^2 =$ componente de varianza del error

σ_s^2 = componente de varianza de semental

$\sigma_{P_x}^2$ = varianza fenotípica de la característica x

B = número de sementales

n_i = número de hijas del semental iésimo

n. = número total de hijas

$P_{x_{ij}}$ = valor fenotípico del jésimo registro del iésimo semental de la característica x.

De manera similar los estimadores de los componentes de covarianza son:

$$\sigma_{e_x e_y} = (\sum \sum P_{x_{ij}} P_{y_{ij}} - \sum (P_{x_i} P_{y_i} / n_i)) / (n - B)$$

$$\sigma_{s_x s_y} = \frac{(\sum P_{x_i} P_{y_i} / n_i) - (\sum P_{x_i} P_{y_i} / n) - (B-1) \sigma_{e_x e_y}}{(n - \frac{1}{n} \sum n_i^2)}$$

$$\sigma_{P_x P_y} = \sigma_{s_x s_y} + \sigma_{e_x e_y}$$

donde:

$\sigma_{e_x e_y}$ = componente de covarianza del error

$\sigma_{s_x s_y}$ = componente de covarianza de semental

$\sigma_{P_x P_y}$ = covarianza fenotípica de las características x e y

$P_{x_{ij}}$ = valor fenotípico del j-ésimo registro del i-ésimo semental de la característica x

$P_{y_{ij}}$ = valor fenotípico del j-ésimo registro del i-ésimo semental de la característica y.

La heredabilidad y las correlaciones genéticas se estimaron en todos los casos considerando:

$$h^2 = (4\sigma_s^2) / (\sigma_s^2 + \sigma_e^2)$$

y

$$r_{g_{ij}} = (\sigma_{s_{ij}}) / (\sigma_{s_i}^2 \sigma_{s_j}^2)^{1/2}$$

donde:

h^2 = índice de herencia o heredabilidad;

σ_s^2 = componente de varianza del semental;

σ_e^2 = componente de varianza del error;

r_{pi} = correlación genética entre las características i y j ;

$\sigma_{s_{ij}}$ = componente de covarianza del semental entre las características i y j ;

$\sigma_{s_i}^2$ = componente de varianza del semental para la característica i ;

y finalmente

$\sigma_{s_j}^2$ = componente de varianza del semental para la característica j .

El valor de $4\sigma_s^2$ utilizado para la estimación de la heredabilidad es debido a que:

$$h^2 = (1/a_{ii}\sigma_s^2)/(\sigma_s^2 + \sigma_e^2)$$

donde a_{ii} corresponde al coeficiente de parentesco entre medias hermanas (1/4), que representa la proporción común de la variación aditiva en los registros de producción.

El error estándar de la heredabilidad para cada característica de interés se estimó a partir del ecuación presentada y descrita por Swiger y col. (1964):

$$\sigma h^2 = [1/a_{ii}^2 \{2(n-1)(1-t)^2(1+(k-1)t^2)/k^2(n-B)(B-1)\}]^{1/2}$$

donde:

$$t = \sigma_s^2/(\sigma_s^2 + \sigma_e^2)$$

y

$$k = (1/B-1)(n - \frac{1}{n} \sum n_i^2)$$

El valor de k corresponde al coeficiente para número de progenie desigual por semental.

El valor de σ_s^2 es aproximadamente igual a 1/4 de σ_G^2 (varianza genética aditiva) si bien también incluye una pequeña porción de la varianza epistática debida a interacciones de los efectos aditivos de los genes sobre diferentes loci, que usualmente

son considerados lo suficientemente pequeños como para afectar las estimaciones de las heredabilidades (Villarreal, 1975).

El error estándar de los coeficientes de correlación genotípica entre las características de interés se estimó a partir del ecuación presentada por Robertson (1959):

$$\sigma_{r_{gij}} = [(1-r_{gij}^2)^3/2] / [((\sigma_{h_i^2}/h_i^2)(\sigma_{h_j^2}/h_j^2))]^{1/2}$$

donde:

r_{gij} = coeficiente de correlación genética entre las características i y j;

h_i^2 = índice de herencia de la característica i;

h_j^2 = índice de herencia de la característica j.

Los modelos que incluyen al efecto de semental son modelos mixtos, exceptuando el modelo 4 que es un modelo aleatorio. El modelo 1 es un modelo de efectos fijos. Esto es importante por las suposiciones relativas de cada uno de ellos.

Finalmente, para poder contrastar las medias de perímetro torácico ajustado (PTA) producción de leche (PEM) y eficiencia (ELAAJ) al considerar uno u otro esquema de selección, para los percentiles 10 superior e inferior generados a partir de la normal estándar, y en virtud de que entre la población seleccionada por producción y la seleccionada mediante la eficiencia existe un traslape importante, se procedió a realizar la estimación de los intervalos de confianza al 95% de las medias para las vacas seleccionadas por: a) eficiencia o ineficiencia; b) producción o improducción; c) sólo eficiencia o ineficiencia; d) sólo producción o improducción; e) ambos criterios; y f) ninguno.

RESULTADOS

La estadística descriptiva de las variables estudiadas se presenta en los cuadros R.1A, R.1B y R.1C.

La aplicación de prueba de bondad de ajuste de Lilliefors (1967) para normalidad con media y varianzas desconocidas permitió comprobar que la característica considerada como eficiencia para las diversas etapas (ELA90, ELA180, ELA305 y ELAAJ) presenta una distribución normal ($p < 0.05$).

Las regresiones parciales de la producción y ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado, edad y número de parto se presentan en los cuadros R.2 al R.7.

Las regresiones parciales de la producción y ELA a los 90, 180, 305 días y ajustada a 305 días sobre el perímetro torácico ajustado y edad, pero por número de parto, se presentan en los cuadros R.8 al R.37.

Las heredabilidades estimadas de las características de interés se presentan en el cuadro R.38.

Las correlaciones fenotípicas y genéticas entre las características estudiadas se presentan en los cuadros R.39 al R.45.

En los cuadros R.46 al R.48 se presenta la estadística descriptiva de las características de producción, eficiencia y perímetro torácico ajustados de los percentiles 10, 20 y 50 para los grupos seleccionados por eficiencia, producción, ambas características y no seleccionados.

En los cuadros R.49 al R.51 se presenta la estadística descriptiva de las características de producción, eficiencia y perímetro torácico ajustados de los percentiles 10, 20 y 50 para los grupos seleccionados por ineficiencia, improducción, ambas características y no seleccionados.

Los cuadros R.52 y R.53 presentan los intervalos de confianza al 95% de las medias de producción, eficiencia y perímetro torácico ajustado de los grupos seleccionados por: a) eficiencia o ineficiencia; b) producción o improducción; c) sólo eficiencia o ineficiencia; d) sólo producción o improducción; e) ambos criterios; y f) ninguno, considerando los percentiles 10 superior e inferior para las vacas de primer parto y en general, respectivamente.

DISCUSION

La opinión de Hickman y Bowden (1971) de que desde un punto de vista práctico resulta difícil conocer por adelantado qué características físicas del ganado lechero son importantes y cómo deben modificarse para aumentar la productividad y que, en consecuencia, conocer los principales componentes de la productividad puede ser más importante para decidir los sistemas de manejo y alimentación que para establecer criterios de selección. Esto parece soslayar la relevancia del impacto conseguido por el mejoramiento genético. Considero que una de esas características físicas es el tamaño corporal por su relación, tanto con el proceso de producción, como con la eficiencia del mismo. Desde esta perspectiva, resulta de interés conocer la importancia del tamaño corporal, medido a partir del perímetro torácico ajustado, sobre la producción y, fundamentalmente, sobre la eficiencia del proceso de producción de leche en sus diversas etapas, sea que se mida de manera directa o indirecta.

Regresiones parciales:

La primera parte de este estudio comprendió la estimación de las regresiones parciales de la producción y la eficiencia sobre el perímetro torácico ajustado, la edad al parto y el número de parto, lo que permitió además probar la hipótesis relativa a que la eficiencia (medida como ELA) se asocia negativamente al perímetro torácico ajustado.

Como puede apreciarse en los cuadros R.2, R.3 y R.4, tanto el perímetro torácico ajustado como la edad y el número de parto presentan una contribución más bien pequeña a la variación de la producción de leche a 90, 180, 305 y la ajustada a 305 días. De hecho, al comparar los modelos para conocer cuál de las variables tiene mayor influencia sobre la producción a partir de contrastar los CME correspondientes no se encontraron diferencias significativas entre los mismos ($p > 0.05$) a diferencia de los hallazgos de Clark y Touchberry (1962). En este sentido, el único criterio que prevaleció en la comparación fue el valor del coeficiente de determinación del modelo completo en cada caso. Visto de esta manera, la contribución mayor fue la de la edad, seguida del número de parto y del perímetro torácico ajustado.

Es importante resaltar que en los modelos que contemplaron edad o número de parto, los que mejor ajustaron fueron los que incluyeron tanto su efecto lineal como cuadrático, a diferencia del modelo que contempló al perímetro torácico ajustado, donde el que mejor ajustó fue aquel que incluyó sólo su componente lineal. Por tal razón fue factible evaluar desde el punto de vista de cálculo a los dos primeros y se encontró que el valor máximo de la producción se alcanzó a los 78.37, 79.15 y 83.28 meses y a los 4.81, 4.84 y 5.26 partos para las producciones a 90, 180 y ajustada a 305 días respectivamente, aunque sólo esta última resultó significativa ($p < 0.05$). Estos resultados coinciden con el equivalente maduro (EM) de la raza (Schmidt y Van Vleck, 1976) y con lo señalado por Clark y Touchberry (1962). El valor encontrado de 5.26 partos para PRLA es exactamente el mismo que se obtiene si se evalúa la ecuación

cuadrática estimada por Castro (1971). Los coeficientes de regresión parciales se presentan en dichos cuadros (R.2, R.3 y R.4).

De manera análoga, puede apreciarse en los cuadros R.5, R.6 y R.7, que tanto el perímetro torácico ajustado como la edad y el número de parto presentan una contribución más bien pequeña a la variación de la eficiencia a 90, 180, 305 y la ajustada a 305 días. En este caso también, al comparar los modelos para conocer cuál de las variables tiene mayor influencia sobre la eficiencia a partir de contrastar los CME correspondientes, no se encontraron diferencias significativas entre los mismos ($p > 0.05$). El único criterio que prevaleció entonces en la comparación fue el valor del coeficiente de determinación del modelo completo en cada caso, si bien es un hecho que en todos los casos fue bastante bajo. Desde esta óptica, la contribución mayor fue, para la eficiencia a 90 y 180 días, el número de parto (0.170 y 0.071, respectivamente) seguido de la edad (0.167 y 0.068, respectivamente) y del PTA (0.06 y 0.04); para la eficiencia a 305 días fue el PTA, seguido de la edad y el número de parto, pero ninguno resultó significativo; y para la eficiencia ajustada a 305 días fue el PTA, seguido del número de parto y de la edad, pero sólo el resultó significativo el PTA con un coeficiente de determinación muy pequeño (0.03).

Al igual que en los modelos para producción, en los que contemplaron a la edad o al número de parto los que mejor ajustaron fueron los que incluyeron tanto su efecto lineal como cuadrático, a diferencia del modelo donde se consideró al PTA, donde el que mejor ajustó fue aquel que incluyó sólo su componente lineal. Por tal motivo fue posible evaluar desde el punto de vista del cálculo a los dos primeros y se encontró que la máxima ELA se alcanzó a los 75.31, 74.10 y 67.39 meses y a los 4.56, 4.45 y 4.25 partos para los valores de ELA a 90, 180 y ajustada a 305 días respectivamente, lo que vuelve a coincidir con el EM de la raza. Los coeficientes de regresión parciales se presentan en dichos cuadros (R.5, R.6 y R.7) para las vacas en general, y en el análisis dentro de parto en los cuadros R.13 al R.17 para perímetro torácico ajustado (sólo componente lineal) y en los cuadros R.28 al R.37 (componente lineal y cuadrático o sólo lineal) destacando que no existen antecedentes en la literatura para su comparación. Es de resaltar que dichos coeficientes son positivos a 90 días y negativos en la ajustada a 305 días, lo que revela que la eficiencia del proceso a 90 días (ELA90) es mejor en las vacas grandes dada su aparente mayor capacidad de movilización de reservas corporales (Hoooven y col., 1968; Moe y col., 1971; y Wood y col., 1980) pero a 305 días (ELA305) son más eficientes las vacas con perímetro torácico ajustado menor. Algo similar se presenta al considerar la edad y el número de parto, ya que el coeficiente de regresión parcial es positivo en su componente lineal y negativo en el cuadrático. Al evaluar dichas ecuaciones se pudo confirmar que la eficiencia (medida como ELA) es inferior en las vacas de primer y segundo parto por tratarse de animales que aún no terminan su desarrollo, esto es, cuya tasa de crecimiento es mayor que su tasa de producción, pero no sólo eso, sino que dicha eficiencia (medida como ELA) se reduce nuevamente en las vacas a partir del sexto parto, aparentemente por que la producción de leche sufre una ligera declinación en asociada a la edad (envejecimiento) mientras el tamaño (medido como PTA) no presenta cambios en dichos animales; lo anterior se reforzó al evaluar la ecuación con respecto a edad donde se apreció que dicha eficiencia (ELAAJ) fue óptima alrededor de los 67 meses.

Un hecho importante es que mientras el máximo valor de PRLA se alcanzó a los 83.28 meses, el de ELAAJ ocurrió a los 67.39 meses, lo que deja de manifiesto que si bien la producción continuó aumentando después de los 67 meses el perímetro torácico ajustado aumentó más, reduciendo la eficiencia del proceso total.

Debe mencionarse, no obstante, que al revisar los resultados anteriores pudo notarse que el perímetro torácico ajustado se encontraba confundido con la edad y, fundamentalmente, con el número de parto. Esta fue la razón que condujo a realizar nuevamente el análisis pero por número de parto (cuadros R.8 al R.37).

Al estudiar dichos modelos sólo resultaron significativos la producción sobre el perímetro torácico ajustado en las de primer parto a P90, P180 y PRLA (Cuadro R.8) y -a diferencia de lo planteado por Miller y McGilliard (1959), Clark y Touchbery (1962) y Johansson (1964)- no se apreció un efecto cuadrático para PTA ni para edad en este grupo de vacas; en las de tercer parto a P305 (Cuadro R.10) y en las de cinco o más partos a P90 (Cuadro R.12). Al realizar la regresión de la producción sobre la edad resultó significativo sólo cuando se incluyó exclusivamente su componente lineal en las vacas de tres partos para P90, P180 y PRLA (Cuadro R.23) y en las de cinco o más partos resultaron significativas para P90, P180 y PRLA pero incluyendo sus componentes lineal y cuadrático en el modelo (Cuadro R.26).

