

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO  
PROGRAMA DE MAESTRIA EN PRODUCCION ANIMAL  
CHAPINGO, MEXICO

EFFECTO DEL GENOTIPO DEL FETO SOBRE EL NIVEL  
DE PRODUCCION DE LECHE DE LA MADRE EN LA LACTANCIA  
INMEDIATA EN GANADO HOLSTEIN-FRIESIAN



DIRECCION ACADÉMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESTUDIALES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

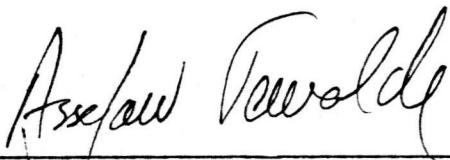
TESIS  
QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL  
PRESENTA  
OCTAVIO MARTINEZ HUERTA  
BAJO LA SUPERVISION DE  
DR. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL DR. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN.  
FUE REVISADA POR EL JURADO EXAMINADOR Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA LA OBTENCION DEL GRADO:

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PRODUCCION ANIMAL

JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE:

  
DR. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN

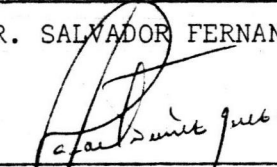
SECRETARIO:

  
DR. IGNACIO MONDRAGON

VOCAL:

  
DR. SALVADOR FERNANDEZ RIVERA

SUPLENTE:

  
M.C. RAFAEL NUNEZ DOMINGUEZ

SUPLENTE:

  
M.C. ARTEMIO CADENA MENESES

A VALENTINA Y VALENTINA

## AGRADECIMIENTOS

AL DR. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN, POR SU ATINADA ORIENTACION  
DURANTE LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AL M. Sc. RAFAEL NUNEZ DOMINGUEZ Y AL DR. SALVADOR FERNANDEZ  
RIVERA, DE QUIENES SOLO HE RECIBIDO APOYO Y SINCERA AMISTAD.

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO, MI SEGUNDA CASA.

AL DR. IGNACIO MONDRAGON POR SUS IMPORTANTES SUGERENCIAS A ESTE  
ESTUDIO



## CONTENIDO

|                                                                                                  | PAG |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| INDICE DE CUADROS.....                                                                           | i   |
| INDICE DE FIGURAS.....                                                                           | iii |
| INDICE DE APENDICES.....                                                                         | iv  |
| RESUMEN.....                                                                                     | vi  |
| INTRODUCCION.....                                                                                | 1   |
| REVISION DE LITERATURA.....                                                                      | 3   |
| 1. Efecto del padre del feto sobre la eficiencia<br>productiva y reproductiva de la vaca.....    | 3   |
| 2. Endocrinología fetal.....                                                                     | 9   |
| MATERIALES Y METODOS.....                                                                        | 12  |
| 1. Descripción y origen de la información.....                                                   | 12  |
| 2. Manejo de los datos.....                                                                      | 12  |
| 3. Variable de interés.....                                                                      | 13  |
| 4. Análisis preliminar.....                                                                      | 13  |
| 5. Análisis genéticos.....                                                                       | 17  |
| 5.1 Estimación del componente de varianza del padre<br>del feto mediante análisis fraternal..... | 17  |
| 5.2 Estimación del efecto fetal por medio del<br>análisis madre-hija.....                        | 18  |
| RESULTADOS Y DISCUSION.....                                                                      | 23  |
| 1. Análisis preliminar.....                                                                      | 23  |
| 2. Análisis de desviaciones.....                                                                 | 23  |
| 3. Análisis genéticos.....                                                                       | 26  |
| 3.1 Estimación del componente de varianza del                                                    |     |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| semental de servicio a través de análisis      |    |
| fraternal.....                                 | 26 |
| 3.2 Análisis madre-hija para la estimación del |    |
| efecto fetal.....                              | 40 |
| CONCLUSION.....                                | 44 |
| LITERATURA CITADA.....                         | 45 |

# INDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                     | PAG. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| CUADRO 1. FACTORES DE AJUSTE MULTIPLICATIVOS PARA PLDES POR<br>EDAD DE LA VACA.....                                                                                                                                 | 16   |
| CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA<br>PL305.....                                                                                                                                              | 24   |
| CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA<br>PLDES.....                                                                                                                                              | 25   |
| CUADRO 4. RESUMEN DEL CONJUNTO DE OBSERVACIONES UTILIZADO<br>EN EL ANALISIS FRATERNAL PARA LA ESTIMACION DEL<br>COMPONENTE DE VARIANZA DEL PADRE DEL FETO.....                                                      | 29   |
| CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA<br>PLDESA IGNORANDO LOS EFECTOS ALEATORIOS DE PADRE<br>DE LA VACA Y PADRE DEL FETO (PROCEDIMIENTO DE<br>ABSORCION NAB=6).....                              | 31   |
| CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA PLDESA CONSIDERANDO EL<br>EFECTO DEL PADRE DE LA VACA.....                                                                                                                      | 32   |
| CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA PLDESA ABSORBIENDO LOS<br>EFECTOS DEL PADRE DE LA VACA Y PADRE DEL FETO.....                                                                                                    | 33   |
| CUADRO 8. VALOR RELATIVO DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA DEL<br>PADRE DE LA VACA Y PADRE DEL FETO ( $\sigma_p^2$ Y $\sigma_s^2$ ) EN<br>RELACION AL COMPONENTE DE VARIANZA FENOTIPICA<br>TOTAL ( $\sigma_F^2$ )..... | 36   |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA<br>PRODUCCION DE LECHE DE LA MADRE.....  | 41 |
| CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA<br>PRODUCCION DE LECHE DE LA HIJA ..... | 42 |

# INDICE DE FIGURAS

PAG

|                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1. EFECTOS GENETICOS DIRECTOS Y AMBIENTALES<br>( $g_x$ Y $e_x$ ) Y EFECTOS GENETICOS FETALES Y<br>AMBIENTALES ( $f_v$ Y $e_v$ ) SOBRE EL REGISTRO<br>FENOTIPICO DE UN ANIMAL, $x$ , GESTANDO EL FETO $w$ .... | 20 |
| FIGURA 2. ESTRUCTURA DE LOS REGISTROS CON RESPECTO AL PADRE<br>DE LA VACA ( $P_i$ ) Y SEMENTAL DE SERVICIO ( $S_j$ ). LA<br>HIJA DE $P_i$ ES $v_{ik_i}$ .....                                                        | 27 |

# INDICE DE APENDICES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | PAG |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| APENDICE 1. NUMERO DE OBSERVACIONES POR EDAD DE LA VACA AL PARTO.....                                                                                                                                                                                                                                                                           | 50  |
| APENDICE 2. NUMERO DE OBSERVACIONES POR AÑO DE PARTO .....                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 51  |
| APENDICE 3. NUMERO DE OBSERVACIONES DE AÑO DE PARTO Y EDAD DE LA VACA.....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 52  |
| APENDICE 4. COEFICIENTES DE LAS VARIANZAS GENETICAS ADITIVAS PARA EFECTOS DIRECTOS ( $\sigma_g^2$ ), EFECTOS FETALES ( $\sigma_f^2$ ), Y COVARIANZA ENTRE LOS EFECTOS GENETICOS ADITIVOS DIRECTOS Y FETALES ( $\sigma_{gf}$ ), PARA LA COVARIANZA ENTRE VARIOS PARIENTES Y COMBINACIONES DE PADRES DE FETOS <sup>1</sup> (VAN VLECK, 1978)..... | 53  |
| APENDICE 5. MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{Y}_{i..}$ ), ERRORES ESTANDAR (E.E) Y NUMERO DE OBSERVACIONES POR HATO (n) EN EL ANALISIS PRELIMINAR PARA PL305.....                                                                                                                                                                            | 54  |
| APENDICE 6. CONSTANTES, MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{Y}$ ) Y ERRORES ESTANDAR (E.E) PARA PLDES POR AÑO DE PARTO, EDAD DE LA VACA AL PARTO Y MES DE PARTO EN EL ANALISIS PRELIMINAR.....                                                                                                                                                  | 58  |
| APENDICE 7. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA LAS DESVIACIONES DE PRODUCCION DE LECHE AJUSTADAS POR EDAD DE LA VACA AL PARTO CONSIDERANDO AL PADRE DEL FETO (S).....                                                                                                                                                               | 59  |

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| APENDICE 8. ESTIMACION DEL ERROR ESTANDAR (E.E) DE LA<br>HEREDABILIDAD DEL EFECTO FETAL ( $\hat{h}_s^2$ ) UTILIZANDO<br>LA EXPRESION DE SWIGER <i>et al.</i> (1964).....   | 60 |
| APENDICE 9. ESTIMACION DEL ERROR ESTANDAR (E.E) DE LA<br>HEREDABILIDAD DEL EFECTO DIRECTO ( $\hat{h}_p^2$ ) UTILIZANDO<br>LA EXPRESION DE SWIGER <i>et al.</i> (1964)..... | 61 |
| APENDICE 10. CORRELACION ENTRE EFECTOS GENETICOS DIRECTOS Y<br>FETALES.....                                                                                                | 62 |
| APENDICE 11. MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{Y}$ ), ERRORES ESTANDAR<br>(E.E) Y NUMERO DE OBSERVACIONES POR SUBCLASE<br>HATO-AÑO-ESTACION PARA PL305.....              | 63 |
| APENDICE 12. MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{Y}$ ), ERRORES ESTANDAR<br>(E.E) Y NUMERO DE OBSERVACIONES POR SUBCLASE<br>HATO-AÑO-ESTACION PARA PL305H.....             | 68 |

## RESUMEN

Registros de producción de leche ajustada a 305 días (PL305) fueron utilizados para la estimación del efecto del semental de servicio mediante análisis fraternal ( $n=894$ ) y análisis madre-hija ( $n=912$ ). En el análisis fraternal se utilizaron las desviaciones de PL305 con respecto a la media de mínimos cuadrados del hato ajustadas por edad de la vaca al parto. Para el análisis madre-hija fueron usadas PL305 y producción de leche ajustada a 305 días en las hijas (PL305H) también corregidas por edad de la vaca al parto. Año de parto (78-83) y mes de parto como covariable fueron incluidos en los análisis efectuados en ambos métodos. En los análisis de varianza de medias hermanas paternas el efecto del padre del feto significó 11.7% de la variabilidad total en PL305 y la heredabilidad del efecto fetal fue igual a .47 en tanto que la heredabilidad del efecto directo fue igual a .42. El análisis de covarianza madre-hija para PL305 y PL305H indicó que el efecto fetal constituye 16.0% de la varianza fenotípica para PL305 siendo la heredabilidad igual a .32. La correlación entre efectos genéticos directos y fetales, en el análisis fraternal, resultó igual a .53. Los resultados indican que el efecto fetal puede ser importante en el comportamiento lechero de la vaca, asimismo, debe considerarse que los sementales de inseminación no están empleándose aleatoriamente en los hatos lecheros.