De manera análoga, al analizar dichos modelos sólo resultaron significativos al evaluar la eficiencia en las de primer parto sobre el perímetro torácico ajustado para ELA90 y ELAAJ (Cuadro R.13) en las de segundo parto para ELA90, ELA180, ELA305 y ELAAJ (Cuadro R.14) y en las de cuarto parto para ELA90 (Cuadro R.16). En todos los casos el coeficiente de regresión parcial resultó negativo, lo que confirmó el hecho (dentro de número de parto) de que las vacas con perímetros torácicos ajustados mayores son menos eficientes. Al estudiar la eficiencia sobre la edad resultó significativo sólo cuando se incluyó únicamente su componente lineal en segundo parto para ELAAJ (Cuadro R.31) en tercer parto para ELA90, ELA180 y ELAAJ (Cuadro R.33) y cuando se incluyeron en el modelo tanto su componente lineal como cuadrático, en las vacas de primer parto para ELAAJ (Cuadro R.28) en las de segundo parto para ELA180 (Cuadro R.30) y las de cinco o más partos para ELA90, ELA180 y ELAAJ (Cuadro R.36).

La presencia de un coeficiente de regresión parcial lineal negativo más bien grande y uno cuadrático positivo muy pequeño en las vacas de primer a cuarto partos (Cuadros R.18, R.20, R.22 y R.24) reveló que las producciones máximas se presentaron en las vacas más jóvenes dentro de parto; estos coeficientes invierten sus signos en las vacas de 5 o más partos (Cuadro R.26) y presentan óptimos de producción a los 88.38, 87.04 y 94.05 meses de edad al parto para P90, P180 y PRLA, respectivamente.

En los análisis para evaluar la eficiencia sobre la edad dentro de número de parto se presentaron coeficientes más bien pequeños con el lineal negativo y el cuadrático positivo que al evaluarse dan la eficiencia máxima cuando la edad dentro de parto es mayor en las vacas de primer parto (ELA90 y ELAAJ; Cuadro R.23) pero menor en las de segundo parto (ELA180; Cuadro R.30). En las vacas de cinco o más partos el coeficiente lineal es positivo y el cuadrático es negativo pero pequeño (Cuadro R.36) y al evaluarse se encontró la edad óptima en 103.04, 90.85 y 86.61 meses de edad al parto para ELA90, ELA180 y ELAAJ, respectivamente, para ese grupo de vacas, lo que representa que dentro de dicho grupo son más eficientes las vacas jóvenes, ya que su

media para ELAAJ se estimó en 91.95 meses y deja de manifiesto que los valores de ELA en cada etapa corresponden a características con componentes genéticos y ambientales diferentes, como se puede confirmar más adelante con la interpretación de las correlaciones fenotípicas y genéticas.

Conviene resaltar que en todos los casos en el análisis dentro de parto, la contribución a la variación, tanto sobre producción como sobre eficiencia, continuó siendo pequeña. La no significancia observada en algunos partos y en algunas etapas productivas del proceso (fundamentalmente a 305 días) pudiera ser atribuida tanto a su efecto más bien pequeño como a un tamaño de muestra reducido ($n = 98, 67, 35, 26$ y 24 , para las vacas de primer, segundo, tercero, cuarto y quinto o más partos, respectivamente).

La mayoría de las regresiones parciales de producción sobre peso y edad reportadas en la literatura provienen de vacas de primer parto y no existen referencias de regresiones de producción sobre el perímetro torácico (aunque sí, del perímetro torácico sobre la producción estimada en -0.1481 cm de perímetro torácico -a los 60 días posparto- contra la LCG producida de los 60 a los 120 días posparto, en vacas de primer parto, por Hickman y Bowden, 1971) si bien es frecuente que en las que mencionan los pesos corporales, éstos sean en realidad estimados a partir del perímetro torácico. Ridler y col. (1965) por ejemplo, estimaron la regresión parcial de la producción láctea a duración de lactación constante sobre el peso inicial posparto, en 530 Kg LCG/100 Kg de peso vivo, Miller y McGilliard (1959) en 200 Kg/100 Kg de peso vivo, Clark y Touchberry (1962) de 134 Kg/100 Kg de peso vivo, en estos tres casos en vacas de primer parto, Harville y Henderson (1966) en 342 Kg/100 Kg de peso vivo, pero en este caso se trata de la producción de leche a EM sobre el peso a edad constante, y de 30.5 Kg/mes de edad, mientras Farthing y Legates (1958) en 16 kilogramos LCG/100 kilogramos de peso vivo en Holstein, y Hillers y Freeman (1965) en -4.09 a 117.1 kg de leche/mes de edad. Por último, Miller y McGilliard (1959) estimaron la regresión de la producción de leche sobre edad cercana a 34 Kg/mes de edad en vacas de primer parto.

En este estudio y para las vacas en general las regresiones parciales de P90, P180, P305 y PRLA sobre PTA se estimaron en $19.06, 24.83, 22.40$ y 21.80 Kg/cm ($p < 0.01$). Dentro de parto y mencionando sólo las significativas ($p < 0.06$) en $5.15, 13.42$ y 15.64 Kg/cm para P90, P180 y PRLA, respectivamente, para las vacas de primer parto, en 15.08 , y 61.94 Kg/cm para las de tercer parto, y en 15.81 para P90 en las de cinco o más partos.

Si consideramos que dentro del rango de mediciones del perímetro torácico ajustado en el presente trabajo (169 a 229 cm) se tiene un promedio aproximado de 12.8 cm para cada 100 Kg de peso vivo (ARS, USDA, Farmers Bulletin No 2176. October, 1961) es posible entonces transformar las regresiones parciales del perímetro torácico ajustado sobre la producción láctea a peso vivo sobre dicha producción. Si se realiza lo anterior tenemos un resultado aproximado de $243.80, 317.55, 286.46$ y de 278.77 Kg leche/100 Kg de peso vivo para las vacas en general para P90, P180, P305 y PRLA, respectivamente. Y de $65.82, 171.63, 210.01$ y de 200.06 Kg leche/100 Kg de peso vivo para las vacas de primer parto para P90, P180, P305 y PRLA, respectivamente. Si observamos los resultados considerando las vacas en general y la producción ajustada a 305 días (aunque en nuestro caso sin corregir a EM) la regresión observada (278.77 Kg/100 Kg de peso vivo) es ligeramente inferior a la observada por Harville y

Henderson (1966) de 342 Kg/100 Kg de peso vivo). Sin embargo la observada para la producción ajustada a 305 en vacas de primer parto (200.06 Kg/100 Kg de peso vivo) es esencialmente la misma a la observada por Miller y McGilliard (1959) de 200 Kg/100 kg de peso vivo. No está demás comentar que en este último estudio el peso vivo se estimó a partir del perímetro torácico.

Los coeficientes de regresión parciales de P90, P180, P305 y PRLA sobre la edad al parto y número de parto (componentes lineal y cuadrático) para las vacas en general se presentan en los cuadros R.3 y R.4. Los coeficientes de regresión parciales de P90, P180, P305 y PRLA sobre la edad, pero en el análisis dentro de parto en donde se incluyen los análisis que contemplan los componentes lineal y cuadrático o solamente el lineal se presentan en los cuadros R.18 al R.27. Se puede destacar a tales coeficientes en las vacas de tercer parto, donde el modelo que ajustó mejor fue el que contempló sólo el componente lineal (Cuadro R.23) y donde dichas regresiones se estimaron en 0.76 (23.04), 1.07 (32.68) y 1.22 (37.24) kg/día (Kg/mes) comparado con el valor de 30.5 Kg/mes encontrado por Harville y Henderson (1966) para vacas en general con corrección para EM y a edad constante.

Heredabilidades:

Se estimó la heredabilidad de la característica PEM, para su comparación con valores encontrados en vacas Holstein mexicanas en un valor de 0.27 ± 0.108 (PEM = 7,190 kg). Este resultado es inferior al encontrado por Castro (1971) de 0.45 ± 0.096 (PEM = 4,271 kg) y por Villareal (1985) de 0.40, pero muy similar al reportado por Nuñez y col. (1982) y por Díaz y col. (1982) ambos de 0.26, por Pérez (1986) de 0.28 y por Avendaño y Mondragón (1990) de 0.25, según reportan Mondragón y Ulloa (1990).

Los modelos empleados en la estimación de la heredabilidad de las características de producción y eficiencia (ELA) (modelo 2) fueron diferentes al utilizado para PTA (modelo 3). Esta decisión se basó en el empleo de modelos que presentaran un mejor ajuste. La heredabilidad de las características estudiadas se presenta en el cuadro R.38. El valor estimado para ELAAJ fue muy similar al encontrado para PEM y para PRLA, con valores de $0.28 (\pm 0.109)$, $0.27 (\pm 0.108)$ y de $0.19 (\pm 0.100)$ respectivamente (Cuadro R.38) lo que implica que en hatos con niveles de producción semejantes a los empleados en este estudio (cuya alimentación se maneja de acuerdo al nivel de producción) pudiera ser factible su inclusión en los programas de selección. La heredabilidad de ELAEM se estimó en 0.64 ± 0.138 , y aún cuando se trata de un valor elevado debe tomarse con cautela ya que seguramente incluye una sobrestimación por el hecho de considerar la edad en el equivalente de madurez que se asocia fuertemente con el tamaño corporal medido como PTA.

Un hecho que llamó la atención fue el observado para el estimador de la heredabilidad de P90 que tuvo un valor alto de $0.77 (\pm 0.156)$. Si tomamos en cuenta este valor (demasiado alto quizás), las heredabilidades de producción parecen descender con el tiempo más abruptamente que las correspondientes a eficiencia (de 0.767 a 0.186 en producción de P90 a PRLA, comparado con de 0.275 a 0.284 de ELA90 a ELAAJ) esto es, el sostenimiento de la producción de leche en el tiempo pareció depender más de factores ambientales que la eficiencia del proceso medida como ELA, que resultó un

poco más consistente a través de la lactancia, lo que parece dar sustento a la hipótesis planteada en este estudio.

El valor estimado para la heredabilidad de las características P305 y ELA305 fue excesivamente pequeño a partir del modelo mixto y de MVR por una inapropiada estimación del componente de varianza de semenal. Sobre este punto debe resaltarse que la estimación de componentes de varianza que resulten cercanos a cero o incluso negativos puede ser el resultado, en principio, del exagerado desbalance en el modelo que conduce a la pérdida de independencia de las sumas de cuadrados. Milliken y Johnson (1984) mencionan que las sumas de cuadrados del análisis de la varianza para los modelos desbalanceados no son necesariamente variables aleatorias, ni cuadradas independientemente distribuidas, por lo que las técnicas para los modelos desbalanceados no pueden aplicarse sin violar las suposiciones, sobre todo cuando el desbalance es grande. Méndez (1981) por su parte apunta igualmente, que un estimador negativo es una inconsistencia en el modelo relativa a normalidad, independencia, igualdad de varianzas y covarianzas, etc. Milliken y Johnson (1984) mencionan además, que para los modelos desbalanceados y tamaños de muestra grandes, los estimadores de máxima verosimilitud pueden usarse en virtud de sus propiedades asintóticas, lo que no ocurre con tamaños de muestra reducidos.

En nuestro caso el tamaño de muestra más bien pequeño para las características P305 y ELA305, y el importante desbalance (Méndez, 1991) pueden ser en consecuencia la causa de la obtención de estos inadecuados estimadores. Este mismo problema se presentó, por ende, en la estimación de las correlaciones genéticas que involucraron a dichas características como se comenta más adelante.

Por otra parte, la heredabilidad estimada para el perímetro torácico ajustado fue de 0.25 (± 0.105) resultado que es ligeramente inferior al valor reportado en la literatura que fluctúa entre 0.28 y 0.66 con un promedio de 0.44 (Joahansson, 1964; y Hickman y Bowden, 1971). Referencialmente, el valor de heredabilidad para peso corporal al parto en la literatura ha sido estimado en 0.19 por Clark y Touchberry (1962), 0.49 por Hooven y col. (1968) y 0.22 por Hickman y Bowden, (1971).

Correlaciones fenotípicas y genéticas:

Como puede apreciarse en el cuadro R.39 las correlaciones fenotípica y genética existentes entre el perímetro torácico ajustado y la producción de leche disminuye al avanzar la lactancia, (de 0.41 ± 0.04 a 0.17 ± 0.04 en las fenotípicas y de 0.89 ± 0.02 a 0.27 ± 0.40 en las genéticas) lo que parece revelar una mayor influencia de diversos factores ambientales con el avance de la misma. En este sentido son varios los autores que consideran que las producciones a 90 y 180 días se influyen menos por efectos ambientales que la lactación completa (McDaniel y Legates, 1965; Clark y Touchberry, 1962; Hickman, 1957 y 1960; O'Connor y Stewart, 1958). De cualquier modo puede resaltarse que dicha correlación fenotípica para PTA con PRLA (0.17 ± 0.035) resultó inferior al promedio de 0.33 entre peso u otra medición de tamaño corporal con producción reportado en la literatura (Cuadro I.1) pero igual a la encontrada por Harville y Henderson (1966) (0.17) entre la producción láctea a EM y el peso corporal ajustado en vacas Holstein y muy similar a las estimadas por Badinga y col. (0.22) (1985) entre

perímetro torácico el día del parto y producción de leche, por Breitenstein y Nöring (1960) (0.13) entre perímetro torácico y producción en vacas maduras y por Miller y McGilliard (1959) (0.23) también del perímetro torácico, dentro de los 30 primeros días posparto con producción.

La correlación genética entre PTA Y PRLA se estimó en 0.27 ± 0.397 y su no significancia estadística estuvo relacionada más bien con una estimación inapropiada de componentes de varianza y covarianza (recordemos que se utilizó un modelo aleatorio que suele producir estimadores sesgados). Si bien no se puede entonces decir que dicha correlación es distinta de cero, tampoco debe soslayarse que de cualquier manera el resultado observado es muy similar al observado por Hooven y col. (0.28 y 0.30) (1968) y por Harville y Henderson (0.30) (1966) entre peso corporal y producción, e igual al encontrado por Miller y McGilliard (0.26) (1959) entre el perímetro torácico dentro de los 30 primeros días posparto y producción, pero superior al promedio de 0.18 reportado en la literatura entre peso u otra medición de tamaño corporal y producción (Cuadro I.1).