## INTRODUCCION

Los métodos convencionales de estimación del mérito genético de los sementales en la industria lechera se basan en pruebas de pro genie realizadas en base a registros de producción de medias hermanas paternas (Henderson, 1973; Henderson, 1975; Cue y Hayes, 1985) y no consideran el efecto del semental de servicio usado en cada una de las hijas del semental. Este efecto es ignorado bajo la suposición de que los toros de servicio se distribuyen aleatoriamente a través de las hijas, lo cual frecuentemente no ocurre, pudiendo introducir un sesgo en el comportamiento de las vacas en la lactancia que está por iniciarse (Van Vleck, 1978). Aún cuando el efecto del padre del feto puede ser removido al considerarse como un efecto fijo en los modelos correspondientes (Henderson, 1975), conviene evaluar su importancia porque ayudaría a identificar sementales cuyos fetos inducen niveles de producción elevados en sus madres.

Una de las explicaciones del posible efecto del feto en la producción de leche, considera al grupo de hormonas secretadas por la unidad feto-placenta como el puente de unión entre la cría en gestación y el nivel de producción de leche de la madre. Las hormonas principales que influyen en el crecimiento de la glándula mamaria durante la gestación son progesterona, estrógenos, proláctina y hormona del crecimiento (Forsyth, 1974; Thorburn et al., 1977). También la hormona lactógeno placentaria, producida por el feto dentro de la placenta, puede influir en la secreción láctea (Kiddy et al., 1972). Es posible que el efecto fetal esté directamente relacionado con el tamaño del feto (Wood, 1975), que

a su vez, está genéticamente determinado por el padre de la cría.

El conocimiento de la relación padre del feto-feto-placenta-producción de leche, puede conducir a nuevas estrategias de apareamiento. El primer paso en el estudio de dicha relación es determinar con precisión la proporción de la variabilidad total en rendimiento lechero que puede ser atribuida al padre del feto.

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Determinar el efecto del padre del feto sobre el nivel de producción de leche de la vaca en la lactancia subsecuente, a través de análisis fraternal y análisis madre-hija; 2) Estimar la heredabilidad del efecto fetal sobre producción de leche; y, 3) Estimar la correlación de efectos genéticos directos y efectos genéticos fetales.

## REVISION DE LITERATURA

### 1. Efecto del padre del feto sobre la eficiencia productiva y reproductiva de la vaca.

Existe evidencia de que el semental de servicio afecta el rendimiento lechero de la vaca a través de su influencia sobre las características del feto. A este efecto se le ha llamado "efecto del padre del feto" (Quesnel *et al.*, 1979) y para su evaluación se ha incluido al semental de servicio así como al padre de la vaca en los modelos de análisis estadístico para comparar los efectos relativos de uno y otro. Por otra parte, los fisiólogos han tratado de encontrar una explicación del efecto fetal desde el punto de vista bioquímico.

El efecto del feto sobre el largo de la gestación (Fitch *et al.*, 1924; Knott, 1932), la producción de leche en la lactancia subsecuente y algunas características reproductivas (Adkinson *et al.*, 1977; Johnson y Van Vleck, 1979), ha sido reconocido en bovinos. A la fecha no se han determinado claramente los mecanismos endócrinos que hacen posible tales influencias, ni la etapa de la gestación en la que se inician. Respecto a esto último, Bolander *et al.* (1976) consideran que la unidad feto-placenta influye sobre el desarrollo de la glándula mamaria y por lo tanto, sobre la producción de leche durante la lactancia, mediante la acción de algunas hormonas. De hecho, se han detectado cambios endócrinos importantes, paralelos a la etapa de crecimiento más activa de la glándula mamaria (Comline *et al.*, 1974).

Aunque es el feto el que afecta el comportamiento de la madre, la dificultad de estimar la magnitud de su influencia en forma precisa y directa, conduce a considerar en los respectivos análisis al efecto del "padre del feto" y no al efecto del feto. Sin embargo, ha sido posible y relativamente fácil estimar con exactitud la influencia relativa del feto sobre el nivel de producción de leche de la madre en animales múltiparos (Skjervold, 1977).

Bar-Anan *et al.* (1976) analizando registros de dificultad al parto, encontraron que el componente de varianza del semental incluye además de la varianza genética aditiva, la varianza genética para el efecto fetal y la covarianza entre los efectos directos y fetales.

En bovinos lecheros uno de los primeros trabajos que demostraron el efecto directo del padre del feto sobre la producción de leche de la vaca, fue realizado por Skjervold y Fimland (1975), quienes utilizaron información de 48 852 primeras lactancias de vacas Rojo-Noruego correspondientes a 4 años. En este trabajo los análisis se realizaron mediante un modelo aleatorio con los registros ajustados por los efectos de hato y edad de la vaca al parto, encontrándose que el 1% de la variabilidad total en producción de leche estaba asociada al padre del feto.

Adkinson *et al.* (1977) analizaron 27 200 y 3 731 registros que incluían todas las lactaciones de vacas Holstein y Jersey, respectivamente, con el objetivo de estimar los efectos del padre del feto sobre la producción de leche en la lactancia subsecuente y días abiertos de la madre. El modelo propuesto en

este ensayo fue completamente aleatorio, ya que primeramente se ajustó por los efectos de la subclase hato-año-estación, e incluyó al padre del feto y al padre de la vaca. Las variables de interés fueron la producción de leche y grasa, además de los días abiertos. El efecto del padre del feto significó 11.8, 14.3 y 3.2% de la variabilidad total en producción de leche, grasa y días abiertos, respectivamente en Jersey. En Holstein estos valores fueron 9.7, 10.0 y 2.8% para las mismas variables, respectivamente. A pesar de que la correlación entre el efecto del padre del feto y las producciones de leche y grasa fue de .96, la correlación entre el mismo efecto y la diferencia predecible en producción de leche fue de apenas -.04. Finalmente, estos mismos autores señalaron que el considerar al padre del feto en ajustes de registros de producción de leche, reduce la varianza del error y mejora la repetibilidad de las pruebas.

El efecto fetal se tiene tanto en la lactancia que transcurre mientras la cría se está gestando, como en la lactancia que se inicia con el nacimiento de ésta. Johnson y Van Vleck, (1979) estimaron la influencia del padre de la cría (PC1), cuyo nacimiento inicia la segunda lactancia y el padre de la cría (PC2) que se gesta en la última etapa de esta misma lactancia, sobre las variables producción de leche ajustada a 305 días (PL305), producción de leche a los 150 días (PL150), producción de leche de los 150 días a los 305 días (PLR), largo de la gestación y días abiertos. El modelo estadístico empleado para las variables de respuesta, incluyó el efecto de hato-año-estación, padre de la vaca y padre de la cría (PC1 y PC2). Usaron los métodos 1 y 3 de Henderson, para estimar los componentes de varianza para PC1 y

PC2. Con el método 1 los componentes de varianza asociados a PC1 y PC2 para la variable PL305 significaron 2.7% de la variabilidad total en ambos casos. Con el método 3 las estimaciones del porcentaje de varianza en producción de leche, contribuyeron con el 1% o menos, debido a que este método elimina el sesgo que se presenta por el uso no aleatorio de los toros a través de los hatos, lo cual sobrestima la importancia relativa de los componentes de varianza obtenidos por el método 1. El efecto de PC2 fue mayor que el de PC1 sobre PL150. Los resultados de este trabajo indican que los apareamientos clasificados son una fuente potencial de sesgo en las evaluaciones de sementales. Henderson (1975) consideró esta situación en los métodos de evaluación de toros y propuso alternativas para mejorarlos.

Van Vleck (1977) consideró que los efectos genéticos fetales sobre el comportamiento de la madre en la lactancia subsecuente, deben ser considerados en la selección de toros. Este autor desarrolló un procedimiento para estimar valores económicos relativos de los efectos del padre de la vaca y el padre de la cría. En dicho procedimiento se consideró que para un tiempo de 10 años, los ponderadores económicos relativos fueron 1.240 y 1.284 para los efectos genéticos directos del semental y efectos genéticos fetales, respectivamente, cuando este último afecta solo la lactación subsecuente. Si se tiene en cuenta que el efecto fetal está presente en cada lactación de la madre su importancia relativa aumenta a 3.184.

Recientemente Hayes *et al.* (1985) utilizaron registros de facilidad al parto, producción de leche a 90 días, producción de grasa y proteína y porcentaje de grasa y de proteína en 8 817

vacas Holstein de 802 hatos y 124 sementales de servicio. Estimaron los componentes de varianza asociados con el padre del feto, mediante el procedimiento de Estimación Cuadrática Mínima Normal Insesgada (MINQUE), empleando un modelo que incluyó los efectos fijos de hato, mes de parto, edad de la vaca y padre de la vaca, así como el efecto aleatorio del semental de servicio. Las proporciones de varianza fenotípica total debidas al semental de servicio fueron 1.1, .3, .5, .2 y .3% para producción de leche a 90 días, producción de grasa, producción de proteína, porcentaje de grasa y porcentaje de proteína, respectivamente. Estos resultados indican que el efecto del semental de servicio no es importante sobre estas características medidas sobre los primeros 90 días de lactancia.

Cue y Hayes (1985) estimaron la correlación entre los efectos del padre del feto y el padre de la vaca para producción de leche, grasa y proteína en vacas de primer lactancia, usando la técnica de Máxima Verosimilitud Restringida. Encontraron un componente de varianza del semental de servicio cercano a cero para producción de leche y componentes negativos para grasa y proteína, en tanto que la correlación genética entre los mismos efectos fue igual a  $-.82$ . La conclusión de estos autores fue que no existe relación entre el efecto genético fetal y el efecto genético directo.