Las correlaciones fenotípica y genética existentes entre el perímetro torácico ajustado y la eficiencia (Cuadro R.39) resultaron positivas al considerar el valor a 90 días pero negativas aunque de similar magnitud hacia el final de la lactancia. Así por ejemplo, la correlación fenotípica entre PTA y ELA90 se estimó en 0.15 ± 0.038 y entre PTA y ELAAJ en -0.11 ± 0.035 mientras la correlación genética entre esas mismas características en 0.49 ± 0.081 y -0.50 ± 0.029 , respectivamente. Estos hechos revelan que las vacas con perímetro torácico mayores son más eficientes al inicio de la lactancia, quizás por su mayor habilidad para movilizar reservas corporales, como se mencionó anteriormente, pero más ineficientes al considerar la lactancia en su totalidad. Es de hacer notar que la correlación fenotípica observada entre PTA y ELAAJ es inferior al promedio de -0.22 reportado en la literatura entre eficiencia y peso u otra medición de tamaño corporal (Cuadro I.2) pero igualmente negativa. De la misma manera, la correlación genética observada entre PTA y ELAAJ resultó superior al promedio de -0.37 reportado en la literatura entre peso u otra medición de tamaño corporal y eficiencia (Cuadro I.2) pero igualmente negativa.

Las correlaciones fenotípicas entre P90, P180, P305 y PRLA se pueden apreciar en el cuadro R.42. Son de interés las existentes entre P90 y PRLA estimada en 0.73 ± 0.038 y entre P180 y PRLA de 0.89 ± 0.042 con valores altos como se esperaba. Análogamente, en relación a las correlaciones genéticas (Cuadro R.43) la existente entre P90 y P180 se estimó en 0.97 ± 0.016 , lo que revela que son muchos los genes comunes que influyen ambas características y que operan en el mismo sentido. De manera similar la correlación genética entre P90 y PRLA se estimó en 0.58 ± 0.195 misma que representa una asociación genética relativamente importante. Por último, la correspondiente entre P180 y PRLA se estimó en -0.20 ± 0.367 , por lo que resultó no significativa. De manera referencial, Clark y Touchberry (1962) estimaron la correlación genética entre producción a 180 y producción a 305 días entre 0.70 y 0.90 . Por último, debe hacerse énfasis en que la estimación inadecuada de los componentes de varianza no permitió hacer estimación de las correlaciones genéticas que involucraron a la producción acumulada o eficiencia a los 305 días (P305 y ELA305).

Por otra parte, las correlaciones fenotípicas estimadas entre la producción acumulada y eficiencia en diversas etapas de la lactancia (Cuadro R.40) fueron positivas y altas como era de esperarse, sobre todo las que involucran la medición en la misma

etapa, lo que confirma que las vacas altas productoras son a su vez más eficientes, independientemente de la etapa que se considere. Si tomamos en cuenta la relativa a PRLA y ELAAJ (0.96 ± 0.035) podemos apreciar que es un resultado superior al promedio de 0.74 encontrado en la literatura pero el mismo al estimado por Syrstad (0.95) (1966). Sin embargo, las correlaciones genéticas correspondientes (Cuadro R.41) no tuvieron la misma consistencia. Así por ejemplo, la existente entre P90 y ELAAJ resultó negativa con un valor de -0.65 ± 0.121 . Esto implica que de seleccionarse por producción en esa etapa se reduciría la eficiencia del proceso completo, lo que tiene sentido dado que son las vacas más grandes las que presentan producciones mayores en dicho estadio de la lactación, como se discutió anteriormente. Por lo demás la correlación genética entre producción y eficiencia medida en la misma etapa fue siempre positiva presentando un valor alto a 90 días (0.97 ± 0.013) no significativo a 180 días (0.33 ± 0.566) y medio en la ajustada a 305 días (0.67 ± 0.196). Este último resultado es muy inferior al promedio de 0.91 reportado en la literatura (Cuadro 1.3) y sólo un poco más próximo al estimado por Syrstad (0.82) quien utilizó leche corregida para grasa en vacas de 4 años de edad y perímetro torácico.

Las correlaciones fenotípicas (Cuadro R.44) existentes entre las eficiencias en diversas etapas de la lactancia fueron altas y positivas como se esperaba. Contrariamente, las correspondientes correlaciones genéticas se estimaron en 0.78 ± 0.196 entre ELA90 y ELA180, en 0.63 ± 0.283 entre ELA180 y ELAAJ y (de manera sobresaliente) en -0.50 ± 0.212 entre ELA90 y ELAAJ. Esta última refleja que los genes que participan en ambas eficiencias son esencialmente distintos. Desafortunadamente no existen antecedentes a este respecto en la literatura que permitan su comparación.

Finalmente una correlación fenotípica y genética importante es la existente entre PEM y ELAAJ que se estimó en 0.94 ± 0.036 y 0.86 ± 0.104 , respectivamente (sobre la base de 767 registros de producción procedentes de 98 sementales). Esto revela una asociación genética importante entre ambas biomediciones.

Efecto del criterio de selección sobre el perímetro torácico y la producción de leche:

El último punto en este estudio consistió en determinar el efecto que produciría sobre el perímetro torácico ajustado -como un indicador del tamaño corporal del ganado lechero- así como sobre el nivel de producción de leche, al considerarse alternativamente la selección sobre la base de exclusivamente rendimiento lechero como se ha venido practicando, comparado con el criterio de selección basado en la eficiencia medida como ELA. Tomando en cuenta este planteamiento surgió adicional y paralelamente la pregunta de si estas dos poblaciones difieren previamente en los valores de dichas variables.

En relación a la primera parte de este problema puede decirse que dada la correlación genética estimada en este estudio entre PTA y PRLA (0.27 ± 0.397) no es posible sugerir un cambio en el valor de PTA al seleccionar para PRLA. Sin embargo, los antecedentes en estudios previos parecen indicar que la correlación es positiva y con un valor promedio de 0.18 lo que sugiere que seleccionar para producción produce un

incremento paulatino aunque muy reducido en el tamaño corporal del ganado lechero. Contrariamente, y dada la correlación genética negativa entre PTA y ELAAJ estimada en este estudio (-0.50 ± 0.029) resulta evidente que la selección para eficiencia produciría una reducción del PTA, y dado que la correlación genética entre PRLA y ELAAJ es también positiva (0.67 ± 0.196) aunque no muy elevada se produciría un incremento en la producción de leche, si bien menor al esperado sobre la base de seleccionar por el exclusivamente nivel de producción. Este mismo argumento puede utilizarse para decir que la selección para producción conlleva un incremento en la eficiencia del proceso, si bien menor al esperado sobre la base de exclusivamente seleccionar para eficiencia.

En relación a si las poblaciones seleccionadas difieren previamente conviene enfatizar que, como puede apreciarse en los cuadros R.46 al R.48, existe un traslape muy importante que oscila entre 54.9% y el 80.0% en el 10% superior, 67.4% y el 76.0% en el 20% superior y aumenta entre 72.2% y el 88.6% en el 50% superior. Esto deja de manifiesto que para que dichas poblaciones puedan diferir significativamente es preciso que existan discrepancias importantes entre las vacas que pertenecen sólo a altas productoras (pero que no se consideraron como eficientes) y las que pertenecen sólo al grupo de eficientes (pero que no se consideraron como altas productoras). En los cuadros R.52 y R.53 es posible apreciar que los grupos de sólo eficiencia y sólo producción difieren en PTA, ELAAJ y PEM ($p < 0.05$) al considerar solamente las vacas de primer parto y en ELAAJ y PEM ($p < 0.05$) pero no en el PTA ($p > 0.05$) al considerar las vacas en general para el decil superior. Sin embargo si se forman los dos grupos seleccionados en los que se incluye el traslape es difícil establecer comparaciones y es evidente que las discrepancias dependerán del impacto ocasionado por las vacas fuera del traslape. Al realizar lo anterior puede notarse que no persisten dichas diferencias en las vacas de primer parto ni en las vacas en general. De modo que pueda resaltarse este resultado debe comentarse que el valor de esas discrepancia en el PTA de las vacas de primer parto aunque en terminos de los valores centrales es de 73 kg de peso, corresponde en realidad aproximadamente a sólo 20.0 Kg de peso vivo menos (si se toman en cuenta los valores extremos de los intervalos) para las vacas de primer parto. Así por ejemplo en un hato de 100 animales esta divergencia representa la posibilidad de alimentar alrededor de 4 vacas de primer parto más.

Con el objeto de conocer que ocurre con los valores de PTA, PRLA, ELAAJ y PEM en las vacas con menor capacidad productiva (base PRLA) y menor eficiencia (base ELAAJ) se presentan análogamente los estimados para los grupos 10, 20 y 50 por ciento inferiores en los cuadros R.49 al R.51, en donde puede apreciarse que existe también un importante traslape que va del 63.6% al 85.7%, del 61.2% al 71.4% y del 73.8% al 89.5% para el 10, 20 y 50 por ciento inferiores, respectivamente.

En los cuadros R.52 y R.53 es posible notar que los grupos de sólo ineficiencia y sólo improducción no difieren en PTA ($p > 0.05$) pero sí en ELAAJ ni PEM al considerar tanto a las vacas de primer parto como en general ($p < 0.05$). Sin embargo si se forman los dos grupos seleccionados en los que se incluye el traslape puede notarse que no persisten diferencias significativas ni en las vacas de primer parto ni en las vacas en general para ninguna de las variables por la magnitud del traslape.

Los resultados en general parecen confirmar el planteamiento de Gaines (1942) y de Clark y Touchberry (1962) en relación a que la selección para producción es injusta

con las vacas pequeñas quienes para permanecer en el hato deben ser más eficientes y en consecuencia tener producciones proporcionalmente superiores a las de las vacas de mayor tamaño.

Para concluir es importante comentar que en virtud del gran traslape existente entre ambos criterios de selección el impacto sobre la producción y tamaño al considerar la eficiencia sería más bien pequeño, si bien el autor se inclina por el uso de un criterio que involucre la eficiencia, sea el planteado en este estudio que tiene la ventaja de la simplicidad y facilidad de medición, o sea otro más preciso (medición directa y no indirecta) que pueda aplicarse sobre todo en aquellos hatos donde resulte factible controlar el consumo de alimento, el peso vivo y el nivel de producción láctea a partir de sistemas de producción automatizados.

CONCLUSIONES

1) La influencia del perímetro torácico ajustado, la edad y número de parto sobre la producción y sobre ELA es pequeña y aproximadamente equivalente.

2) El valor de ELAAJ se asocia negativamente al perímetro torácico.

3) El valor de ELAAJ es inferior en vacas de primer y segundo partos por tratarse de animales en los que la tasa de producción es menor a la de su crecimiento por no haber alcanzado su madurez fisiológica. La relación funcional entre ELAAJ y edad al parto y entre ELAAJ y número de parto presentó un componente cuadrático con un óptimo para los 67.39 meses y los 4.25 partos, respectivamente. Los valores menores de ELA antes de ese momento pueden atribuirse a crecimiento y desarrollo y los ulteriores a envejecimiento.

4) La heredabilidad de la característica ELAAJ se estimó en 0.28 ± 0.109 , mientras que para PEM y PRLA en 0.27 ± 0.108 y 0.19 ± 0.100 , respectivamente, lo que que la hace susceptible de selección, permitiendo además esperar ventajas teóricas (en términos de eficiencia) al incorporarla en los programas de selección.

5) La heredabilidad de la característica ELA desciende menos abruptamente a través de la lactancia que la de producción, lo que parece revelar que la eficiencia medida de esa manera es menos susceptible a factores ambientales que la producción *per se*.

6) Las correlaciones fenotípicas y genéticas existentes entre PTA y producción disminuyen al avanzar la lactancia de manera importante de 0.41 a 0.170 y de 0.89 a 0.27, respectivamente, mientras que las correspondientes de eficiencia cambian incluso de signo al avanzar la lactancia de 0.15 a -0.11 y de 0.49 a -0.50, respectivamente.

7) El valor promedio de PTA en los animales seleccionados considerando el criterio de ELAAJ es menor que el de los seleccionados sólo en vacas de primer parto sobre la base de tomar en cuenta como criterio exclusivamente el valor de producción a equivalente maduro.

8) El valor promedio de producción de leche en los animales seleccionados considerando el criterio de producción a equivalente maduro no es significativamente mayor que el de los seleccionados sobre la base de tomar en cuenta como criterio de selección el valor de ELAAJ.

9) La selección para eficiencia medida como ELAAJ tendría como resultado una disminución del tamaño corporal de las vacas medido a partir del PTA y no produciría una disminución importante del nivel de producción de leche medido como PRLA, y posiblemente tampoco sobre PEM.

10) Dado que el valor de ELAAJ es una medida muy simple y fácil de obtener, su inclusión en los programas de selección del ganado Holstein-Friesian presenta ventajas teóricas, que aunque pequeñas, pueden repercutir favorablemente en la economía de la empresa dedicada a la producción de leche.

LITERATURA CITADA

ARS, USDA. Farmers Bulletin No2176. Animal Husbandry Research Division. Mimeo. USA. October 1961.

Avendaño, R. L. y Mondragón, V.: Índice de herencia para producción de leche en hatos Holstein. En prensa. Citado por Mondragón y Ulloa (1990)

Badinga, L., Collier, R. J., Wilcox, C. J. and Thatcher, W. W.: Interrelationships of milk yield, body weight, and reproductive performance. J. Dairy Sci., **68**: 1828-1831 (1985)

Baker, G. A., Mead, S.W. and Regan, W. M.: Effect of inbreeding on the growth curves of height at withers and weight and heart girth of Holstein females. J. Dairy Sci., **28**:607 (1945)

Bar-Anan, R. and Ron, M.: Genetic correlations among progeny groups for type traits, milk yield, yield persistency, and culling rates. J. Dairy Sci., **66**: 2438-2440 (1983)

Barker, J. S. F. and Robertson, A.: Genetic and phenotypic parameters for the first three lactations in Friesian cows. Anim. Prod., **8**: 221 (1966). Citado por Tomaszewski y colaboradores (1975)

Bereskin, B. and Touchberry, W. R.: Some relationships of body weight and age with first lactation yield. J. Dairy Sci., **49**: 869-873 (1966)

Bines, J. A: Voluntary food intake. In: Feeding strategy for the high yielding dairy cow. W. H. Broster and H. Swan Editors, USA. 1979.

Blackmore, D. W., McGilliard, L. D. and Lush, L. J.: Genetic relations between body measurements at three ages in Holsteins. J. Dairy Sci., **41**: 1045-1049 (1958a)

Blackmore, D. W., McGilliard, L. D. and Lush, L. J.: Relationships between body measurements, meat conformation, and milk production. J. Dairy Sci., **41**: 1050-1056 (1958b)

Branton, C., McDowell, R. E., Frye, J. B. and Johns, D. M.: Growth and production characteristics of Holstein Friesian, Brown Swiss and Red Sindhi crossbred females in Louisiana and Maryland. J. Dairy Sci., **44**: 1344-1355 (1961)

Branton, C. and Stone, E. J.: Interrelationships of age, body weight, and milk production in Holstein cows in Louisiana. J. Anim. Sci., **16**: 1068 (1957)

Breitenstein, K. G. und Nöring, L.: Untersuchungen über Beziehungen zwischen korem performen und Leistungen beim Höhenfleckvieh. Tierzucht, **14**: 397-400 (1960). Citado por Johansson (1964)

- Brody, S.: Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Co., New York, N. Y. 1023 pp, 1945. Citado por Johansson (1964)
- Broster, W. H., Broster, V. J., Valerie, J., Smith, T. and Siviter J. W.: Experiments on the nutrition of the dairy heifer. IX. Food utilization in lactation. J. Agric. Sci., 84: 173 (1975). Citado por Wiktorsson (1979).
- Buttazzoni, L. and Mao, I. L.: Genetic parameters of estimated net energy efficiencies for milk production, maintenance, and body weight change in dairy cows. J. Dairy Sci., 72: (3): 671-677 (1989)
- Castro, G. H.A. M.: Estimación de parámetros genéticos en un hato de ganado Holstein. Tesis de Licenciatura. FMVZ. UNAM. México, 1971.
- Clark, R. D. and Touchberry, W. R.: Effect of body weight and age at calving on milk production in Holstein cattle. J. Dairy Sci., 45: 1500-1510 (1962)
- Davis, H. P., Morgan, R. F. and Gaines, W. L.: Liveweight and milk energy yield in the Nebraska Station Dairy Herd. J. Dairy Sci., 26: 625-641 (1943)
- Díaz, G. R., Regalado, G., Apodaca, S. C., Nuñez, R. y Tewolde, A.: Índice de herencia de producción de leche provenientes de tres hatos Holstein en la comarca lagunera. XVI Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Resumen 56. 1982. Citado por Mondragón y Ulloa (1990).
- Dickerson, G. E.: Efficiency of animal production: molding the biological components. J. Anim. Sci., 30: 849-859 (1970). Citado por Morris y Wilton (1976)
- Dickinson, F. N., McDaniel, B. T. and McDowel, R. E.: Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. J. Dairy Sci., 52: 489-497 (1969)
- Dinkel, C. A., Wilson, L. L., Tuma, H. J. and Minyard, J. A.: Ratios and percents as measures of carcass traits. J. Anim. Sci., 24: 425-429 (1965)
- Erb, R. E. and Ashworth, U. S.: Relationships between age, body weight, and yield of dairy cows. J. Dairy Sci., 44: 515-523 (1961)
- Farthing, B. R.: The relation between weight and production in dairy cattle. Dissertation Abs., 19: 5(1958)
- Farthing, B. R. and Legates, J. E.: Relation between weight and production in dairy cattle. J. Dairy Sci., 41: 747-748 (1958)
- Fisher, L. J., Hall, J. W. and Jones, S. E.: Growth rate of heifers as related to milk yield and composition. Can. J. Anim. Sci., 61: 1097 (1981)

- Fisher, L. J., Hall, J. W. and Jones, S. E.: Weight and age at calving and weight change related to first lactation milk yield. J. Dairy Sci., 66: 2167-2172 (1983)
- Fitzhugh, H. A. Jr. and Taylor, ST. C. S.: Genetic analysis of degree of maturity. J. Anim. Sci., 33: 717-725 (1971)
- Flatt, W. P., Moe, P. W., Munson, A. W. and Cooper, I: Energy utilization by high producing dairy cows. II Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. Proc. 4th Symp. Energy Metab. EAAP. Publ. No 12: 235. Oriel Press. Newcastle. 1969. Citado por Wiktorsson (1979)
- Freeman, A. E.: Genetic aspects of the efficiency of nutrient utilization for milk production. J. Anim. Sci., 26: 976-983 (1967)
- Freeman, A. E. and Roache, K. L.: Body measurements and their use in predicting milk production. J. Dairy Sci., 44: 1197 (Abstr.) (1961)
- Freeman, A. E.: Genetic relationship among the first three lactations of Holstein cows. J. Dairy Sci., 43: 876 (1960). Citado por Tomaszewski y colaboradores (1975)
- Freund, J. R. and Littell R.C.: SAS for linear models. A guide to the ANOVA and GLM procedures. SAS series in statistical applications. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 1981.
- Gaines, W. L.: An efficiency formula for dairy cows. Science., 67: 353 (1928)
- Gaines, W. L.: Size of cow and efficiency of milk production. J. Dairy Sci., 14: 14 (1931)
- Gaines, W. L.: Milk energy and the correlation between fat percentage and milk yield. J. Dairy Sci., 23: 337-342 (1940)
- Gaines, W. L.: Live weight of cow at various stages of lactation in relation to milk energy yield. J. Dairy Sci., 24: 795-797 (1941)
- Gaines, W. L.: Live weight and milk yield. Holstein Friesian World., 2: 28 (1942)
- Gaines, W. L., Rhode, C. S. and Cash, J. G.: Age, liveweight, and milk energy yield in Illinois cows. J. Dairy Sci., 23: 1031-1044 (1940)
- Gowen, J. W.: Studies in milk secretion. Genetics., 5: 111-188 (1920)
- Gowen, J. W.: The size of the cow in relation to the size of her milk production. J. Agr. Res., 30: 865-869 (1925)
- Harris, D. L.: Breeding for efficiency in livestock production: defining the economic objectives. J. Anim. Sci., 30: 860-865 (1970)

- Harville, D. A. and Henderson, C. R.: Interrelationships between body size and milk production. J. Anim. Sci., 23: 849 (1964)
- Harville, D. A. and Henderson, C. R.: Interrelationships among age, body weight and production traits during first lactation of dairy cattle. J. Dairy Sci., 49: 1254-1261 (1966). Citado por Morris y Wilton (1976)
- Heidhues, T., Swett, W. W. and Kiddy, C. A.: Interrelationships between certain measurements of external body form, internal anatomy, and fat production. J. Dairy Sci., 44: 115-124 (1961)
- Henderson, C. R.: Estimation of variance and covariance components. Biometrics, 9: 226-252 (1953)
- Hickman, C. G.: Production studies on Experimental Farms Dairy Herds. I. Age correction of 180-day milk yield. Can J. Anim. Sci., 37: 123 (1957)
- Hickman, C. G.: Production studies on Experimental Farms Dairy Herds. II. Usefulness of 180-day yield for culling. Can J. Genet. Cytol., 2: 189 (1960)
- Hickman, C. G. and Bowden, D. M.: Correlated genetic responses of feed efficiency, growth, and body size in cattle selected for milk solids yield. J. Dairy Sci., 54: 1848-1855 (1971)
- Hickman, C. G. and Henderson, C. R.: Components of the relationships between level of production and rate of maturity in dairy cattle. J. Dairy Sci., 38: 883-890 (1955)
- Hickman, C. G., Lee, A. J., Slen, S. B. and Kozub, G. C.: Influence of body size during lactation on level of milk production. Can. J. Anim. Sci., 51: 317-325 (1971)
- Hillers, J. K. and Freeman, A. E.: Differences between sires in rate of maturity of their daughters. J. Dairy Sci., 48: 1680-1683 (1965)
- Hofmeyr, J.: A study of danish and swedish progeny testing methods for dairy bulls. K. LandtbrHögskol. Ann., Uppsala., 22: 425-488 (1956). A. B. A., 25, No 1228. Citado por Johansson (1964)
- Holmes, W.: Size of animal in relation to productivity. Nutritional aspects. Proc. Br. Soc. Anim. Prod. 2 (new series) pp 27-34 (1973). Citado por Morris y Wilton (1976)
- Hooven, N. W. Jr., Miller, R. H. and Plowman, R. D.: Genetic and environmental relationships among efficiency yield, consumption and weight of Holstein cows. J. Dairy Sci., 51: 1409-1419 (1968)
- Hooven, N. W. Jr. and Matthews, C. A.: Analysis of feed efficiency on six sire groups in the Beltsville Holstein herd. J. Dairy Sci., 41: 747 (1958)

Johansson, I.: An analysis of data from the Danish bull progeny testing stations. Z. Tierz. ZüchtBiol., 63: 105-126 (1954). A. B. A., 11, No 156. Citado por Johansson (1964)

Johansson, I.: The relation between body size, conformation and milk yield in dairy cattle. Anim. Breed. Abstr., 32: 421-435 (1964)

Johansson, I. and Hildeman, S. E.: The relationship between certain body measurements and live and slaughter weight in cattle. Anim. Breed. Abstr., 22: 1-17 (1954)

Kennedy, B. W., Sola, G. and Moxley, J. E.: Correction factors for first, second and last test day milk yields. Can. J. Anim. Sci., 58: 419 (1978)

Klosterman, E. W.: Beef cattle for maximum efficiency. J. Anim. Sci., 34: 875-888 (1972)

Lilliefors, H. W.: On the Kolmogoroff-Smirnoff test for normality with mean and variance unknown. J. Am. Stat. Assoc., 64: 387-389 (1967)

Lin, C. Y., Batra, J. R., MacAllister, A. J., Darisse, J. P. F., Lee, A. J., Roy, G. L., Vesely, J. A. and Winter, K. A.: Relation of weight changes within and between lactation to milk yield. Can. J. Anim. Sci., 61: 1096 (1981)

Lin, C. Y., McAllister, A. J. and Lee, A. J.: Multitrait estimation of relationships of first-lactation yields to body weight changes in Holstein heifers. J. Dairy Sci., 68: 2954-2963 (1985)

Long, C. R., Cartwright, T. C. and Fitzhugh, H. A. Jr.: Systems analysis of sources of genetic and environmental variation in efficiency of beef production: cow size and herd management. J. Anim. Sci., 40: 409-420 (1975)

Lush, L. J.: Animal breeding plans. 3rd ed. Iowa State University Press., Ames, Iowa, USA, 1945.

Lush, L. J. and Shrode, R. R.: Changes in milk production with age and milk frequency. J. Dairy Sci., 33: 338-358 (1958)

Martin, T. G., Jacobson, N. L., McGilliard, L. D. and Homeyer, P. G.: Factors related to weight gain of dairy calves. J. Dairy Sci., 45: 886-892 (1962)

Martin, T. G., y col. United States: Usefulness of certain body measurements for predicting milk production of dairy animals. Sth. Coop. Ser. Bull., No 80 (1961), (N. cent. reg. Publ., No 133): 16 pp. A.B.A., 31, No 1912. Citado en forma incompleta por Joahansson (1964)

Mason, I. L., Robertson, A. and Gjelstad, B.: The genetic connexion between body size, milk production, and efficiency in dairy cattle. J. Dairy Res., 24: 135-143 (1957)

McDaniel, B. T.: Associations between body weight predicted from heart girth and production traits in Holstein cows. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh. U.S.A. 1964.

McDaniel, B. T. and Legates, J. E.: Relationship between body weight and production traits in Holstein cows. J. Dairy Sci., 46: 620-621 (1963)

McDaniel, B. T. and Legates, J. E.: Associations between body weight predicted from heart girth and production. J. Dairy Sci., 48: 947-956 (1965)

McDowell, R. E., Camoens, D. G. St. Louis., Cabello, F. E. and Christansen, E.: Factors for standardizing lactation records made by Holstein-Friesians in México for age and month of calving. Mimeo. Animal Science Department of Cornell University, N. Y. Asociación de Criadores de Holstein Friesian de México, Oro. México, y el Departamento de Zootecnia del ITESM, Monterrey, México, Mayo. 1975.

Méndez, R. I.: Modelos mixtos y aleatorios en el diseño y análisis de experimentos. Comunicaciones Técnicas. Serie Azul. IIMAS. UNAM. Vol 4, No 31. 1981.

Méndez, R. I.: Modelos estadísticos lineales en la investigación comparativa. Monografías. IIMAS. UNAM. Vol 1, No 4. Julio de 1991.

Miller, R. H. and McGilliard, L. D.: Relations between weight at first calving and milk production during the first lactation. J. Dairy. Sci., 42: 1932-1943 (1959)

Miller, R. H., Pearson, R. E., Fulton, L. A. and Weinland, B. T.: Comparison of single and multiple trait selected sires-response of heifer growth. J. Dairy Sci., 66: 2563-2567 (1983)

Milliken, A. G. and Johnson, E. D.: Analysis of messy data. Designed Experiments. Volume I. Lifetime Learning Publications. U.S.A. 1984.

Moe, P. W., Tyrrell, H. F. and Flatt, W. P.: Energetics of body tissue mobilization. J. Dairy Sci., 54: 548-553 (1971)

Moe, P. W.: Energy metabolism of dairy cattle. J. Dairy Sci., 64: 1120 (1981)

Mondragón, V. I. y Ulloa, A. R.: Evolución de la ganadería Holstein mexicana. Memoria del Seminario Internacional "Mejoramiento Genético de Bovinos Lecheros" (Aspectos relevantes). Centro de Ganadería, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México. México, 1990

- Morris, C. A. and Wilton, J. W.: Influence of body size on the biological efficiency of cows. A review. Can. J. Anim. Sci., 56 (4): 613-647 (1976)
- National Research Council, Committee on Animal Nutrition, Report of the Conference on Energy Metabolism. Washington, D. C., U.S.A., 1935.
- National Research Council.: Nutrient requirements of dairy cattle. 6th revised edition, update 1989. National Academy of Sciences. Washington, D. C., U.S.A. 1990.
- Nicholson, H. H., Schaeffer, L. R., Freeman, M. G. and Burnside, E. B.: Usefulness of later records in dairy sire evaluation. J. Dairy Sci., 57: 615 (Abs.) (1974)
- Nöring, L.: Untersuchungen über Körperentwicklung und Leistungen von Schwarzbunten Niederungsvieh in der Höhenlage unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsformen bei optimal Aufzuchtbedingungen. Arch. Tierz., 5: 251-280 (1962). A.B.A., 32, No 1909. Citado por Johansson (1964)
- Núñez, D. R., Regalado, R. y Tewelde, A.: Evaluación genética de la producción de leche en un hato Holstein. Prod. Anim. Trop., 8: 74 (1982). Citado por Mondragón y Ulloa (1990)
- O'Connor, L. K. and Stewart, A.: The use of 180-day records in contemporary comparisons. Rep. Prod. Div. Milk Mktg. Bd., 8: 93 (1958)
- Oldham, J. D., Simm, G., Wray, N. and Persaud, P.: Breeding more profitable dairy cows. Genetics and Behavioural Sciences Department. Scottish Agricultural College Edinburgh. Edinburgh School of Agriculture. In 'Dairy Cattle Breeding in Europe', Santander, Spain, 2-3 May, 11 pages. 1991.
- Pérez, M. A.: Mejoramiento genético de un hato lechero en Mexicali, B. C. México. Tesis de Maestría. Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 1986. Citado por Mondragón y Ulloa (1990)
- Powell, R. L., Norman, H. D. and Dickinson, F. N.: Trends in breeding value and production. J. Dairy Sci., 60: 1316 (1977)
- Ridler, B., Broster, W. H. and Westgarth, D. R.: The influence of liveweight at calving on milk production in Friesian heifers. J. Dairy Res., 32: 135-141 (1965). Citado por Morris y Wilton (1976)
- Robertson, A.: The sampling variance of the genetic correlation coefficient. Biometrics, 15: 469-485 (1959)
- Robertson, A.: Body size and efficiency. Proc. Br. Soc. Anim. Prod., 2. (new series), pp 9-14 (1973). Citado por Morris y Wilton (1976)

SAS/STAT guide for personal computers, Version 6.03. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 1991.