La tasa de concepción en vacas inseminadas artificialmente, es otra variable a la cual se le ha buscado relación con el efecto del feto. Sin embargo, la heredabilidad y la repetibilidad del efecto del padre del feto sobre la tasa de concepción han sido apenas del orden de .08 y .06, respectivamente

(Taylor *et al.*, 1985). Quesnel *et al.* (1979) evaluaron el efecto del padre del feto sobre 27 variables productivas y reproductivas en Holstein y Jersey, clasificando la magnitud de dicho efecto como apreciable, medio y nulo. El efecto del semental de servicio fue importante para el rendimiento lechero en Jersey ( $P < .05$ ) pero no en Holstein. Cuando el peso del becerro al nacer fue incluido como covariable, se observó que su influencia sobre producción de leche fue positiva y cuadrática, incrementándola en 103 kg con pesos al nacer entre 18.6 y 29.5 kg en Jersey y en 157 kg con pesos al nacer entre 34.5 y 45.4 kg en Holstein. Estos resultados sugieren que el peso al nacer está asociado con el tamaño y actividad de la placenta, así como con las funciones del feto.

Otra evidencia del efecto del feto sobre la producción de leche de la vaca fue observada en estudios sobre la asociación entre el valor de cría del semental y la habilidad de producción de la vaca inseminada o apareada con este toro (Taylor *et al.*, 1978). Estos autores analizaron 175 lactancias de vacas British Friesian y Jersey con el propósito de estudiar el efecto del tipo de apareamiento sobre la producción de leche de la vaca. Parte de las vacas habían sido cruzadas con toros superiores en la primera lactancia y con toros inferiores en la segunda, mientras que la otra parte de las vacas se aparearon en el orden inverso. Los toros superiores tendieron a deprimir la producción de leche de las vacas servidas con el semen de estos mismos, mientras que los toros inferiores tendieron a incrementarla. Las regresiones ponderadas de este efecto de apareamiento sobre el valor de cría de los sementales, tuvieron pendientes negativas tanto para la primera como para la segunda lactancia. Las tendencias observadas en este trabajo son cuestionadas por los mismos autores, los



cuales consideran que con 16 toros y con 6 a 17 lactancias por toro, no es suficiente información para estimar con precisión un posible efecto del tipo de apareamiento. Sin embargo, se concluye que es posible que los toros superiores tiendan a deprimir la producción de leche de sus compañeras de monta.

Lindstrom *et al.* (1981) estimaron también el efecto del tipo de apareamiento sobre la producción de leche de vacas inseminadas con semen de toros de leche o de carne. Las vacas con más de dos lactancias, inseminadas con semen de toros de carne, produjeron 150 kg menos en promedio, cuando se compararon con aquellas inseminadas con toros lecheros. Sin embargo, esa diferencia se redujo a 120 kg cuando se utilizaron sólo toros lecheros jóvenes no probados, lo cual sugiere el uso no aleatorio de los toros a partir de la segunda lactancia. Esta observación también ha sido hecha por Adkinson *et al.* (1977), Van Vleck (1978) y Johnson y Van Vleck (1979).

## 2. Endocrinología fetal

La unidad feto-placenta está asociada con un posible "efecto de apareamiento" a través de diferencias genéticas en la actividad de secreción hormonal (Skjervold y Fimland, 1975). Dicha unidad se compone del feto más las membranas extrafetales (Corioalantoides, Amino-corión y cotiledones), así como de fluidos (Alantoico y Amniótico), que en conjunto pueden interactuar, vía sistema endócrino, con la madre (Wilcox, 1980), asegurando un desarrollo continuo del feto hasta que llega el momento del parto. Thatcher *et al.* (1980) consideran que este es el ejemplo mas claro de la habilidad del feto para regular una actividad de la madre, el desarrollo de la glándula mamaria y el inicio de la secreción

láctea se encuentran, por lo tanto, sincronizados con el nacimiento de la cría. La capacidad de la vaca para producir leche y, en general, su habilidad materna se manifiestan como una consecuencia de varios mecanismos de control que el feto ejerce sobre el útero (Thatcher *et al.*, 1980).

El desarrollo de la glándula mamaria durante la gestación está determinado por factores endócrinos, fisiológicos y bioquímicos. En ratas, se demostró que la preñez es un estímulo muy importante sobre el número de células en el tejido secretor de leche, lo cual indica que la placenta o el feto regulan directa o indirectamente la proliferación de células en ese tejido (Tucker, 1969). La placenta y el feto participan grandemente en el control hormonal de la vaca en el último tercio de la gestación. El feto determina el periodo de gestación y cuando ocurre algún funcionamiento anormal de la pituitaria fetal, el parto puede retrasarse en forma importante (Convey, 1974). El mayor desarrollo de la glándula mamaria ocurre en la preñez tardía, como consecuencia de la actividad hormonal del feto y la placenta. Por lo tanto, resulta razonable pensar que parte de las diferencias en producción de leche mostradas por las madres se puedan atribuir a diferencias en habilidad de los fetos para estimular el crecimiento del tejido secretor de leche, y en consecuencia, de la galactopoyesis (Thatcher *et al.*, 1980).

La hormona lactógeno placentaria tanto como los estrógenos y la progesterona contribuyen al desarrollo de la glándula mamaria (Bolander *et al.*, 1976). Existe evidencia de que los partos múltiples contribuyen a incrementar los niveles de producción de leche, entre otras razones, porque se tienen dos

placentas, y en ocasiones, dos cuerpos lúteos contribuyendo a la secreción de las hormonas anteriormente mencionadas (Wood, 1975). Existen dos productos hormonales sintetizados en la unidad feto-placenta, los cuales probablemente influyen en el desarrollo de la ubre y la producción de leche. Estos son estrógenos y hormona lactógeno placentaria. Los primeros son producidos por la placenta y pueden influir directamente en el crecimiento del tejido secretor de leche (Posner, 1976) y la última puede jugar un papel crítico sobre la producción subsecuente de leche, como fue demostrado por Bolander *et al.* (1976), quienes detectaron un incremento significativo de esta hormona en los últimos 100 días de preñez.

Bolander *et al.* (1976) clasificaron vacas en función de su producción de leche, habiendo medido con anterioridad concentraciones de lactógeno placentaria en plasma durante la preñez. Las más altas productoras fueron aquellas vacas que mostraron niveles más altos de hormona lactógeno placentaria en el plasma. Esta correlación entre producción de leche y concentración de hormona lactógeno placentaria, sugiere que los efectos de ésta sobre el desarrollo del sistema mamario y otros sistemas fisiológicos relacionados con la lactación, pueden ser de gran trascendencia en el potencial de producción de leche en vacas (Gorski, 1979). Además, se ha especulado que la producción de hormona lactógeno placentaria por las vacas, puede servir en el futuro como una base para la cruce selectiva con determinado toro, o bien, que pudiera ser un indicador de la habilidad potencial de las hijas de los sementales usados para inseminación (Kiddy, 1979).

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Descripción y origen de la información

El estudio consistió en análisis de datos proporcionados por la Asociación de Criadores Holstein-Friesian de México, teniendo como base los registros de pureza de cada una de las vacas. Estos registros tienen un formato similar al de la Asociación para el Mejoramiento del Hato Lechero (DHIA) de los Estados Unidos de América.

Inicialmente los registros considerados correspondían a 128 hatos localizados en tres zonas de la República Mexicana:

- 1) Zona Norte: Baja California Norte, Coahuila y Durango.
- 2) Zona Centro: Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Querétaro y Zacatecas.
- 3) Zona Oriente: Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

### 2. Manejo de los datos

El número inicial de registros manejados en el presente estudio fue 19 142 tomados de 9 010 vacas Holstein-Friesian de 128 hatos, los cuales se encuentran afiliados a la Asociación de Criadores Holstein-Friesian de México. La edad de las vacas fluctuó entre 1.5 y 10 años (apéndice 1). Los progenitores de estas vacas fueron 1315 sementales en los 128 hatos. Esta información fue recabada durante el periodo de 1976 a 1984

Fueron realizadas algunas modificaciones en el conjunto original de datos considerando el número de observaciones por hato, año de parto y edad de la vaca al parto. Para el primer

análisis se consideraron solo aquellos hatos con un número de registros mayor o igual a 10, por lo que el número total de observaciones se redujo a 18144 y el número de hatos a 84. Respecto al año de parto, los años 1976 y 1977 (apéndice 2) fueron incluidos en el año 1978, por contar con muy poca información. Por la misma razón, las edades al parto de 8, 9 y 10 años se incluyeron en la clase de los 7 años (apéndice 3).

### 3. Variable de interés

La variable Producción de Leche Ajustada a 305 Días (PL305) constituyó la única variable considerada en este trabajo. El ajuste de las producciones reales a 305 días es llevado a cabo rutinariamente por la Holstein-Friesian de México, utilizando el procedimiento conocido como TIM (TEST INTERVAL METHOD). Este método aplica factores de corrección a primero, segundo y tercer pesaje. Shook (1975) explicó en detalle este procedimiento de ajuste.

### 4. Análisis preliminar

Una vez efectuadas las correcciones al archivo original de datos, se realizó un análisis para estimar las constantes para los efectos de hato, año de parto y edad de la vaca al parto, incluyendo además el mes de parto como covariable. El modelo correspondiente es el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + H_i + V_{j(i)} + AP_k + ED_l + \beta_1(MP) + (H*ED)_{il} + (AP*ED)_{kl} + \varepsilon_{ijklm}, \text{ donde}$$

$Y_{ijklm}$  = Producción de leche ajustada a 305 días,

$\mu$  = Media general,

$H_i$  = Efecto del i-ésimo hato,  
 $(i=1,2,3,\dots,84),$

$V_{i(j)}$  = Efecto de la j-ésima vaca anidada en el  
i-ésimo hato,

$AP_k$  = Efecto del k-ésimo año de parto  
 $(k=78,79\dots83),$

$ED_l$  = Efecto de la edad de la vaca al parto  
 $(l=1,2,3,4,5,6,7),$

MP = Efecto de la covariable mes de parto,

$\beta_1$  = Coeficiente de regresión asociado al efecto  
lineal del mes de parto,

$(H*ED)_{il}$  = Interacción hato por edad de la vaca,

$(AP*ED)_{kl}$  = Interacción año de parto por edad de la  
vaca, y

$\epsilon_{ijklm}$  = Error aleatorio  $\sim NID(0, \sigma^2)$

Para este análisis se utilizó el procedimiento de Mínimos Cuadrados propuesto por Harvey (1987). La interacción hato por año de parto no pudo ser estimada a causa de que el número de observaciones en una gran cantidad de subclases fué igual a cero, en tanto que la interacción hato por edad de la vaca al parto fue omitida del modelo, en virtud del elevado número de grados de libertad necesarios para su estimación. De esta manera el modelo inicial se analizó sin las interacciones señaladas anteriormente. El objetivo de este análisis fue estimar las medias por hato para efectuar el ajuste correspondiente y evitar la complicación de manejar este efecto con clases numerosas. El sesgo que eventualmente podría tener este análisis sería entonces sobre las

constantes para los años de parto, si la interacción hato por año de parto fuese importante.