Schmidt, G. H. y an Vleck, L. D.: Bases científicas de la producción lechera. 1a ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1976.

Sieber, M., Freeman, A. E. and Kelley, D. H.: Relationships between body measurements, body weight, and productivity in Holstein dairy cows. J. Dairy Sci., 71: 3437-3445 (1988)

Singh, B. N. and Plum, M.: The relationship between early growth rate and later butterfat production in dairy cows. J. Dairy Sci., 34: 504 (1951). Citado por Holtz y colaboradores (1961)

Stone, J. B., Trimberger, G. W., Henderson, C. R., Reid, J. T., Turk, K. L. and Loosli, J. K.: Forage intake and efficiency of feed utilization in dairy cattle. J. Dairy Sci., 43: 1275-1281 (1960)

Swiger, L. A., Harvey, W. R., Everson, D. O. and Gregory, K. E.: The variance of intraclass correlation involving groups with one observation. Biometrics., 20: 818 (1964). Citado por Villarreal (1975)

Syrstad, O.: Studies on dairy herd records. IV Estimates of phenotypic and genetic parameters. Acta Agric. Scand., 16: 79-96 (1966)

Taylor, St. C. S.: Genetic differences in milk production in relation to mature body weight. Proc. Br. Soc. Anim. Prod., 2. (new series), pp 15-25 (1973). Citado por Morris y Wilton (1976)

Taylor, ST. C. S. and Fitzhugh, H. A. Jr.: Genetic relationships between mature weight and time taken to mature within a breed. J. Anim. Sci., 33: 726-731 (1971)

Tomaszewski, M. A., McDaniel, B. T., Norman, H. D. and Dickinson, F. N.: Relations between sire summaries of first and second lactations. J. Dairy Sci., 58: 116-121 (1975)

Touchberry, R. W.: Genetic correlations between five body measurements, weight, type, and production in the same individual among Holstein cows. J. Dairy Sci., 34: 242-255 (1951)

Trimberger, W. G.: Dairy cattle judging techniques. 2nd ed. Prentice Hall, USA, 1977.

Turner, C. W.: The relation between weight and fat production of Guernsey cattle. J. Dairy Sci., 12: 60 (1929). Citado por Johansson (1964)

Turner, C. W.: The inheritance of body weight in relation to milk secretion. Missouri Agr. Expt. Sta., Bull. 147, (1930). Citado por Johansson (1964)

United States Dairy Association. Dairy Herd Improvement Letter, Vol 41, No 6 USDA-ARS 44-164, 1965.

Van Vleck, D.: Summary of methods for estimating genetic parameters using simple statistical models. Department of Animal Science. Cornell University. Mimeo. 1979.

Villarreal, M.: Some factors affecting production traits in Brahman cattle in Mexico. M.Sc Thesis. Michigan State University. 1975.

Villarreal, M.: Analysis of the error variance-covariance matrix of first, second and third lactations in mexican Holstein. Ph.D. Thesis. Michigan State University. 1985. Citado por Mondragón y Ulloa (1990)

Wada, H. and Turner, C. W.: Effect of recurring pregnancy on mammary gland growth in mice. J. Dairy Sci., 42: 1198-1202 (1959)

Wallace, L. R.: Effect of size and yield on dairy cow efficiency. N. Z. Dairy Exporter, 32: 12-17 (1956). Citado por Mason y colaboradores (1957)

Weber, F.: Die statistischen und genetischen Grundlagen von Körpermessungen am Rind. Z. Tierz. Zücht. Biol., 69: 225-260 (1957). A.B.A., 25, No 1811. Citado por Johansson (1964)

Wiktorsson, H.: General nutrition plane for dairy cows. In: Feeding strategy for the high yielding dairy cow. W. H. Broster and H. Swan Editors, USA. 1979.

Wilk, J. C., Young, C. W. and Cole, C. L.: Genetic and phenotypic relationships between certain body measurements and first lactation milk production in dairy cattle. J. Dairy Sci., 46: 1273-1277 (1963)

Wilton, J. W., Morris, C. A., Jenson, E. A., Leigh, A. O. and Pfeiffer, W. C.: A linear programming model for beef cattle production. Can. J. Anim. Sci., 54: 693-707 (1974)

Wood, P. D. P.: A simple model of lactation curves for milk yield, food requirement and body weight. Anim. Prod., 28: 55-63 (1979)

Wood, P. D. P., King, J. O. L. and Youdan, P. G.: Relationships between size, liveweight change and milk production characters in early lactation in dairy cattle. Anim. Prod., 31: 143-151 (1980)

Wright, S.: On the nature of size factors. Genetics, 3: 367-374 (1918). Citado por Johansson (1964)

Wright, S.: General, group and special size factors. Genetics, 17: 603-619 (1932).
Citado por Johansson (1964)

APENDICE

CUADRO LI

CORRELACIONES ENTRE PRODUCCION DE LECHE Y TALLA CORPORAL**

Autores	Fenotípica	Genotípica	Detalles de las mediciones
Badings y col. (1985)	0.22	-0.09	Perímetro torácico el día del parto
Clark y Touchberry (1962)	Positiva	-0.12	Mezcla de las 4 lactancias
Gaines y col. (1940)	0.9 (aprox)	0.45	Datos derivados de LCG/W con W Sin ajustes; todas las lactancias
Davis y col. (1943), Breitenstein y Nörning (1960), Harville y Henderson (1966)	0.41 0.13 0.12 y 0.17	0.30	Peso dentro de 30 días posparto. Perímetro torácico en vacas meduras. Leche (EM). Pesos ajustados a edad para vaquillas
Hooven y col. (1968)	0.44	0.30	LCG; Ajustado a edad sólo para la correlación genética
Hooven y col. (1968)		0.28	LCG; Vacas de primer parto
Lin y col. (1985)	0.72	0.76	Vaquillas (primer parto sin ajustar)
Mason y col. (1957)	Positiva	-0.06	LCG; perímetro torácico a edad al parto constante
		-0.07	LCG; peso corporal a edad al parto constante
		0.26	LCG; alzada a edad al parto constante
Miller y McGilbard (1959)	0.23	0.26	Sin corrección para edad
Ridler y col. (1965)	Regresión de 530 Kg LCG/100 Kg de peso vivo	Positiva	Duración de la lactancia constante
Syrstad (1966)	-0.03	-0.13	LCG para 4 años de edad; talla medida como perímetro torácico
PROMEDIO	0.331	0.178	

* Tamaño corporal medido como peso corporal, a menos que se indique otra medida.

** Modificado de Morris y Wilton (1976).

CUADRO L2

CORRELACIONES ENTRE EFICIENCIA LECHERA^a Y TALLA CORPORAL^b

Autores	Fenotípica	Genotípica	Detalles de las mediciones
Dickinson y col. (1969)	-0.27		Sin ajustar para edad, solamente vaquillas
Dickinson y col. (1969)	-0.38		Eficiencia alimenticia y perímetro torácico
Gzines y col. (1940)	Negativo		Sin ajustar para edad, todas las lactaciones
Hooven y col. (1968)	-0.04	-0.12	LCG, registros ajustados para edad
Hooven y col. (1968)		-0.17	LCG, vacas de primer parto
Mason y col. (1957)		-0.33	LCG, talla medida como alzada a producción constante
Stone y col. (1960)	-0.08		LCG, sin ajuste para edad, vacas solamente
Syrstad (1966)	-0.34	-0.67	LCG para 4 años de edad; talla medida como perímetro torácico
PROMEDIO	-0.22	-0.37	

^a Todas las eficiencias registradas como egreso/ingreso

^b Talla corporal medida como peso corporal a menos que se especifique lo contrario

^c Modificado de Morris y Wilton (1976)

CUADRO 13

CORRELACIONES ENTRE EFICIENCIA LECHERA
Y PRODUCCION DE LECHE *

Autores	Fenotípica	Genotípica	Detalles de las mediciones
Dickinson y col. (1969)	0.86		Sin ajustar para edad, solamente vaquillas
Hooven y col. (1968)	0.70	0.95	LCG, registros ajustados para edad
Hooven y col. (1968)		0.92	LCG, vacas de primer parto
Mason y col. (1957)	0.84	0.95	LCG, a alzada constante
Stone y col. (1960)	0.71		LCG, sin ajuste para edad, vacas solamente
Syrstad (1966)	0.95	0.82	LCG para 4 años de edad; talla medida como perímetro torácico
Buttazzoni y Mao (1989)	0.36	0.92	LCG. Mediciones periódicas del peso corporal.
PROMEDIO	0.74	0.91	

* Todas las eficiencias registradas como egreso/ingreso

* Modificado de Morris y Wilton (1976)

CUADRO R.1A

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS
POR NUMERO DE PARTO

VAR	N	\bar{X}	S	N	\bar{X}	S
	PARTO 1			PARTO 2		
PTA	382	186.8	7.42	193	196.6	7.57
PRLA	370	6080.7	1008.36	193	6495.9	1189.62
PEM	365	7351.5	1337.89	192	7319.5	1477.64
P90	301	2191.5	319.49	178	2625.3	427.13
P180	228	4156.6	595.13	162	4681.1	783.20
P305	98	6333.9	894.25	67	6580.8	1058.72
ELAAJ	370	32.6	5.44	193	33.1	6.31
ELA90	301	11.8	1.74	178	13.4	2.22
ELA180	228	22.3	3.23	162	23.9	4.09
ELA305	98	33.9	4.86	67	33.5	5.60
EDAD	376	28.6	3.65	192	44.6	6.47
EDADP	376	26.0	2.73	192	42.1	5.78
ELAEM	365	39.5	7.36	192	37.3	7.85
	PARTO 3			PARTO 4		
PTA	102	200.7	7.53	70	200.7	7.41
PRLA	102	6528.9	1333.18	69	6402.6	999.05
PEM	102	6943.6	1445.55	69	6582.5	1004.43
P90	84	2701.8	439.12	63	2689.2	419.93
P180	71	4700.4	779.59	56	4774.0	683.26
P305	35	6580.1	1267.83	26	6586.9	893.23
ELAAJ	102	32.6	6.62	69	31.9	4.87
ELA90	84	13.4	2.09	63	13.4	2.15
ELA180	71	23.4	3.78	56	23.7	3.36
ELA305	59	32.7	6.11	26	32.7	4.22
EDAD	102	58.5	7.20	70	68.9	8.22
EDADP	102	55.6	6.94	70	65.8	8.15
ELAEM	102	34.6	7.27	69	32.8	4.96

PTA = Perímetro torácico ajustado; PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; PEM = Producción de leche ajustada 305 días y equivalente maduro; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días; ELAAJ = Eficiencia lechera considerando PRLA; ELA90 = Eficiencia lechera considerando P90; ELA180 = Eficiencia lechera considerando P180; ELA305 = Eficiencia lechera considerando P305; EDAD = Edad al momento de la medición; EDADP = Edad al parto que se considera.

CUADRO R.1B

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS
POR NÚMERO DE PARTO

VAR	N	PARTO ≥ 5		N	GENERAL	
		\bar{X}	S		\bar{X}	S
PTA	71	203.1	7.15	818	193.5	9.86
PRLA	71	6729.3	1089.04	802	6320.3	1126.93
PEM	67	6939.6	1124.20	795	7190.0	1365.39
P90	58	2760.0	401.62	684	2461.1	451.20
P180	52	4854.5	713.26	569	4498.3	749.54
P305	24	7023.3	1154.63	250	6527.0	1035.05
ELAAJ	68	33.1	5.38	802	32.7	5.77
ELA90	58	13.6	1.96	684	12.7	2.14
ELA180	52	24.0	3.51	569	23.2	3.66
ELA305	24	34.7	5.70	250	33.6	5.27
EDAD	70	95.1	14.84	810	45.4	21.49
EDADP	70	92.0	15.10	810	42.7	21.19
ELAEM	67	34.1	5.54	795	37.3	7.53

PTA = Perímetro torácico ajustado; PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; PEM = Producción de leche ajustada 305 días y equivalente maduro; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días; ELAAJ = Eficiencia lechera considerando PRLA; ELA90 = Eficiencia lechera considerando P90; ELA180 = Eficiencia lechera considerando P180; ELA305 = Eficiencia lechera considerando P305; EDAD = Edad al momento de la medición; EDADP = Edad al parto que se considera.

CUADRO R.1C

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS
POR HATO

VAR	N	\bar{X}		N	\bar{X}		S
		HATO 1			HATO 2		
PTA	751	193.3	9.91	40	194.1	8.93	
PRLA	741	6312.0	1105.58	38	6587.2	1463.01	
PEM	734	7194.1	1362.10	38	7443.8	1447.32	
P90	654	2457.2	446.79	30	2545.3	540.57	
P180	557	4493.0	749.90	11	4885.1	562.57	
P305	250	6527.0	1035.05				
ELAAJ	741	32.7	5.68	38	33.9	7.01	
ELA90	654	12.7	2.12	30	13.1	2.53	
ELA180	557	23.2	3.65	11	25.1	3.09	
ELA305	250	33.6	5.27				
ELAEM	734	37.4	7.54	38	38.4	7.17	
EDAD	43	44.2	20.94	40	50.3	19.90	
EDADP	43	41.7	20.78	40	46.1	19.27	
NP	51	2.1	1.46	40	2.6	1.65	
		HATO 3			GENERAL		
PTA	27	198.3	8.58	818	193.5	9.86	
PRLA	23	6145.9	1169.22	802	6320.3	1126.93	
PEM	23	6639.6	1231.50	795	7190.0	1365.39	
P90				684	2461.1	451.20	
P180				569	4498.3	749.54	
P305				250	6527.0	1035.05	
ELAAJ	23	31.1	6.34	802	32.7	5.77	
ELA90				684	12.7	2.14	
ELA180				569	23.2	3.66	
ELA305				250	33.6	5.27	
ELAEM	23	33.6	6.91	795	37.3	7.53	
EDAD	27	69.6	24.04	810	45.4	21.49	
EDADP	27	64.2	23.79	810	42.7	21.19	
NP	27	3.9	1.79	818	2.2	1.51	

PTA = Perímetro torácico ajustado; PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; PEM = Producción de leche ajustada 305 días y equivalente maduro; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días; ELAAJ = Eficiencia lechera considerando PRLA; ELA90 = Eficiencia lechera considerando P90; ELA180 = Eficiencia lechera considerando P180; ELA305 = Eficiencia lechera considerando P305; EDAD = Edad al momento de la medición; EDADP = Edad al parto que se considera; NP = Número de parto.