Las medias de mínimos cuadrados (apéndice 4) obtenidas para cada uno de los hatos se utilizaron para remover este efecto. Los registros de PL305 se expresaron como desviaciones del hato correspondiente en la forma siguiente:

$$PLDES_{ij} = (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}), \text{ donde:}$$

$PLDES_{ij}$  = Desviación de la j-ésima producción de leche ajustada a 305 días en el i-ésimo hato,  
 $Y_{ij}$  = j-ésima producción de leche ajustada a 305 días en el i-ésimo hato, y

$\bar{Y}_{i.}$  = Media de mínimos cuadrados para PL305 en el i-ésimo hato.

Después de este ajuste, se analizó PLDES con el propósito de estimar las constantes para otros factores no genéticos, buscando la eventual significancia de alguno de ellos para llevar a cabo el ajuste necesario. El modelo propuesto consideró los efectos fijos del año de parto, edad de la vaca al parto, interacción año de parto por edad de la vaca al parto y mes de parto como covariable, además del efecto aleatorio de la vaca. De este análisis se tomaron las constantes para edad de la vaca al parto (apéndice 5) y PLDES se ajustó hacia la edad de los 5 años (PLDESA) utilizando los factores que se indican en el cuadro 1.

El efecto de la vaca fue absorbido en el efecto de año de parto mediante el procedimiento de Máxima Verosimilitud (Harvey, 1987), utilizando una correlación intraclase ( $\hat{r} =$

**CUADRO 1. FACTORES DE AJUSTE MULTIPLICATIVOS PARA PLDES<sup>a</sup> POR EDAD DE LA VACA**

| EDAD DE LA VACA<br>EN AÑOS | FACTOR DE AJUSTE |
|----------------------------|------------------|
| <2                         | 1.110            |
| 2                          | 1.100            |
| 3                          | 1.050            |
| 4                          | 1.030            |
| 5                          | 1.000            |
| 6                          | 1.020            |
| 7                          | 1.001            |

<sup>a</sup>PLDES = Producción de leche ajustada a 305 días expresada como desviación de la media del hato.



repetibilidad) de .40, misma que fue obtenida en el primer análisis de este estudio. Para la estimación de  $r$  se utilizaron un total de 18 144 lactancias correspondientes a 8 048 vacas.

## 5. Análisis genéticos

### 5.1 Estimación del componente de varianza del padre del feto mediante análisis fraternal

Después de efectuar los ajustes por edad de la vaca al parto, se procedió a los análisis genéticos que permitieron la estimación del efecto del semental de servicio (padre del feto) sobre la lactancia inmediata de la vaca mediante el modelo:

$$PLDESA_{ijkl} = \mu + P_i + S_j + AP_k + \beta_1(MP) + \varepsilon_{ijkl},$$

donde:

$PLDESA_{ijkl}$  = Desviación de producción de leche del  $l$ -ésimo registro de la vaca del  $i$ -ésimo padre y servida por el  $j$ -ésimo semental en el  $k$ -ésimo año de parto,

$\mu$  = Media común a todas las observaciones,

$P_i$  = Efecto aleatorio del  $i$ -ésimo padre de la vaca ( $i = 1, 2, \dots, n$ ),

$S_j$  = Efecto aleatorio del  $j$ -ésimo padre del feto ( $j = 1, 2, \dots, m$ ),

$AP_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo año de parto ( $k = 76, 77, \dots, 82$ ),

$MP$  = Efecto del mes de parto como covariable,

$\beta_1$  = Coeficiente de regresión asociado con el efecto lineal del mes de parto, y

$$e_{ijkl} = \text{Error aleatorio} \sim \text{NID}(0, \sigma^2).$$

En el análisis fraternal el número de observaciones se redujo drásticamente, ya que la codificación original de los registros no se había dirigido a la realización de una investigación como la presente, por lo cual el semental de servicio no fue codificado. Para disponer de la información del semental de servicio, se identificaron los padres de las hijas de cada vaca en la siguiente generación. Estos habían sido los sementales de inseminación utilizados en cada madre, una generación anterior. De esta manera, el archivo para los análisis genéticos estuvo constituido por 894 observaciones que incluyeron 242 padres de vacas y 169 sementales de servicio en 52 hatos.

El primer modelo para la estimación del efecto del semental de servicio fue propuesto por Van Vleck (1978). Los procedimientos y relaciones de parentesco usados por este autor para la estimación del efecto fetal, son utilizados en este estudio.

## 5.2. Estimación del efecto fetal por medio del análisis madre-hija

Además de los análisis fraternales para la estimación del efecto fetal (medios hermanos maternos o paternos, hermanos completos, etc.), es posible usar registros de madres e hijas con ese mismo fin. El efecto del semental de servicio puede ser estimado también a partir de registros de producción de vacas no emparentadas, que fueron servidas con el mismo semental (apéndice 4). Van Vleck (1978) mostró que la covarianza entre registros de hembras no emparentadas inseminadas con el mismo toro, estima  $1/4$

de la varianza de efectos fetales. En la figura 1 se muestran las relaciones entre los efectos genéticos directos y ambientales y los efectos genéticos fetales y ambientales sobre los registros de producción de una vaca (X) y su madre (Y).

Las relaciones indicadas en la figura 1 pueden ser representadas mediante modelos lineales similares a los aplicados por Willham (1963) para el estudio de los efectos maternos como sigue:

$$F_x = g_x + f_w + e_x + e_w \quad \text{y} \quad F_y = g_y + f_z + e_y + e_z ,$$

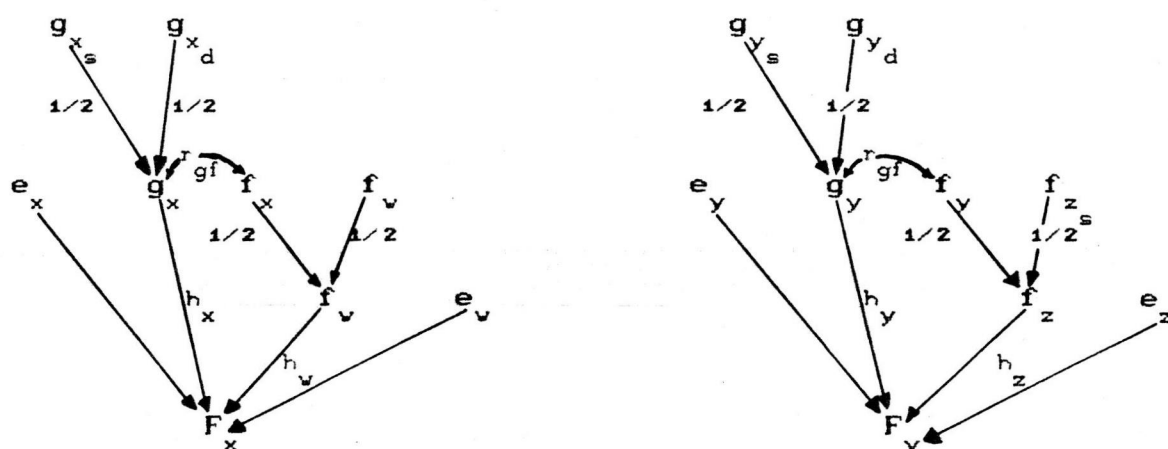
En estos modelos las  $g$  representan los efectos genéticos directos sobre los registros fenotípicos  $F$ , en tanto que las  $f$  representan los efectos genéticos fetales, finalmente  $e$  corresponde, en cada modelo, al valor del efecto ambiental. En la figura 1,  $w$  y  $z$ , constituyen los fetos de  $x$  y  $y$ , siendo sus padres  $w_s$  y  $z_s$ , respectivamente. La covarianza entre registros de  $x$  e  $y$  puede entonces ser descrita de acuerdo con Van Vleck (1981), de la siguiente manera:

$$COV(F_x F_y) = Cov(g_x g_y) + Cov(f_w f_z) + Cov(g_x f_z) + Cov(g_y f_w)$$

Esta expresión puede ser reescrita en términos de los efectos genéticos aditivos (Willham, 1963) de la siguiente manera:

$$Cov(F_x F_y) = a_{xy} \sigma_g^2 + a_{wz} \sigma_f^2 + (a_{xz} + a_{yw}) \sigma_{gf}$$

FIGURA 1. EFECTOS GENETICOS DIRECTOS Y AMBIENTALES ( $g_x$  Y  $e_x$ ) Y EFECTOS GENETICOS FETALES Y AMBIENTALES ( $f_v$  Y  $e_v$ ) SOBRE EL REGISTRO FENOTIPICO DE UN ANIMAL,  $x$ , GESTANDO EL FETO  $w^a$ .



<sup>a</sup>Los individuos  $x_s$  y  $w_s$  son el padre y la madre de  $x$ ,  $w_s$  es el padre del feto y  $x$  es la madre. El mismo diagrama es presentado para un posible pariente  $y$ , gestando al feto  $z$ . (Van Vleck, 1981).

donde las  $\alpha$  son los coeficientes de los efectos aditivos,  $\sigma_g^2$  es la varianza de los efectos genéticos aditivos directos,  $\sigma_f^2$  es la varianza de los efectos genéticos aditivos fetales y  $\sigma_{gf}$  es la covarianza entre los efectos genéticos aditivos directos y aditivos fetales. La covarianza entre registros de parientes estimaría las siguientes fracciones de efectos genéticos directos ( $\sigma_g^2$ ), fetales ( $\sigma_f^2$ ) y covarianza ( $\sigma_{gf}$ ) entre estos mismos

$$\text{Cov(madre-hija)} = 1/2 \sigma_g^2 + 1/2 \sigma_f^2 + (1+1/4)\sigma_{gf} ,$$

La fracción  $1/2 \sigma_f^2$  sería estimada cuando el registro en  $x$  fue producido al estar gestando a  $y$ , es decir, cuando en la figura 1,  $w_s$  es el mismo animal que  $y_s$ . En otras palabras, cuando los fetos  $f_v$  y  $f_z$  son la madre y la nueva cría que ahora se encuentra gestando. De esta manera, para estimar la heredabilidad del efecto fetal se efectuó un análisis de regresión madre-hija, utilizando un archivo con 562 registros de producción de leche ajustada a 305 días en madres (PL305) e hijas (PL305H). Estos registros correspondían, únicamente, a primeras lactancias, tanto en las madres como en las hijas. La información manejada en estos análisis provenía de 12 hatos y los años de parto considerados fueron 1979 y 1980, para PL305, y, 1982 y 1983, para PL305H.

El ajuste para los efectos ambientales (hato, año de parto y mes de parto) se realizó expresando los registros individuales como desviación de la media de mínimos cuadrados de la subclase hato-año-estación (H-A-E), para lo cual, anteriormente se habían determinado las estaciones de parto, en un análisis que incluía los efectos de hato, año de parto y mes de parto. Las

medias de mínimos cuadrados para las subclases H-A-E, para PL305 y PL305H se presentan en los apéndices 11 y 12.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Análisis preliminar

Las medias de mínimos cuadrados por hato utilizadas para generar las desviaciones de la producción de leche ajustada a 305 días (PL305) con respecto a la media del hato respectivo, se muestran en el apéndice 5. El rango entre las medias citadas es 3684 kg, lo cual indica la variabilidad en el manejo entre los distintos hatos. El análisis de varianza para PL305 se muestra en el cuadro 2. Todos los efectos incluidos en el modelo fueron significativos ( $P < .01$ ). La correlación intraclase ( $\hat{r}$ ) estimada a partir del componente de varianza de vaca fue .42. El mes de parto, considerado como covariable en su función lineal, también fue significativo ( $P < .01$ ).

### 2. Análisis de desviaciones

Las medias de mínimos cuadrados para PLDES y sus errores estándar se presentan en el apéndice 6. Los efectos principales año de parto y edad de la vaca al parto, así como el efecto de la covariable mes de parto resultaron significativos ( $P < .01$ ), no siendo así en el caso de la interacción año de parto por edad de la vaca al parto, la cual no fue importante (cuadro 3). De este análisis se generaron los factores de ajuste presentados en el cuadro 1. Los ajustes por edad generalmente se hacen hacia los 5 ó 6 años en los sistemas de producción de leche estabulado y con clima templado (Searle y Henderson, 1959; Searle, 1960), pero cuando se trata de climas tropicales los ajustes se realizan a edades más tardías, por ejemplo 7-8 años (Sequeira, 1987). Esto se debe a que las vacas en el trópico alcanzan su pico de producción

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA PL305<sup>a</sup>

| FUENTE DE VARIACION           | g.l.  | CUADRADOS MEDIOS  |
|-------------------------------|-------|-------------------|
| HATO (H)                      | 83    | 68 667 000.456**  |
| VACA DENTRO HATO (V/H)        | 7964  | 25 893 993.118**  |
| AÑO DE PARTO (AP)             | 5     | 21 857 345.857**  |
| EDAD AL PARTO (ED)            | 6     | 10 285 144.163**  |
| ( $\beta$ ) MES DE PARTO (MP) | 1     | 122 934 789.468** |
| RESIDUAL ( $\epsilon$ )       | 10084 | 976 181.287       |

<sup>a</sup>PL305 = Producción de leche ajustada a 305 días.

\*\* (P<.01).



CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA PLDES<sup>a</sup>

| FUENTE DE VARIACION <sup>b</sup> | gl    | CUADRADOS MEDIOS  |
|----------------------------------|-------|-------------------|
| $\mu$                            | 1     | 12 300.902        |
| AP                               | 5     | 7 843 211.393**   |
| ED                               | 6     | 21 568 854.285**  |
| AP*ED                            | 30    | 1 425 119.157     |
| MP                               | 1     | 458 388 710.233** |
| $\varepsilon$                    | 18101 | 996 439.491       |

<sup>a</sup>PLDES = Producción de leche ajustada a 305 días expresada como desviación de la media del hato. En este análisis el efecto aleatorio de la vaca fue absorbido hacia año de parto.

<sup>b</sup>Estas abreviaturas están definidas en el cuadro 2.

\*\* (P<.01).

más lentamente que los animales en las explotaciones lecheras especializadas en climas templados (Sequeira, 1987). Factores genéticos y de manejo pueden considerarse como causantes de estas diferencias. El hecho de que se está realizando el ajuste hacia los 5 años de edad en base a la información de las mismas vacas indica que, a nivel de hato, se debe implementar selección con más énfasis alrededor de esta edad.

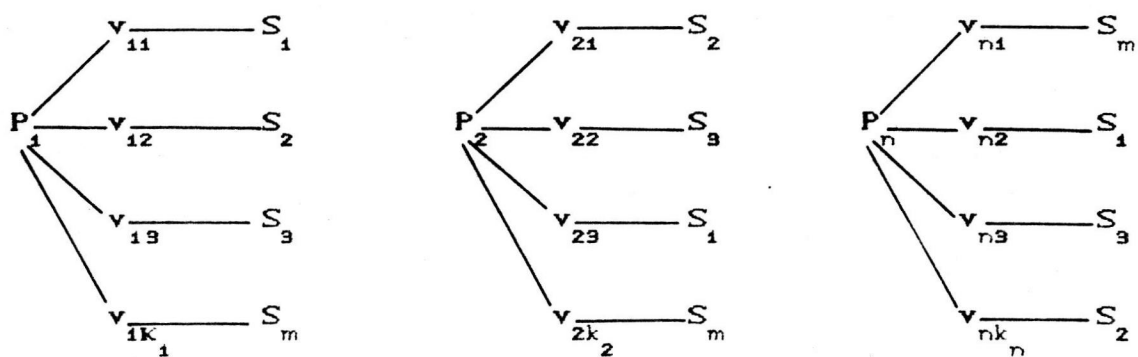
### 3. Análisis genéticos

#### 3.1 Estimación del componente de varianza del semental de servicio a través del análisis fraternal

Una aproximación a la estructura de los datos con respecto a los efectos aleatorios en el modelo se presenta en la figura 2. De esta figura pueden desprenderse dos aspectos importantes. En primer lugar, el tipo de familia dentro de semental corresponde a una familia de medias hermanas paternas. En segundo lugar, puesto que  $S_j$  es cruzado con respecto a  $P_i$  la agrupación familiar que se puede considerar en relación a los fetos es medios hermanos paternos (por ejemplo las vacas  $v_{19}$ ,  $v_{22}$  y  $v_{ns}$  tienen a  $S_3$  como semental de servicio). Los registros  $F_x$  y  $F_y$  de la figura 1 corresponden a producciones de medias hermanas paternas donde cada una tiene un diferente semental. La covarianza entre  $F_x$  y  $F_y$  es

$$\begin{aligned} \text{Cov}(F_x F_y) &= \alpha_{xy} \sigma_g^2 + \alpha_{wz} \sigma_f^2 + (\alpha_{xz} + \alpha_{yw}) \sigma_{gf} \\ &= (1/4) \sigma_g^2 + (1/16) \sigma_f^2 + (1/8 + 1/8) \sigma_{gf} \\ &= (1/4) \sigma_g^2 + (1/16) \sigma_f^2 + 1/4 \sigma_{gf} \end{aligned}$$

FIGURA 2. ESTRUCTURA DE LOS REGISTROS CON RESPECTO AL PADRE DE LA VACA ( $P_i$ ) Y SEMENTAL DE SERVICIO ( $S_j$ ). LA HIJA DE  $P_i$  ES  $v_{ik_i}$



donde:  $\alpha_{xy}$  es el coeficiente de parecido genético entre medias hermanas paternas,  $\alpha_{wz}$  es el coeficiente de parecido genético entre fetos hijos de medias hermanas, es decir, la probabilidad de que estos fetos posean genes en común por ascendencia. Este coeficiente ( $\alpha_{wz}$ ), debido a la condición diploide en cada locus, es

$$\alpha_{wz} = (1/8 + 1/8) (1/8 + 1/8) = 1/16,$$

finalmente,  $\alpha_{xz}$  y  $\alpha_{yw}$  es el parecido genético entre cada vaca y el feto de su media hermana, el cual es la mitad del parecido entre ellas mismas, esto es  $1/8$ .

En el análisis fraternal el número de observaciones se redujo drásticamente, ya que la codificación original de los registros no se había dirigido a la realización de una investigación como la presente, por lo cual el semental de servicio no fue codificado. Para disponer de la información del semental se identificaron los padres de las hijas de cada vaca en la siguiente generación, los cuales habían sido los sementales de inseminación utilizados en cada madre, una generación anterior. De esta manera, el archivo para los análisis genéticos estuvo constituido por 894 observaciones que incluyeron 242 padres de vacas y 169 sementales de servicio en 52 hatos. Un resumen del conjunto de datos manejado en esta etapa es presentado en el cuadro 4.

La estrategia del análisis para determinar el componente de varianza del padre del feto se dividió en 3 fases. En la primer fase se utilizó un modelo para la estimación de constantes para

**CUADRO 4. RESUMEN DEL CONJUNTO DE OBSERVACIONES UTILIZADO EN EL ANALISIS FRATERNAL PARA LA ESTIMACION DEL COMPONENTE DE VARIANZA DEL PADRE DEL FETO**

| VARIABLE        | n   |
|-----------------|-----|
| REGISTROS       | 894 |
| HATOS           | 52  |
| PADRES DE VACAS | 242 |
| PADRES DE FETOS | 152 |

año de parto y mes de parto, mientras que los efectos aleatorios fueron ignorados mediante el proceso de absorción número 6 (NAB=6) del programa para análisis de Modelos Mixtos por Mínimos Cuadrados y Máxima Verosimilitud (LSMLMW, versión PC-1) propuesto por Harvey (1987). Así, en el análisis de varianza (cuadro 5) la suma de cuadrados del error ( $SC_{E1}$ ) contiene los efectos del padre de la vaca y del padre del feto. Esta cantidad puede expresarse como:

$$SC_{E1} = SC_P + SC_S + SC_E,$$

donde:  $SC_{E1}$  es la suma de cuadrados residual en el análisis de varianza del cuadro 5, en tanto que  $SC_P$ ,  $SC_S$  y  $SC_E$  son las sumas de cuadrados del padre de la vaca, del padre del feto y suma de cuadrados del "error verdadero", respectivamente.