CUADRO R.2

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²
802	PRLA L	21.796	0.0001	4.113	0.0460
684	P90 L	19.062	0.0001	1.598	0.1970
569	P180 L	24.828	0.0001	3.029	0.1274
250	P305 L	22.397	0.0014	6.935	0.0529

* Por cm; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada 305 días; P90 = producción acumulada a 90 días; P180 = producción acumulada a 180 días; P305 = producción acumulada a 305 días

CUADRO R.3

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
795	PRLA	L	1.076937	0.0601	0.26049470	0.0539
		C	-0.000212	0.0001	0.00007100	
678	P90	L	1.156827	0.0001	0.09374520	0.2937
		C	-0.000242	0.0001	0.00002550	
567	P180	L	1.366295	0.0001	0.18542700	0.1617
		C	-0.000283	0.0001	0.00005010	
250	P305	L	0.343242	0.4619	0.46576244	0.0483
		C	-0.000009	0.9437	0.00013067	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

PRLA = Producción de leche a ajustada 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.4

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL NUMERO DE PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
802	PRLA	L	386.5205	0.0001	88.746377	0.0519
		C	-36.7671	0.0030	12.339414	
684	P90	L	420.3640	0.0001	32.454504	0.2864
		C	-43.7282	0.0001	4.540438	
569	P180	L	499.7625	0.0001	64.939403	0.1583
		C	-51.6001	0.0001	9.097065	
250	P305	L	238.4557	0.1016	145.083398	0.0446
		C	-17.6547	0.3839	20.238811	

*Por parto; L: Componente lineal; Componente cuadrático

PRLA = Producción de leche ajustada 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.5

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y ELA AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
802	ELAAJ	L	-.0547432	0.0101	.0212311	0.0297
684	ELA90	L	.0335719	0.0001	.0082094	0.0550
569	ELA180	L	.0096658	0.5341	.0155357	0.0356
250	ELA305	L	-.0569948	0.1109	.0356269	0.0361

*Por cm; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada 305 días; ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días; ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días; ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.6

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²
795	ELAAJ	L .000822190	0.5442	.00135522	0.0222
		C -.00000020	0.5826	.00000037	
678	ELA90	L .004153106	0.0001	.00048170	0.1668
		C -.000000904	0.0001	.00000010	
567	ELA180	L .00361594 0	0.0002	.00095400	0.0683
		C -.0000008000	0.0020	.00000030	
249	ELA305	L -.0034244000	0.1530	.00238880	0.0347
		C .0000010000	0.1357	.00000070	

*Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático
 ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.7

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL NUMERO DE PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²
802	ELAAJ	L .37411844	0.4176	.4612820	0.0225
		C -.04406809	0.4922	.0641373	
684	ELA90	L 1.54472557	0.0001	.1656656	0.1704
		C -.16926890	0.0001	.0231769	
569	ELA180	L 1.39302394	0.0001	.3328073	0.0713
		C -.15654972	0.0008	.0466215	
250	ELA305	L -.35507722	0.6343	.7455427	0.0270
		C .05093747	0.6247	.1040016	

*Por parto; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático
 ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.8

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS
Y AJUSTADA A 305 DIAS EN LAS VACAS DE PRIMER PARTO SOBRE
EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
370	PRLA	L	15.642	0.0345	7.370	0.0118
301	P90	L	5.146	0.0382	2.471	0.0137
228	P180	L	13.419	0.0143	5.435	0.0255
98	P305	L	16.420	0.2101	13.010	0.0169

* Por cm; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.9

REGRESIONES PARCIALES DE LA LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS
Y AJUSTADA A 305 DIAS EN LAS VACAS DE SEGUNDO PARTO SOBRE
EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
193	PRLA	L	-14.602	0.1814	10.883	0.0085
178	P90	L	1.606	0.7002	4.164	0.0008
162	P180	L	-0.651	0.9373	8.261	0.0000
67	P305	L	-18.394	0.3718	20.444	0.0129

* Por cm; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.10

REGRESIONES PARCIALES DE LA LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS
Y AJUSTADA A 305 DIAS EN LAS VACAS DE TERCER PARTO SOBRE
EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
102	PRLA	L	21.241	0.2070	1 6.717	0.0135
84	P90	L	15.084	0.0154	6.083	0.0676
71	P180	L	18.973	0.1114	11.752	0.0370
35	P305	L	61.939	0.0427	29.213	0.1210

* Por cm; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.11

REGRESIONES PARCIALES DE LA LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS EN LAS VACAS DE CUARTO PARTO SOBRE EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
69	PRLA	L	15.268	0.3896	17.616	0.0112
63	P90	L	-0.428	0.9548	7.512	0.0001
56	P180	L	11.655	0.3931	13.526	0.0142
26	P305	L	40.651	0.1809	29.323	0.0870

* Por cm; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.12

REGRESIONES PARCIALES DE LA LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS EN LAS VACAS DE QUINTO O ULTERIOR PARTO SOBRE EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
68	PRLA	L	27.848	0.1589	19.521	0.0297
58	P90	L	15.810	0.0602	3.227	0.0645
52	P180	L	15.776	0.3207	15.707	0.0196
24	P305	L	27.716	0.4462	35.586	0.0298

* Por cm; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.13

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y ELA AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO EN LAS VACAS DE PRIMER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
370	ELAAJ	L	-.0868661	0.0290	.0396211	0.0125
301	ELA90	L	-.0334551	0.0124	.0132994	0.0195
228	ELA180	L	-.0472033	0.1087	.0293054	0.0107
98	ELA305	L	-.0933313	0.1876	.0703038	0.0185

* Por cm; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días; ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días; ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días; ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.14

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y ELA
AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL PERIMETRO TORACICO
AJUSTADO EN LAS VACAS DE SEGUNDO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
193	ELAAJ	L	-.2422844	0.0001	.0556166	0.0835
178	ELA90	L	-.0592955	0.0058	.0212358	0.0400
162	ELA180	L	-.1227483	0.0040	.0420499	0.0479
67	ELA305	L	-.2571372	0.0162	.1040195	0.0899

*Por cm; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada 305 días;
ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.15

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y ELA
AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL PERIMETRO TORACICO
AJUSTADO EN LAS VACAS DE TERCER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
102	ELAAJ	L	-.0485497	0.5586	.0827132	0.0029
84	ELA90	L	.0106546	0.7219	.0298282	0.0015
71	ELA180	L	-.0148414	0.7980	.0577574	0.0010
35	ELA305	L	.1512515	0.3065	.1453124	0.0309

*Por cm; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada 305 días;
ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.16

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y ELA
AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL PERIMETRO TORACICO
AJUSTADO EN LAS VACAS DE CUARTO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
69	ELAAJ	L	-.0863468	0.3243	.0868886	0.0105
63	ELA90	L	-.0716510	0.0600	.0373317	0.0563
56	ELA180	L	-.0638789	0.3431	.0667213	0.0176
26	ELA305	L	.0410195	0.7789	.1441209	0.0040

*Por cm; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada 305 días;
ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.17

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y ELA AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE EL PERIMETRO TORACICO AJUSTADO EN LAS VACAS DE QUINTO O ULTERIOR PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
68	ELA AJ	L	-.0219094	0.8205	.0961444	0.0008
58	ELA90	L	.0109378	0.7883	.0405220	0.0013
52	ELA180	L	-.0391131	0.6190	.0780959	0.0050
24	ELA305	L	-.0201974	0.9098	.1758129	0.0007

* Por cm; L: Componente lineal

ELA AJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada 305 días;

ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;

ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;

ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.18

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE PRIMER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
365	PRLA	L	-8.56958	0.1507	5.95110	0.0122
	PRLA	C	0.00520	0.1137	0.00330	
297	P90	L	-1.716464	0.3899	1.99334	0.0052
	P90	C	0.001013	0.3547	0.00109	
227	P180	L	-1.063848	0.7885	3.96130	0.0010
	P180	C	0.000864	0.6879	0.00210	
98	P305	L	-4.353014	0.5691	7.61710	0.0087
	P305	C	0.002766	0.4904	0.00399	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada

a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción

acumulada a 305 días

CUADRO R.19

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE PRIMER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
365	PRLA	L	0.81266	0.2087	0.64520	0.0043
297	P90	L	0.12008	0.5866	0.22059	0.0010
227	P180	L	0.51917	0.2520	0.45207	0.0057
98	P305	L	0.87760	0.3714	0.97703	0.0086

* Por día; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.20

REGRESIONES PARCIALES DE LA LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE SEGUNDO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
192	PRLA	L	-3.725620	0.3895	4.3195	0.0062
	PRLA	C	0.001110	0.4650	0.0015	
177	P90	L	-1.451108	0.4041	1.73480	0.0073
	P90	C	0.000496	0.4205	0.00061	
162	P180	L	-5.397012	0.0963	3.2250	0.0311
	P180	C	0.001814	0.1134	0.0011	
67	P305	L	-6.427390	0.3108	6.28856	0.0320
	P305	C	0.002060	0.3347	0.00212	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

PRLA = Producción de leche ajustada 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.21

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE SEGUNDO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
192	PRLA	L	-0.58237	0.2249	0.47828	0.0071
176	P90	L	-0.05913	0.7620	0.19492	0.0005
162	P180	L	-0.29530	0.4233	0.36786	0.0038
67	P305	L	-0.35685	0.6391	0.75710	0.0036

* Por día; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.22

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE TERCER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
102	PRLA	L	-5.412620	0.2179	4.36310	0.0312
		C	0.001890	0.1283	0.00120	
84	P90	L	1.651525	0.3589	1.78897	0.0112
		C	-0.000266	0.6146	0.00053	
71	P180	L	0.562378	0.8687	3.38700	0.0007
		C	0.000151	0.8798	0.00100	
35	P305	L	-3.594534	0.5984	6.74645	0.0234
		C	0.001415	0.4916	0.00203	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.23

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE TERCER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
102	PRLA	L	1.22105	0.0436	0.59686	0.0340
84	P90	L	0.75534	0.0023	0.23992	0.1042
71	P180	L	1.07161	0.0239	0.46300	0.0729
35	P305	L	1.05498	0.2947	0.98860	0.0340

* Por día; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = producción acumulada a 305 días

CUADRO R.24

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE CUARTO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
69	PRLA	L	-3.247460	0.7573	10.45820	0.0039
		C	0.001040	0.6814	0.00250	
63	P90	L	-1.105573	0.8112	4.60532	0.0022
		C	0.000310	0.7816	0.00111	
56	P180	L	0.841690	0.9157	7.90860	0.0002
		C	-0.000065	0.9729	0.00190	
26	P305	L	13.439644	0.6112	26.00050	0.0268
		C	-0.003204	0.6196	0.00635	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.25

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE CUARTO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
69	PRLA	L	1.05893	0.1072	0.64742	0.0385
63	P90	L	0.17489	0.5425	0.28538	0.0061
56	P180	L	0.57194	0.2677	0.51019	0.0237
26	P305	L	0.33447	0.7873	1.22307	0.0037

* Por día; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.26

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE QUINTO O ULTERIOR PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
67	PRLA	L	6.367980	0.0361	2.95880	0.1374
		C	-0.001110	0.0266	0.00050	
57	P90	L	2.496262	0.0252	1.08095	0.1840
		C	-0.000463	0.0119	0.00018	
51	P180	L	4.114852	0.0575	2.10690	0.1424
		C	-0.000775	0.0307	0.00030	
23	P305	L	3.324956	0.7888	12.20474	0.0080
		C	-0.000563	0.7986	0.00217	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.27

REGRESIONES PARCIALES DE LA PRODUCCION A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE QUINTO O ULTERIOR PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
67	PRLA	L	-0.35007	0.2727	0.31619	0.0184
57	P90	L	-0.31024	0.0135	0.12109	0.1109
51	P180	L	-0.57285	0.0141	0.22397	0.1155
23	P305	L	0.16427	0.8194	0.70826	0.0029

*Por día; L: Componente lineal

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días

CUADRO R.28

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE PRIMER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
365	ELAAJ	L	-0.070140	0.0290	0.032000	0.0251
		C	0.000040	0.0311	0.000020	
297	ELA90	L	-0.179356	0.0956	0.010728	0.0166
		C	0.000009	0.1205	0.000006	
227	ELA180	L	-0.024680	0.2455	0.021200	0.0109
		C	0.000013	0.2664	0.000010	
98	ELA305	L	-0.050553	0.2224	0.041150	0.0320
		C	0.002766	0.4904	0.000020	

*Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días; ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días; ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días; ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.29

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE PRIMER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
365	ELAAJ	L	-0.00130	0.7081	0.00347	0.0004
297	ELA90	L	-0.00133	0.2636	0.00119	0.0040
227	ELA180	L	-0.00122	0.6166	0.00242	0.0011
98	ELA305	L	-0.00060	0.9155	0.00531	0.0001

*Por día; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.30

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE SEGUNDO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
192	ELAAJ	L	-0.023200	0.3126	0.022910	0.0080
		C	0.000010	0.4256	0.000010	
177	ELA90	L	-0.010544	0.2430	0.009000	0.0135
		C	0.000003	0.2904	0.000003	
162	ELA180	L	-0.033194	0.0491	0.016733	0.0418
		C	0.000011	0.0701	0.000006	
67	ELA305	L	-0.043907	0.1896	0.033090	0.0528
		C	0.000014	0.2164	0.000010	

*Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.31

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y
AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL
MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS
VACAS DE SEGUNDO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
192	ELAAJ	L	-0.00502	0.0496	0.00254	0.0138
177	ELA90	L	-0.00106	0.2971	0.00101	0.0059
162	ELA180	L	-0.00287	0.1361	0.00191	0.0131
67	ELA305	L	-0.00290	0.4693	0.00400	0.0085

* Per día; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.32

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y
AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL
MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y
CUADRATICO EN LAS VACAS DE TERCER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
102	ELAAJ	L	-0.032380	0.1345	0.021458	0.0427
		C	0.000010	0.0758	0.000006	
84	ELA90	L	0.005812	0.4935	0.008446	0.0057
		C	-0.000001	0.7918	0.000002	
71	ELA180	L	-0.001786	0.9132	0.016308	0.0027
		C	0.000002	0.6690	0.000005	
35	ELA305	L	-0.025284	0.4333	0.031810	0.0435
		C	0.000008	0.3595	0.000010	

* Per día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.33

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DÍAS Y AJUSTADA A 305 DÍAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE TERCER PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
102	ELAAJ	L	0.00538	0.0708	0.00295	0.0268
84	ELA90	L	0.00359	0.0021	0.00113	0.1044
71	ELA180	L	0.00515	0.0242	0.00223	0.0717
35	ELA305	L	0.00402	0.3982	0.00469	0.0212