En la segunda etapa se estimó la suma de cuadrados del padre de la vaca ( $SC_P$ ), para lo cual fue empleado un modelo conteniendo este efecto, más los efectos fijos ya descritos con anterioridad. Por esto en los resultados del análisis de varianza (cuadro 6), la suma de cuadrados del error ( $SC_{E2}$ ) contiene en realidad los efectos del padre del feto y el "error verdadero". De esta manera,  $SC_{E2}$  puede expresarse como:

$$SC_{E2} = SC_S + SC_E$$

Finalmente, en la tercera fase se realizó un análisis de varianza absorbiendo los efectos aleatorios, con el objetivo de obtener un estimador de la suma de cuadrados del error verdadero ( $SC_E$ ). Con los resultados de este análisis de varianza (cuadro 7)

CUADRO 5. ANALISIS VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA PLDESA<sup>a</sup>  
IGNORANDO LOS EFECTOS ALEATORIOS DE PADRE DE LA VACA  
Y PADRE DEL FETO (PROCEDIMIENTO DE ABSORCION NAB=6)

| FUENTE DE VARIACION <sup>b</sup> | g.l. | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS |
|----------------------------------|------|-------------------|------------------|
| AP                               | 6    | 21 637 426.621    | 3 606 237.770    |
| MP                               | 1    | 1 188 365.199     | 1 188 365.199    |
| $\epsilon$                       | 886  | 1816 150 118.355  | 2 049 830.833    |

<sup>a</sup>PLDESA = Producción de leche ajustada a 305 días expresada como desviación de la media del hato y ajustada por edad de la vaca.

<sup>b</sup>Estas abreviaturas están definidas en el cuadro 2.

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA PLDESA<sup>a</sup> CONSIDERANDO EL EFECTO DEL PADRE DE LA VACA

| FUENTE DE VARIACION | g.l. | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS |
|---------------------|------|-------------------|------------------|
| P <sup>b</sup>      | 241  | 605 512 767.950   | 2 512 767.950**  |
| AP                  | 6    | 14 904 039.984    | 2 484 006.664    |
| MP                  | 1    | 827 645.399       | 827 645.399      |
| $\epsilon$          | 645  | 1210 637 350.405  | 1 876 957.132    |

<sup>a</sup>PLDESA = Esta abreviatura está definida en el cuadro 5.

<sup>b</sup>Padre de la vaca, el resto de las abreviaturas están definidas en el cuadro 2.

\*\* (P<.01)



CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA PLDESA<sup>a</sup> ABSORBIENDO LOS EFECTOS DEL PADRE DE LA VACA Y PADRE DEL FETO

| FUENTE DE VARIACION | g.l. | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS |
|---------------------|------|-------------------|------------------|
| ABSORCION           | 652  | 858 369 774 043   | 2 103 544.480    |
| AP <sup>b</sup>     | 6    | 12 067 858.120    | 2 011 309.687    |
| MP                  | 1    | 1 714 290.130     | 1 714 290.130    |
| $\epsilon$          | 645  | 843 644 962.685   | 1 307 976.686    |

<sup>a</sup>PLDESA = Esta abreviatura está definida en el cuadro 5.

<sup>b</sup>Estas abreviaturas están definidas en el cuadro 2.

se obtuvo la información necesaria para estimar el efecto fetal, cuya suma de cuadrados había sido denominada como  $SC_S$ , siendo entonces esta cantidad igual a la diferencia entre  $SC_{E2}$  y  $SC_E$

$$SC_S = SC_{E2} - SC_E = SC_S + SC_E - SC_E = SC_S$$

el cual numéricamente es:

$$SC_S = 1210\ 637\ 350.405 - 843\ 644\ 962.685$$

$$SC_S = 366\ 992\ 387.420$$

por lo cual, el cuadrado medio del padre del feto ( $CM_S$ ) es,

$$CM_S = SC_S / gl_s = 366\ 992\ 387.4 / 151 = 2\ 430\ 413.162$$

Ahora bien, si la esperanza del cuadrado medio del padre del feto  $E(CM_S)$  es igual a sus respectivos componentes de varianza, entonces:

$$E(CM_S) = \sigma_E^2 + k_s \sigma_S^2,$$

donde:  $\sigma_E^2$  y  $\sigma_S^2$  son el componente de varianza del error y el componente de varianza del padre del feto, respectivamente, mientras que  $k_s$  es el coeficiente del componente de varianza del padre del feto. Entonces el estimador de  $\sigma_S^2$  sería:

$$\sigma_S^2 = (2\ 430\ 413.162 - 1\ 307\ 976.686) / 5.7168$$

$$\sigma_S^2 = 196\ 339.9937$$

El valor  $k_s$  fue obtenido en un análisis adicional para PLDES, el cual incluyó el efecto del semental de servicio y los efectos fijos. Los resultados de este análisis de varianza se muestran en el apéndice 7. Estos cálculos permiten comparar las magnitudes de  $\hat{\sigma}_P^2$  y  $\hat{\sigma}_S^2$  en relación a  $\hat{\sigma}_F^2$ . El efecto del semental de servicio o padre del feto, es ligeramente mayor al efecto del padre de la vaca, comparados en función del componente de varianza fenotípica total (cuadro 8). Al respecto, Adkinson *et al.* (1977) encontraron que el padre del feto significó 8.2 y 11.8% de la variabilidad total en producción de leche ajustada a equivalente maduro, en vacas Holstein y Jersey, respectivamente. Otros autores han encontrado magnitudes de este mismo efecto, de 3% (Skjervold y Fimland, 1975), 2.7% (Johnson y Van Vleck, 1978) y 1.1% (Hayes *et al.*, 1985).

El resultado del presente estudio coincide con el de Adkinson *et al.* (1977) y es una de las más altas estimaciones del efecto del padre del feto que se han observado para lactancias completas siendo además superior al efecto del padre de la vaca. Para lactancias parciales (producción de leche en 90 días), el efecto del padre del feto ha constituido menos del 1% de la variabilidad total (Hayes *et al.*, 1985), sugiriendo que el semental de servicio no es una fuente de variación importante al inicio de la lactancia, lo cual es razonable ya que las hormonas relacionadas con el desarrollo de la glándula mamaria y que son producidas en el complejo feto-placenta (lactógeno placentaria y estrógenos), se producen en cantidades importantes a partir de los 200 días de gestación (Thatcher *et al.*, 1980).

Johnson y Van Vleck (1978) encontraron un efecto

CUADRO 8. VALOR RELATIVO DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA DEL PADRE DE LA VACA Y PADRE DEL FETO ( $\sigma_P^2$  y  $\sigma_S^2$ ) EN RELACION AL COMPONENTE DE VARIANZA FENOTIPICA TOTAL ( $\sigma_F^2$ )

| COMPONENTE DE VARIANZA | ESTIMADOR     | % DE LA VARIANZA FENOTIPICA TOTAL |
|------------------------|---------------|-----------------------------------|
| $\sigma_P^{2(*)}$      | 176 514.016   | 10.5                              |
| $\sigma_S^2$           | 196 339.994   | 11.7                              |
| $\sigma_F^2$           | 1 680 830.695 | 100.0                             |

(\*) El componente de varianza del padre de la vaca se obtuvo en el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 6, el coeficiente de este componente de varianza resultó igual a 3.6005.

significativo del semental de inseminación sobre los primeros 150 días de producción de leche de la segunda lactación, siendo además mayor que el efecto del padre de la cría, cuyo nacimiento había iniciado la misma segunda lactancia. Tal situación introduce una complicación muy importante. Si se va a seleccionar un semental de servicio en base a la producción de una primera lactancia y los registros tempranos de la segunda, inevitablemente se estará asociando a dos sementales de inseminación.

En este análisis la variabilidad entre sementales de servicio fue significativa ( $P < .01$ ) y ligeramente superior a la variabilidad entre padres de las vacas. Este efecto se acentúa cuando el uso de los sementales de inseminación no es aleatorio a través de los hatos y a lo largo de los años.

En el caso de México es imposible asegurar la aleatoriedad de este factor, por lo cual debería ser tomado en cuenta cuando los registros de cualquier conjunto de vacas van a ser utilizados en la evaluación de sementales. McDaniel (1974) señaló este mismo problema del uso no aleatorio de los sementales de inseminación en los Estados Unidos de América, aunque al mismo tiempo reconoce que esta situación puede no ser tan extremosa en dicho país.

Las estimaciones de heredabilidad por medio del componente de varianza del padre de la vaca y padre del feto para PLDESA fueron  $.42 \pm .12$  y  $.47 \pm .14$ , respectivamente. Los errores estándar de estos estimadores fueron calculados usando la expresión de Swiger et al. (1964) (apéndices 8 y 9). La heredabilidad del efecto del semental de servicio sobre producción de leche es sensiblemente mayor que la encontrada por Cue y Hayes

(1985), quienes encontraron un estimador cercano a cero. El resultado encontrado en el presente trabajo, tanto para el estimador de  $h_s^2$  como para  $\sigma_s^2$ , puede incluir otros efectos genéticos diferentes a los aditivos, como podrían ser los efectos aditivos maternos. Taylor *et al.* (1985) sugirieron en situaciones como ésta, que valores semejantes de heredabilidad deberían ser considerados como estimadores de repetibilidad.

Otra variable importante en producción de leche y que frecuentemente se atribuye al efecto del padre del feto es la dificultad al parto. Cuando se ha incluido este efecto junto con el efecto del semental de servicio, para tratar de ajustar modelos en estudios de caracteres productivos, se ha encontrado que uno y otro efecto son independientes. Hayes *et al.* (1985) determinaron que los factores en el feto que fueron aportados por el padre y que influyen sobre el rendimiento en leche, difieren de los factores en el mismo feto que influyen sobre la dificultad al parto.

La correlación entre efectos genéticos directos y fetales fue .53. En el apéndice 10 se muestran los cálculos efectuados para la obtención de este estimador. Este último resultado constituye otra indicación de la importancia del efecto fetal frente a los efectos genéticos directos.