* Por día; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.34

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DÍAS Y AJUSTADA A 305 DÍAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRÁTICO EN LAS VACAS DE CUARTO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
69	ELAAJ	L	0.011395	0.8273	0.051991	0.0010
		C	-0.000001	0.8972	0.000013	
63	ELA90	L	0.004647	0.3451	0.023669	0.0011
		C	-0.000001	0.8972	0.000006	
56	ELA180	L	0.019072	0.6282	0.039129	0.0082
		C	-0.000004	0.6722	0.000009	
26	ELA305	L	0.151237	0.2139	0.11761	0.1529
		C	-0.000036	0.2227	0.00003	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.35

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE CUARTO PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
69	ELAAJ	L	0.00466	0.1524	0.00321	0.0313
63	ELA90	L	0.00069	0.6386	0.00147	0.0036
56	ELA180	L	0.00245	0.3376	0.00253	0.0180
26	ELA305	L	0.00314	0.5886	0.00572	0.0147

* Por día; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.36

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE LOS COMPONENTES LINEAL Y CUADRATICO EN LAS VACAS DE QUINTO O ULTERIOR PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R ²	
67	ELAAJ	L	0.031699	0.0308	0.0143180	0.1398
		C	-0.000006	0.0229	0.0000020	
57	ELA90	L	0.012571	0.0165	0.0050625	0.1960
		C	-0.000002	0.0072	0.0000008	
51	ELA180	L	0.022169	0.0372	0.0103020	0.1680
		C	-0.000004	0.0193	0.0000020	
23	ELA305	L	0.006949	0.9087	0.0596400	0.0014
		C	-0.000001	0.9170	0.0000100	

* Por día; L: Componente lineal; C: Componente cuadrático

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
 ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
 ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
 ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.37

REGRESIONES PARCIALES DE ELA A LOS 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS SOBRE LA EDAD AL PARTO DEL MODELO QUE INCLUYE SOLO EL COMPONENTE LINEAL EN LAS VACAS DE QUINTO O ULTERIOR PARTO *

N	VARIABLE	ESTIMADOR	Pr > T	ERROR ESTANDAR	R2
67	ELAAJ L	-0.00157	0.3086	0.00153	0.0153
57	ELA90 L	-0.00154	0.0095	0.00057	0.1158
51	ELA180 L	-0.00277	0.0160	0.00111	0.1117
23	ELA305 L	0.00064	0.8541	0.00345	0.0018

* Por día; L: Componente lineal

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;

ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;

ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;

ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.38

HEREDABILIDAD ESTIMADA DE LAS CARACTERISTICAS ESTUDIADAS*

CARACTERISTICA	N	B	h ²	Error Estándar
PTA	784	98	0.25	0.105
P90	677	94	0.77	0.156
P180	562	80	0.23	0.126
P305	248	59	0.01	0.208
PRLA	772	98	0.19	0.100
PEM	767	98	0.27	0.108
ELA90	677	94	0.27	0.118
ELA180	562	80	0.10	0.111
ELA305	248	59	0.03	0.210
ELAAJ	772	98	0.28	0.109
ELAEM	767	98	0.64	0.138

N: Número de registros; B: Número de sementales

*Estimadas por medio de Máxima Verosimilitud Restringida

PTA = Perímetro torácico ajustado;

P90 = Producción acumulada a 90 días;

P180 = Producción acumulada a 180 días;

P305 = Producción acumulada a 305 días;

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días;

PEM = Producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro;

ELA90 = Eficiencia basada en P90;

ELA180 = Eficiencia basada en P180;

ELA305 = Eficiencia basada en P305;

ELAAJ = Eficiencia basada en PRLA;

ELAEM = Eficiencia basada en PEM

CUADRO R.39

CORRELACIONES FENOTIPICAS Y GENETICAS DE PERIMETRO
TORACICO AJUSTADO CON PRODUCCION DE LECHE
Y ELA A 90, 180, 305 DIAS Y AJUSTADA A 305 DIAS*

	P90	P180	P305	PRLA
P FENOTIPICA	0.41	0.31	0.18	0.17
Error Estándar	0.038	0.042	0.063	0.035
N	684	569	250	802
T				
GENETICA	0.89	0.87	NO EST*	0.27
Error Estándar	0.017	0.125	-	0.397
A N	677	562	-	772
B	94	80	-	98
	ELA90	ELA180	ELA305	ELAAJ
P FENOTIPICA	0.15	0.006	-0.13	-0.11
Error Estándar	0.038	0.042	0.063	0.035
N	684	569	250	802
T				
GENETICA	0.49	0.008	NO EST*	-0.50
Error Estándar	0.081	0.350	-	0.029
A N	677	562	-	772
B	94	80	-	98

* Por medio de Mínimos Cuadrados (Henderson I)

N: Número de registros; B: Número de Semetales

PRLA = Producción de leche ajustada 305 días;

P90 = producción acumulada a 90 días;

P180 = producción acumulada a 180 días;

P305 = producción acumulada a 305 días;

ELAAJ = eficiencia basada en PRLA;

ELA90 = eficiencia basada en la P90;

ELA180 = eficiencia basada en la P180;

ELA305 = eficiencia basada en la P305

CUADRO R.40

CORRELACIONES FENOTIPICAS ENTRE PRODUCCION DE LECHE Y ELA A 90, 180, 305 DIAS, Y AJUSTADA A 305 DIAS

	P90	P180	P305	PRLA
ELA90	0.961	0.867	0.682	0.745
EE	0.038	0.042	0.063	0.038
N	684	568	250	682
ELA180	0.799	0.951	0.881	0.889
EE	0.042	0.042	0.063	0.042
N	568	569	250	568
ELA305	0.532	0.738	0.950	0.947
EE	0.063	0.063	0.063	0.063
N	250	250	250	250
ELAAJ	0.615	0.788	0.950	0.958
EE	0.038	0.042	0.063	0.035
N	682	568	250	802

EE: Error Estándar; N: Número de registros

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = Producción acumulada a 305 días; ELAAJ = Eficiencia basada en PRLA; ELA90 = Eficiencia basada en P90; ELA180 = Eficiencia basada en P180; ELA305 = Eficiencia basada en P305

CUADRO R.41

CORRELACIONES GENETICAS ENTRE PRODUCCION DE LECHE Y ELA A 90, 180 Y AJUSTADA A 305 DIAS*

	P90	P180	PRLA
ELA90	0.97	1.06*	0.81
EE	0.013	0.05	0.131
N	677	562	675
B	94	80	98
ELA180	0.51	0.33	1.30*
EE	0.330	0.566	0.677
N	562	562	561
B	80	80	80
ELAAJ	-0.65	-0.67	0.67
EE	0.218	0.232	0.196
N	675	561	772
B	94	80	98

* Por medio de máxima verosimilitud restringida

* Por estimación inapropiada de componentes de varianza y covarianza

EE: Error estándar; N: número de registros; B: número de sementales

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción

acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días;

ELAAJ = Eficiencia basada en PRLA; ELA90 = Eficiencia basada en P90;

ELA180 = Eficiencia basada en P180

CUADRO R.42

CORRELACIONES FENOTIPICAS ENTRE PRODUCCION DE LECHE
A 90, 180, 305 DIAS, Y AJUSTADA A 305 DIAS

	P180	P305	PRLA
P90	0.89	0.67	0.73
EE	0.042	0.063	0.038
N	568	250	682
P180		0.86	0.89
EE		0.063	0.042
N		250	568
P305			0.95
EE			0.063
N			250

PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días; P305 = producción acumulada a 305 días

CUADRO R.43

CORRELACIONES GENETICAS ENTRE PRODUCCION DE LECHE
A 90, 180 Y AJUSTADA A 305 DIAS'

	P180	PRLA
P90	0.97	0.58
EE	0.016	0.195
N	562	675
B	80	98
P180		-0.20
EE		0.367
N		561
B		80

* Por medio de máxima verosimilitud restringida

^ Por estimación inapropiada de componentes de varianza y covarianza
EE = Error estándar; N = Número de registros de producción;
B = Número de sementales; PRLA = Producción de leche ajustada a 305 días; P90 = Producción acumulada a 90 días; P180 = Producción acumulada a 180 días

CUADRO R.44

CORRELACIONES FENOTIPICAS ENTRE ELA A 90, 180, 305 DIAS
Y AJUSTADA A 305 DIAS

	ELA180	ELA305	ELAAJ
ELA90	0.87	0.62	0.71
EE	0.042	0.063	0.038
N	568	250	682
ELA180		0.85	0.88
EE		0.063	0.042
N		250	568
ELA305			0.99
EE			0.063
N			250

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada 305 a días;
ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días;
ELA305 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 305 días

CUADRO R.45

CORRELACIONES GENETICAS ENTRE ELA A 90, 180 Y
AJUSTADA A 305 DIAS

	ELA180	ELAAJ
ELA90	0.78	-0.50
EE	0.196	0.212
N	562	677
B	80	94
ELA180		0.63
EE		0.283
N		561
B		80

ELAAJ = Eficiencia basada en la producción de leche ajustada a 305 días;
ELA90 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 90 días;
ELA180 = Eficiencia basada en la producción acumulada a 180 días

CUADRO R.46

PERIMETRO TORACICO AJUSTADO, PRODUCCION DE LECHE AJUSTADA A 305 DIAS Y EQUIVALENTE MADURO Y EFICIENCIA LECHERA AJUSTADA A 305 DIAS POR NUMERO DE PARTO PARA LOS GRUPOS SELECCIONADOS EN EL 10 PORCIENTO SUPERIOR POR EFICIENCIA (Ef), PRODUCCION (Pr), AMBAS CARACTERISTICAS (Am) Y NO SELECCIONADOS (No)¹

NP	Gpo	N	%	PTA		PEM		ELAAJ	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
1	No	319	86.2	186.8	± 7.3	6887	± 1350	31.2	± 4.3
	Am	28	7.6	183.6	± 4.7	9924	± 760	42.9	± 3.0
	Pr	13	3.5	191.9	± 7.5	9388	± 340	38.4	± 1.1
	Ef	10	2.7	182.2	± 6.0	8631	± 267	40.9	± 1.6
2	No	171	88.6	196.9	± 7.6	6982	± 1170	31.7	± 5.1
	Am	16	8.3	194.5	± 7.3	10182	± 876	45.1	± 3.0
	Pr	2	1.0	203.5	± 5.0	9827	± 539	39.3	± 1.1
	Ef	4	2.1	190.4	± 6.3	8974	± 74	42.7	± 1.6
3	No	89	87.3	200.8	± 7.7	6582	± 1144	30.9	± 5.2
	Am	10	9.8	199.3	± 5.5	9648	± 491	44.6	± 1.9
	Pr	0	0.0						
	Ef	3	2.9	201.9	± 9.6	8665	± 143	42.6	± 0.4
4	No	64	92.8	200.6	± 7.5	6435	± 862	31.2	± 4.2
	Am	4	5.8	205.6	± 3.4	8591	± 852	41.8	± 2.4
	Pr	0	0.0						
	Ef	1	1.4	191.7		8022		39.5	
5 ²	No	56	82.4	203.1	± 7.6	6544	± 776	31.3	± 3.8
	Am	7	10.3	203.3	± 4.7	9005	± 472	43.3	± 2.4
	Pr	3	4.4	207.5	± 3.4	8607	± 87	38.4	± 1.1
	Ef	2	2.9	200.3	± 5.6	8083	± 356	40.5	± 0.4

¹ El criterio de selección es la pertenencia al 10 por ciento superior en una, otra, ambas o ninguna de las características PRLA y ELAAJ.

² El grupo NOTAR = 5 representa a las vacas de 5 o más partos.

PTA = Perímetro torácico ajustado; PRLA = Producción ajustada a 305 días

PEM = Producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro;

ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA

CUADRO R.47

PERIMETRO TORACICO AJUSTADO, PRODUCCION DE LECHE AJUSTADA A 305 DIAS Y EQUIVALENTE MADURO Y EFICIENCIA LECHERA AJUSTADA A 305 DIAS POR NUMERO DE PARTO PARA LOS GRUPOS SELECCIONADOS EN EL 20 PORCIENTO SUPERIOR POR EFICIENCIA (Ef), PRODUCCION (Pr), AMBAS CARACTERISTICAS (Am) Y NO SELECCIONADOS (No)*

NP	Gpo	N	%	PTA		PEM		ELAAJ	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
1	No	285	77.0	187.0 ± 7.3	6807 ± 924	30.5 ± 3.9			
	Am	64	17.3	184.6 ± 6.6	9386 ± 752	40.7 ± 3.0			
	Pr	11	3.0	194.0 ± 5.9	8773 ± 212	35.7 ± 0.9			
	Ef	10	2.7	183.5 ± 6.4	8148 ± 259	38.2 ± 1.1			
2	No	147	76.2	197.3 ± 7.6	6724 ± 1043	30.5 ± 4.5			
	Am	31	16.1	195.2 ± 7.6	9631 ± 888	42.8 ± 3.4			
	Pr	6	3.1	196.3 ± 3.0	8741 ± 183	37.5 ± 0.7			
	Ef	9	4.7	190.3 ± 6.6	8073 ± 290	39.2 ± 0.7			
3	No	77	75.5	201.0 ± 7.8	6325 ± 1005	29.7 ± 4.6			
	Am	19	18.6	200.4 ± 6.1	9101 ± 697	42.5 ± 2.9			
	Pr	3	2.9	197.2 ± 12.3	8282 ± 181	37.0 ± 0.5			
	Ef	3	2.9	198.7 ± 5.5	7810 ± 139	38.2 ± 0.3			
4	No	50	72.5	200.4 ± 6.7	6131 ± 708	29.8 ± 3.6			
	Am	11	15.9	202.1 ± 7.6	8064 ± 661	39.0 ± 2.7			
	Pr	3	4.3	213.8 ± 5.8	7606 ± 80	33.3 ± 1.6			
	Ef	5	7.2	192.6 ± 4.8	7225 ± 150	36.7 ± 0.7			
5*	No	52	76.5	203.4 ± 7.5	6451 ± 717	30.8 ± 3.5			
	Am	12	17.6	204.4 ± 4.2	8759 ± 499	41.5 ± 2.9			
	Pr	1	1.5	204.5	8163	37.0			
	Ef	3	4.4	196.2 ± 10.6	7562 ± 473	38.7 ± 1.4			

* El criterio de selección es la pertenencia al 20 porciento superior en una, otra, ambas o ninguna de las características PRLA y ELAAJ.

* El grupo NOPAR = 5 representa a las vacas de 5 o más parías.