La asociación entre efectos genéticos directos y fetales, si es alta y positiva, tiene importancia en el contexto de selección porque implicaría que aquellos sementales cuyos fetos promueven comportamientos productivos superiores en sus madres, también producirán hijas con rendimientos lecheros elevados. La producción de leche entonces, además de servir para evaluar el

mérito genético de su padre, también puede ser utilizada como indicador del valor de cría del semental con el que fue empadrada. Esto puede ser particularmente valioso en un programa de selección de toros jóvenes en el cual, en adición a los registros de ancestros y parientes colaterales, se pueden también utilizar los registros de las compañeras de monta.

Con respecto a los toros adultos es posible obtener una mejora en las exactitudes de las estimaciones del valor de cría, si además de los registros de las hijas se consideran igualmente los registros de las vacas con las que se cruzaron. Un índice de selección es el procedimiento adecuado para conjuntar estas dos fuentes de información. El énfasis dado a los registros de las compañeras de monta, depende de la fracción de la varianza fenotípica total atribuible al semental de servicio.

El efecto del semental de servicio depende en parte del sistema de apareamiento seguido en un hato. Cuando la asignación de los sementales de servicio es aleatoria entonces el efecto de los mismos se minimiza, pero si existen apareamientos clasificados aumenta. En donde no se puede confirmar el uso aleatorio de los toros de inseminación, seguramente el efecto fetal tendrá importancia. En el caso de México es necesario revisar los sistemas de apareamiento seguidos en las diferentes regiones antes de considerar el efecto del padre del feto.

Una mejora en la estimación del valor de cría de los sementales, usando los registros de las compañeras de monta, es deseable porque puede aumentar la exactitud de la estimación de dicho valor de cría, y como la respuesta a la selección depende de esa exactitud, entonces mejoraríamos también la respuesta a la

selección. Van Vleck y Johnson (1980) determinaron que la importancia económica sobre producción de leche del padre de la vaca es de 1.58 a 3.02 veces mayor que la del padre del feto. Sin embargo, es posible aumentar la ganancia económica por selección de toros en 1% a 2% si se consideran los registros de las compañeras de monta.

A pesar de que generalmente la correlación entre efectos genéticos directos y fetales en bovinos ha sido estimada en valores cercanos a cero (Adkinson *et al.*, 1977; Johnson y Van Vleck, 1979), existen relaciones fisiológicas, endócrinas y bioquímicas entre el feto y la madre que pueden ser manejadas exteriormente con el objetivo de incrementar el desarrollo de la glándula mamaria y la producción de leche. Asimismo, una amplia gama de posibilidades respecto al efecto fetal pueden existir en especies multíparas, como cerdos y conejos, o aún en pequeños rumiantes, como la cabra y la oveja, que pueden contribuir a explicar mejor las relaciones entre el feto, la madre y el padre del feto.

### 3.2. Análisis madre-hija para la estimación del efecto fetal

En los análisis para las variables PL305 y PL305H los efectos de la subclase H-A-E fueron significativos en ambos casos ( $P < .01$ , cuadros 9 y 10, respectivamente) indicando la posible existencia de interacciones entre los factores involucrados. De estos análisis se obtuvieron las medias de mínimos cuadrados que se usaron para expresar los registros individuales como desviación de la media de la subclase respectiva.

Mediante la regresión de las desviaciones de PL305H



CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA  
PRODUCCION DE LECHE DE LA MADRE

| FUENTE DE VARIACION | g.l. | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS            |
|---------------------|------|-------------------|-----------------------------|
| H-A-E <sup>a</sup>  | 91   | 410 235 988.406   | 4 508 087.785 <sup>**</sup> |
| $\varepsilon^a$     | 470  | 826 505 276.049   | 1 758 521.864               |

<sup>a</sup>H-A-E = Subclase hato-año estación,  $\varepsilon$  = Residual.

<sup>\*\*</sup>(P<.01).

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA  
PRODUCCION DE LECHE DE LA HIJA

| FUENTE DE VARIACION | g.l. | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS |
|---------------------|------|-------------------|------------------|
| H-A-E <sup>a</sup>  | 67   | 417 168 819.392   | 6 226 400.289**  |
| $\epsilon$          | 494  | 1419 681 050.537  | 2 873 848.280    |

<sup>a</sup>H-A-E = Subclase ható-año estación,  $\epsilon$  = Residual.

\*\* (P<.01).

sobre las desviaciones de PL305, se obtuvo el estimador de la heredabilidad del efecto fetal, el cual fue igual a  $.32 \pm .08$ . El mismo estimador obtenido mediante análisis fraternal es comparable en magnitud ( $.47 \pm .14$ ) al encontrado mediante la regresión madre-hija. Estos resultados confirman la existencia del efecto del semental de servicio sobre el nivel de producción de leche de la madre. La correlación entre efectos genéticos directos y fetales, no fue posible estimarla mediante este análisis debido a que solo se utilizaron primeras lactancias de madres e hijas.

Las magnitudes de los estimadores del efecto fetal, son también indicadores de la existencia de apareamientos clasificados positivos en los hatos nacionales. Esta estrategia de apareamiento puede ser fuente importante de sesgo en la evaluación de sementales mediante prueba de progenie, por lo tanto, los modelos para estimación del mérito genético de los toros en la industria lechera, deben considerar este efecto, incluyendo el efecto del semental de servicio como un efecto fijo, o bien, utilizando el comportamiento de las vacas inseminadas con cada semental, como una fuente de información adicional para la estimación de su mérito genético. En el futuro, la estimación de la habilidad de transmisión del efecto fetal por los toros a su progenie, puede significar una forma adicional de producir mejoramiento genético en el ganado lechero, al considerarse seriamente, la evaluación de toros para producir sementales superiores en cuanto al efecto fetal.

## CONCLUSION

Los resultados en estos análisis indican que el semental de servicio tiene un efecto importante en la producción de leche de la vaca. Por lo tanto, se debe considerar el uso de los registros de las hijas de los sementales y los registros de las vacas empadradas con éstos, para evaluar el mérito genético de los toros lecheros.

## LITERATURA CITADA

- ADKINSON, R. W., C. J. WILCOX y W. W. THATCHER. 1977. Effects of sire of fetus upon subsequent production and days open of the dam. *J. Dairy Sci.* 60:1964.
- BAR-ANAN, R., M. SOLLER y J. C. BOWMAN. 1976. Genetic and environmental factors affecting the incidence of difficult calving and perinatal calf mortality in Israeli-Friesian dairy herds. *Anim. Prod.* 22:299.
- BOLANDER, F. F., L. C. ULBERG y R. E. FELLOWS. 1976. Circulating placental lactogen levels in dairy and beef cattle. *Endocrinology* 99:1273.
- COMLINE, R. S., L. W. HALL, R. B. LAVELLE, P. W. NATHANIELSZ y M. SILVER. 1974. Parturition in the cow. Endocrine changes in animals with chronically implanted catheters in the foetal and maternal circulations. *J. Endocrinol.* 63:451.
- CONVEY, E. M. 1974. Serum hormone concentrations in ruminant during mammary growth, lactogenesis and lactation: A review. *J. Dairy Sci.* 57:905.
- CUE, R. E. y J. F. HAYES. 1985. Components of variance and covariance between direct and fetal effects in production traits. *J. Dairy Sci.* 68:1758.
- FITCH, J. B., P. C. MCGILLARD y G. M. DRUMM. 1924. A study of birth weight and gestation of dairy animals. *J. Dairy Sci.* 7:222.

- FORSYTH, I. A. 1974. The comparative study of placental lactogenic hormones, fetal nutrition and lactation. In J. B. Josimovich, M. Reynolds y E. Cobo, (eds)., *John Wiley and Sons*, N.Y. U.S.A. pp. 125.
- GORSKI, J. 1979. Endocrine factors in genetic improvement of milk production. *J. Dairy Sci.* 62:814.
- HARVEY, W. R. 1987. User's guide for LSMLMW PC-1 version, mixed model least-squares and maximum likelihood computer program. Ohio State University.
- HAYES, J. F., B. R. MANGURKAR y R. I. CUE. 1985. Effect of sire of fetus on subsequent 90-day production of the Holstein dam. *J. Dairy Sci.* 68:1286.
- HENDERSON, C. R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. In *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. Jay L. Lush. American Society of Animal Science and American Dairy Science Association* Champaign, Illinois. pp. 25.
- HENDERSON, C. R. 1975. Comparison of alternative sire evaluation methods. *J. Anim. Sci.* 41:760.
- JOHNSON, L. P. y L. D. VAN VLECK. 1979. Components of variance associated with service sire for milk yield and reproductive traits. *J. Dairy Sci.* 62:754.
- KIDDY, C. A. 1979. A review of research on genetic variation in physiological characteristics related to performance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 62:818.
- KIDDY, C. A., K. P. BOVARD y L. R. MILLER. 1972. Milk polymorphisms and growth of beef calves. *J. Anim. Sci.* 35:177 (Abstr).

- KNOTT, J. C. 1932. A study of the gestation period of Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 15:87.
- LINDSTROM, U. B., J. SYVAJARVI y T. HELLMAN. 1981. Milk production of dairy cows inseminated with semen from beef or dairy bulls. *Z. Tierzucht. Zuchtgsbiol.* 98:303.
- McDANIEL, B. T. 1974. Why new sire summaries are needed. *J. Dairy Sci.* 57:951.
- POSNER, B. 1976. Regulation of lactogen specific binding sites in rat liver: Studies on the role of lactogens and strogens. *Endocrinology.* 99:1168.
- QUESNEL, F. N., D. E. HARMON, C. J. WILCOX, W. W. THATCHER y A. K. SHARMA. 1979. Sire of fetus effects upon milk production of the dam and several characteristics of the fetus. *J. Dairy Sci.* 62 (Suppl. 1):106. (Abstr).
- SEARLE, S. R. 1960. Simplified herd-level age-correction factors. *J. Dairy Sci.* 43:821.
- SEARLE, S. R. y C. R. HENDERSON. 1959. Establishing age-correction factors related to the level of herd production. *J. Dairy Sci.* 42:824.
- SEQUEIRA, S. R. 1986. Evaluación genética de producción láctea y reproducción en ganado suizo y cruza bajo condiciones de trópico seco en Nicaragua. Tesis de Maestro en Ciencias. CATIE, Turrialba, Costa Rica, Centroamérica. pp. 56.
- SHOOK, G. E. 1975. Outline of the proposed factors for improving accuracy of the DHI estimates of lactation yield. Presented at National DHI Committee Workshop. Seattle. Washington. pp. 54.