PTA = Perímetro torácico ajustado; PEM = Producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro; ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA; PRLA = Producción ajustada a 305 días

CUADRO R.48

PERIMETRO TORACICO AJUSTADO, PRODUCCION DE LECHE AJUSTADA A 305 DIAS Y EQUIVALENTE MADURO Y EFICIENCIA LECHERA AJUSTADA A 305 DIAS POR NUMERO DE PARTO PARA LOS GRUPOS SELECCIONADOS EN EL 50 PORCIENTO SUPERIOR POR EFICIENCIA (EI), PRODUCCION (Pr), AMBAS CARACTERISTICAS (Am) Y NO SELECCIONADOS (No)*

NP	Gpo	N	%	PTA		PEM		ELAAJ	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
1	No	163	44.1	186.5 ± 7.5	6194 ± 696	27.9 ± 3.1			
	Am	149	40.3	186.0 ± 7.0	8603 ± 896	37.6 ± 3.6			
	Pr	26	7.0	191.2 ± 6.4	7628 ± 231	31.6 ± 0.8			
	Ef	32	8.6	186.8 ± 7.3	7101 ± 214	34.1 ± 1.2			
2	No	91	47.2	197.5 ± 7.4	6108 ± 819	27.9 ± 3.6			
	Am	83	43.0	194.8 ± 7.0	8623 ± 1002	38.8 ± 4.1			
	Pr	11	5.7	204.3 ± 8.1	7575 ± 224	32.3 ± 0.6			
	Ef	8	4.1	194.8 ± 8.2	7077 ± 159	34.6 ± 1.5			
3	No	48	47.1	200.9 ± 8.3	5715 ± 715	26.9 ± 3.4			
	Am	46	45.1	200.7 ± 6.9	8237 ± 905	38.4 ± 4.1			
	Pr	2	2.0	203.1 ± 6.4	7338 ± 117	31.5 ± 0.9			
	Ef	6	5.9	198.0 ± 6.9	6731 ± 152	33.3 ± 0.7			
4	No	34	49.3	200.4 ± 6.5	5792 ± 601	28.1 ± 3.0			
	Am	31	44.9	200.1 ± 7.9	7407 ± 660	36.2 ± 2.9			
	Pr	3	4.3	211.7 ± 7.5	7039 ± 573	30.6 ± 0.8			
	Ef	1	1.4	198.5	6525	31.9			
5'	No	32	47.1	203.8 ± 7.8	6013 ± 503	28.7 ± 2.4			
	Am	26	38.2	202.3 ± 6.2	8048 ± 786	38.6 ± 3.7			
	Pr	5	7.4	210.7 ± 3.5	7242 ± 105	31.5 ± 0.4			
	Ef	5	7.4	197.4 ± 4.0	6772 ± 87	34.7 ± 1.1			

* El criterio de selección es la pertenencia al 50 por ciento superior en una, otra, ambas o ninguna de las características PRLA y ELAAJ.

* El grupo NOPAR = 5 representa a las vacas de 5 o más partos.

PTA = Perímetro torácico ajustado; PEM = Producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro; ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA; PRLA = Producción ajustada a 305 días

CUADRO R.49

PERIMETRO TORACICO AJUSTADO, PRODUCCION DE LECHE AJUSTADA A 305 DIAS Y EQUIVALENTE MADURO Y EFICIENCIA LECHERA AJUSTADA A 305 DIAS POR NUMERO DE PARTO PARA LOS GRUPOS SELECCIONADOS EN EL 10 PORCIENTO INFERIOR POR INEFICIENCIA (Im), IMPRODUCCION (Im), AMBAS CARACTERISTICAS (Am) Y NO SELECCIONADOS (No)¹

NP	Gpo	N	%	PTA		PEM		ELAAJ	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
1	No	326	88.1	186.8 ± 7.1	7603 ± 1176	33.7 ± 4.7			
	Am	28	7.6	185.2 ± 7.3	5040 ± 379	22.8 ± 2.0			
	Im	7	1.9	189.7 ± 6.0	5482 ± 195	31.3 ± 4.2			
	In	9	2.4	190.0 ± 13.2	5840 ± 184	24.7 ± 0.7			
2	No	172	89.1	196.1 ± 7.4	7600 ± 1277	34.4 ± 5.4			
	Am	16	8.3	200.1 ± 8.3	4700 ± 604	22.0 ± 2.0			
	Im	2	1.0	195.1 ± 0.4	5314 ± 75	25.5 ± 0.4			
	In	3	1.6	206.1 ± 2.9	5647 ± 59	24.1 ± 0.9			
3	No	90	88.2	200.7 ± 7.6	7235 ± 1277	33.9 ± 5.8			
	Am	9	8.8	202.4 ± 7.1	4632 ± 238	21.6 ± 1.6			
	Im	2	2.0	194.1 ± 1.2	5072 ± 7	24.6 ± 0.2			
	In	1	1.0	198.5	5269	23.9			
4	No	62	89.9	200.6 ± 7.5	6782 ± 843	32.9 ± 4.1			
	Am	6	8.7	203.8 ± 6.5	4738 ± 369	23.0 ± 1.9			
	Im	1	1.4	191.1	5260	27.3			
	In	0	0.0						
5	No	62	92.5	203.7 ± 7.3	7077 ± 1044	33.8 ± 5.0			
	Am	4	6.0	199.5 ± 4.6	5061 ± 430	24.3 ± 1.4			
	Im	0	0.0						
	In	1	1.5	201.2 ±	5916	25.1			

¹ El criterio de selección es la pertenencia al 10 porciento inferior en una, otra, ambas o ninguna de las características PRLA y ELAAJ.

² El grupo NOPAR = 5 representa a las vacas de 5 o más partos.

PTA = Perímetro torácico ajustado; PEM = Producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro; PRLA = Producción ajustada a 305 días
ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA;

CUADRO R-50

PERIMETRO TORACICO AJUSTADO, PRODUCCION DE LECHE AJUSTADA A 305 DIAS Y EQUIVALENTE MADURO Y EFICIENCIA LECHERA AJUSTADA A 305 DIAS POR NUMERO DE PARTO PARA LOS GRUPOS SELECCIONADOS EN EL 20 PORCIENTO INFERIOR POR INEFICIENCIA (In), IMPRODUCCION (Im), AMBAS CARACTERISTICAS (Am) Y NO SELECCIONADOS (No)^a

NP	Gpo	N	%	PTA		PEM		ELAAJ	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
1	No	269	72.7	186.5 ± 6.9	7914 ± 1054	34.9 ± 4.1			
	Am	65	17.6	186.8 ± 8.3	5561 ± 545	24.9 ± 2.4			
	Im	22	5.9	185.6 ± 7.9	6039 ± 130	30.3 ± 2.2			
	In	14	3.8	190.3 ± 7.4	6443 ± 158	27.1 ± 0.7			
2	No	144	74.6	195.8 ± 7.7	7904 ± 1168	35.7 ± 4.9			
	Am	30	15.5	198.6 ± 7.5	5185 ± 686	23.9 ± 2.7			
	Im	9	4.7	197.4 ± 5.0	5907 ± 179	29.0 ± 0.9			
	In	10	5.2	201.3 ± 6.1	6370 ± 192	27.0 ± 0.9			
3	No	74	72.5	200.5 ± 6.8	7586 ± 1122	35.5 ± 5.0			
	Am	20	19.6	201.5 ± 8.4	5040 ± 438	23.6 ± 2.3			
	Im	5	4.9	193.5 ± 7.1	5502 ± 191	28.5 ± 1.1			
	In	3	2.9	212.5 ± 7.6	6188 ± 348	25.9 ± 1.4			
4	No	52	75.4	200.9 ± 7.5	6984 ± 765	33.9 ± 3.7			
	Am	12	17.4	200.5 ± 6.8	5138 ± 493	25.1 ± 2.6			
	Im	2	2.9	198.1 ± 14.5	5707 ± 66	29.3 ± 1.2			
	In	3	4.3	201.1 ± 9.7	5979 ± 78	27.2 ± 0.8			
5	No	49	72.1	203.3 ± 7.0	7170 ± 911	35.3 ± 4.5			
	Am	13	19.1	202.7 ± 5.2	5589 ± 445	26.5 ± 2.0			
	Im	2	2.9	192.1 ± 5.5	5661 ± 100	32.6 ± 4.4			
	In	4	5.9	210.1 ± 9.5	6181 ± 153	28.3 ± 0.4			

^a El criterio de selección es la pertenencia al 20 porciento inferior en una, otra, ambas o ninguna de las características PRLA y ELAAJ.

^b El grupo NOPAR = 5 representa a las vacas de 5 o mas partos.

PTA = Perimetro torácico ajustado; PEM = Producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro; PRLA = Producción ajustada a 305 días ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA

PERIMETRO TORACICO AJUSTADO, PRODUCCION DE LECHE AJUSTADA A 305 DIAS Y EQUIVALENTE MADURO Y EFICIENCIA LECHERA AJUSTADA A 305 DIAS POR NUMERO DE PARTO PARA LOS GRUPOS SELECCIONADOS EN EL 50 PORCIENTO INFERIOR POR INEFICIENCIA (In), IMPRODUCCION (Im), AMBAS CARACTERISTICAS (Am) Y NO SELECCIONADOS (No)¹

NP	Gpo	N	%	PTA		PEM		ELAAJ	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
1	No	149	40.3	186.0 ± 7.0	8603 ± 896	37.6 ± 3.6			
	Am	163	44.1	186.5 ± 7.5	6194 ± 696	27.9 ± 3.1			
	Im	32	8.6	186.8 ± 7.3	7101 ± 214	34.1 ± 1.2			
	In	26	7.0	191.2 ± 6.4	7628 ± 231	31.6 ± 0.8			
2	No	46	45.1	200.7 ± 6.9	8237 ± 905	38.4 ± 4.1			
	Am	48	47.1	200.9 ± 8.3	5715 ± 715	26.9 ± 3.4			
	Im	6	5.9	198.0 ± 6.9	6731 ± 152	33.3 ± 0.7			
	In	2	2.0	205.1 ± 6.4	7338 ± 117	31.5 ± 0.9			
3	No	46	45.1	200.7 ± 6.9	8237 ± 905	38.4 ± 4.1			
	Am	48	47.1	200.9 ± 8.3	5715 ± 715	26.9 ± 3.4			
	Im	6	5.9	198.0 ± 6.9	6731 ± 152	33.3 ± 0.7			
	In	2	2.0	205.1 ± 6.4	7338 ± 117	31.5 ± 0.9			
4	No	31	44.9	200.1 ± 7.9	7407 ± 660	36.2 ± 2.9			
	Am	34	49.3	200.4 ± 6.5	5792 ± 601	28.1 ± 3.0			
	Im	1	1.4	198.5	6525	31.9			
	In	3	4.3	211.7 ± 7.5	7039 ± 571	30.6 ± 0.8			
5	No	26	38.2	202.3 ± 6.2	8048 ± 786	38.6 ± 3.7			
	Am	32	47.1	203.8 ± 7.8	6013 ± 503	28.7 ± 2.4			
	Im	5	7.4	197.4 ± 4.0	6772 ± 87	34.7 ± 1.1			
	In	5	7.4	210.7 ± 3.5	7242 ± 105	31.5 ± 0.4			

* El criterio de selección es la pertenencia al 50 porciento inferior en una, otra, ambas o ninguna de las características PRLA y ELAAJ.

¹ El grupo NOPAR = 5 representa a las vacas de 5 o más partos.

PTA = Perímetro torácico ajustado; PEM = Producción de leche ajustada a 305 días y equivalente maduro; PRLA = Producción ajustada a 305 días

ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA

CUADRO R.52

INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% DE LAS MEDIAS DE PTA, ELAAJ Y PEM DE LOS GRUPOS SELECCIONADOS POR EFICIENCIA O INEFICIENCIA (Ef o In), PRODUCCIÓN O IMPRODUCCIÓN (Pr o Im), SOLO EFICIENCIA O INEFICIENCIA (Sef o Sim), SOLO PRODUCCIÓN O IMPRODUCCIÓN (Spr o Sim), AMBOS CRITERIOS (Am) Y NINGUNO (No), PARA LOS PORCENTILES 10 SUPERIOR E INFERIOR EN LAS VACAS DE PRIMER PARTO

Gpo	N	PTA	ELAAJ	PEM
a				
No	319	186.8 ± 0.8	31.2 ± 0.5	6887 ± 148
Am	28	183.6 ± 1.7	42.9 ± 1.1	9924 ± 282
Spr	13	191.9 ± 4.1	38.4 ± 0.6	9388 ± 185
Sef	10	182.2 ± 3.7	40.9 ± 1.0	8631 ± 165
Ef	38	183.2 ± 1.6	42.4 ± 0.9	9584 ± 279
Pr	41	186.2 ± 2.1	41.5 ± 1.0	9754 ± 214
b				
No	326	186.6 ± 0.8	33.7 ± 0.5	7603 ± 128
Am	28	185.2 ± 2.7	22.8 ± 0.7	5040 ± 140
Sim	7	189.7 ± 4.4	31.3 ± 3.1	5482 ± 145
Sin	9	190.0 ± 8.6	24.7 ± 0.5	5840 ± 120
Im	35	186.1 ± 2.4	24.5 ± 1.4	5069 ± 127
In	37	186.4 ± 2.9	23.3 ± 0.6	5234 ± 157

a: 10% superior; b: 10% inferior

PTA = perímetro torácico ajustado; PEM = producción ajustada a 305 días y equivalente maduro; ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA;

PRLA = Producción ajustada a 305 días

CUADRO R.53

INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% DE LAS MEDIAS DE PTA, ELAAJ Y PEM DE LOS GRUPOS SELECCIONADOS POR EFICIENCIA O INEFICIENCIA (Ef o In), PRODUCCION O IMPRODUCCION (Pr o Im), SOLO EFICIENCIA O INEFICIENCIA (Sef o Sin), SOLO PRODUCCION O IMPRODUCCION (Spr o Sim), AMBOS CRITERIOS (Am) Y NINGUNO (No), PARA LOS PORCENTILES 10 SUPERIOR E INFERIOR EN LAS VACAS EN GENERAL

Gpo	N	PTA	ELAAJ	PEM
a				
No	693	193.8 ± 0.7	31.2 ± 0.3	6825 ± 78
Am	60	191.8 ± 2.4	44.1 ± 0.7	9870 ± 195
Spr	30	190.2 ± 3.4	38.7 ± 0.4	9276 ± 121
Sef	19	192.5 ± 4.5	41.3 ± 0.6	8611 ± 114
Ef	79	192.0 ± 2.1	43.4 ± 0.6	9567 ± 192
Pr	90	191.3 ± 1.9	42.3 ± 0.7	9671 ± 147
b				
No	706	193.2 ± 0.7	33.9 ± 0.4	7456 ± 88
Am	65	195.7 ± 2.5	22.6 ± 0.5	4861 ± 104
Sim	14	191.2 ± 3.3	29.7 ± 2.1	5338 ± 34
Sin	17	196.6 ± 6.7	24.4 ± 0.3	5775 ± 141
In	82	195.9 ± 2.4	23.0 ± 0.4	5053 ± 120
Im	79	194.9 ± 2.2	23.9 ± 0.8	4914 ± 95

a: 10% superior; b: 10% inferior

PTA = perímetro torácico ajustado; PEM = producción ajustada a 305 días

y equivalente maduro; ELAAJ = Eficiencia con base en PRLA;

PRLA = Producción ajustada a 305 días