- SKJERVOLD, H. 1977. The effect of fetal litter size on milk yield: Crossfostering experiments with mice. *Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol.* 92:66.
- SKJERVOLD, H. y E. FIMLAND. 1975. Evidence for a possible influence of the fetus on the milk yield of the dam. *Seit. Tierz. Zuchtungsbiol.* 92:245.
- SWIGER, L. A., W. R. HARVEY, D. O. EVERSON y K. E. GREGORY. 1964. The variance of intraclass correlation involving groups with one observation. *Biometrics.* 20:818.
- TAYLOR, C. S., L. S. MONTEIRO, J. MURRAY y T. J. OSMOND. 1978. Possible association between the breeding value of dairy bulls and milk yield of their mates. *Anim. Prod.* 27:303.
- TAYLOR, J. F., R. W. EVERETT y B. BEAN. 1985. Systematic environmental direct, and service sire effects on conception rate in artificially inseminated Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 68:3004.
- THATCHER, W. W., C. J. WILCOX, R. J. COLLIER, D. ELEY y H. HEAD. 1980. Bovine conceptus-maternal interactions during the pre-and postpartum periods. *J. Dairy Sci.* 63:1514.
- THORBURN, G. D., J. R. CHALLIS y W. B. CURIE. 1977. Control of parturition in domestic animals. *Biol. Reprod.* 16:18.
- TUCKER, H. A. 1969. Factors affecting mammary gland cell numbers. *J. Dairy Sci.* 52:720.
- VAN VLECK, L. D. 1977. Economic weights for direct and fetal genetic effects in choosing sires. *J. Dairy Sci.* 61:970.



- VAN VLECK, L. D. 1978. A genetic model involving fetal effects on traits of the dam. *Biometrics*. 34:123.
- VAN VLECK, L. D. 1981. Notes on the theory and application of selection principles for the genetic improvement of animals. Department of Animal Science. Cornell University, Ithaca, New York, U.S.A. pp 166.
- VAN VLECK, L. D. y L. P. Johnson. 1980. Genetic and economic implications of fetal effect on the dam. *J. Dairy Sci.* 63:1483.
- WILCOX, C. J. 1980. Conceptus-maternal interactions: Introduction. *J. Dairy Sci.* 63:1481.
- WILLHAM, R. L. 1963. The covariance between relatives for characters composed of components contributed by related individuals. *Biometrics* 19:18.
- WOOD, P. S. P. 1975. A note on the effect of twin births on production in the subsequent lactation. *Anim. Prod.* 20:421.

**APENDICE 1. NUMERO DE OBSERVACIONES POR EDAD DE LA VACA AL PARTO**

| <b>EDAD DE LA VACA<br/>(AÑOS)</b> | <b>NUMERO DE OBSERVACIONES</b> | <b>% DEL TOTAL</b> |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| <2                                | 340                            | 1.78               |
| 2                                 | 7468                           | 39.01              |
| 3                                 | 5209                           | 27.21              |
| 4                                 | 3246                           | 16.90              |
| 5                                 | 1811                           | 9.46               |
| 6                                 | 766                            | 4.00               |
| 7                                 | 200                            | 1.04               |
| 8                                 | 61                             | 0.32               |
| 9                                 | 20                             | 0.10               |
| 10                                | 21                             | 0.11               |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>19 142</b>                  | <b>100.00</b>      |

APENDICE 2. NUMERO DE OBSERVACIONES POR AÑO DE PARTO

| AÑO DE PARTO | NUMERO DE OBSERVACIONES |
|--------------|-------------------------|
| 76           | 90                      |
| 77           | 192                     |
| 78           | 710                     |
| 79           | 1940                    |
| 80           | 3220                    |
| 81           | 4073                    |
| 82           | 4668                    |
| 83           | 3781                    |
| 84           | 468                     |
| TOTAL        | 19142                   |

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH.

APENDICE 3. NUMERO DE OBSERVACIONES DE AÑO DE PARTO Y EDAD DE LA VACA

| AÑO DE PARTO | EDAD DE LA VACA (AÑOS) |      |      |      |      |     |     | TOTAL |
|--------------|------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-------|
|              | <2                     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   |       |
| 78           | 26                     | 424  | 249  | 165  | 63   | 8   | 19  | 954   |
| 79           | 46                     | 1334 | 336  | 105  | 37   | 11  | 6   | 1875  |
| 80           | 67                     | 1511 | 1093 | 300  | 81   | 23  | 17  | 3092  |
| 81           | 71                     | 1354 | 1280 | 862  | 212  | 62  | 37  | 3878  |
| 82           | 77                     | 1565 | 1089 | 942  | 602  | 149 | 59  | 4483  |
| 83           | 36                     | 862  | 964  | 837  | 671  | 381 | 111 | 3862  |
| TOTAL        | 323                    | 7050 | 5011 | 3211 | 1666 | 634 | 249 | 18144 |

APENDICE 4. COEFICIENTES DE LAS VARIANZAS GENETICAS ADITIVAS PARA EFECTOS DIRECTOS ( $\sigma_g^2$ ), EFECTOS FETALES ( $\sigma_f^2$ ), Y COVARIANZA ENTRE LOS EFECTOS GENETICOS ADITIVOS DIRECTOS Y FETALES ( $\sigma_{gf}$ ), PARA LA COVARIANZA ENTRE VARIOS PARIENTES Y COMBINACIONES DE PADRES DE FETOS<sup>1</sup> (VAN VLECK, 1978)

| ANIMALES<br>CON REGISTRO | PADRE DEL FETO                                                | COEFICIENTE DE |              |               |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|--------------|---------------|
|                          |                                                               | $\sigma_g^2$   | $\sigma_f^2$ | $\sigma_{gf}$ |
| HIJA-MADRE               | El semental de servicio de la vaca no es el padre de la hija. | 1/2            | 1/8          | 1/2           |
| HIJA-MADRE               | El semental de servicio de la vaca es el padre de la hija.    | 1/2            | 1/2          | 5/4           |
| HERMANOS<br>COMPLETOS    | Diferente semental de servicio                                | 1/2            | 1/8          | 1/2           |
| MHP o MHM <sup>a</sup>   | Diferente semental de servicio                                | 1/2            | 1/16         | 1/4           |
| MHP o MHM                | Mismo semental de servicio                                    | 1/4            | 5/16         | 1/4           |
| MH <sup>b</sup>          | Mismo semental de servicio                                    | 1/4            | 3/16         | 1/2           |
| NO EMPAREN-<br>TADOS     | Mismo semental de servicio                                    | 0              | 1/4          | 0             |

<sup>1</sup>Las covarianzas pueden incluir otros componentes probables como dominancia y efectos aditivos maternos.

<sup>a</sup>MHP o MHM = Medios hermanos paternos o medios hermanos maternos.

<sup>b</sup>MH = Medios hermanos.

APENDICE 5. MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{Y}_{i.}$ ), ERRORES ESTANDAR (E.E) Y NUMERO DE OBSERVACIONES POR HATO (n) EN EL ANALISIS PRELIMINAR PARA PL305<sup>a</sup>

| HATO  | n     | $\bar{Y}_{i.} \pm E.E$ |
|-------|-------|------------------------|
| $\mu$ | 18144 | 5853.1 $\pm$ 37.5      |
| 1     | 192   | 5423.6 $\pm$ 125.9     |
| 2     | 255   | 6875.0 $\pm$ 113.1     |
| 3     | 34    | 5130.1 $\pm$ 260.5     |
| 4     | 162   | 5652.6 $\pm$ 141.5     |
| 5     | 72    | 5569.2 $\pm$ 194.8     |
| 6     | 160   | 6053.5 $\pm$ 145.0     |
| 7     | 463   | 6678.8 $\pm$ 85.6      |
| 8     | 221   | 5824.1 $\pm$ 124.1     |
| 9     | 27    | 6320.5 $\pm$ 317.8     |
| 10    | 152   | 5741.1 $\pm$ 139.6     |
| 11    | 9     | 6253.8 $\pm$ 485.6     |
| 12    | 804   | 6616.9 $\pm$ 68.6      |
| 13    | 96    | 4862.8 $\pm$ 155.2     |
| 14    | 1292  | 6178.4 $\pm$ 56.0      |
| 15    | 934   | 6800.0 $\pm$ 64.2      |
| 16    | 544   | 6167.2 $\pm$ 79.9      |
| 17    | 194   | 5433.9 $\pm$ 132.4     |
| 18    | 54    | 6061.0 $\pm$ 204.1     |
| 19    | 414   | 6494.9 $\pm$ 91.5      |
| 20    | 980   | 5950.8 $\pm$ 63.2      |
| 21    | 259   | 5838.9 $\pm$ 109.3     |

APENDICE 5. CONTINUACION

| HATO | n   | $\bar{Y}_L \pm E.E$ |
|------|-----|---------------------|
| 22   | 222 | 5527.5 $\pm$ 114.6  |
| 23   | 9   | 4499.5 $\pm$ 634.3  |
| 24   | 83  | 5690.8 $\pm$ 197.1  |
| 25   | 597 | 5858.4 $\pm$ 76.5   |
| 26   | 511 | 6477.9 $\pm$ 83.3   |
| 27   | 621 | 6155.5 $\pm$ 75.4   |
| 28   | 166 | 6200.3 $\pm$ 123.8  |
| 29   | 172 | 6003.7 $\pm$ 135.2  |
| 30   | 104 | 6921.4 $\pm$ 165.8  |
| 31   | 881 | 5288.0 $\pm$ 65.5   |
| 32   | 116 | 6742.9 $\pm$ 172.5  |
| 33   | 35  | 5145.9 $\pm$ 304.4  |
| 34   | 111 | 6108.4 $\pm$ 180.4  |
| 35   | 63  | 6120.3 $\pm$ 201.4  |
| 36   | 135 | 6773.3 $\pm$ 161.4  |
| 37   | 25  | 6176.3 $\pm$ 403.2  |
| 38   | 33  | 5953.0 $\pm$ 305.0  |
| 39   | 18  | 5284.5 $\pm$ 496.1  |
| 40   | 60  | 5603.0 $\pm$ 197.1  |
| 41   | 16  | 5150.3 $\pm$ 417.6  |
| 42   | 47  | 5338.8 $\pm$ 241.5  |
| 43   | 16  | 5918.9 $\pm$ 382.4  |
| 44   | 31  | 5531.8 $\pm$ 289.9  |
| 45   | 63  | 5961.5 $\pm$ 201.5  |

APENDICE 5. CONTINUACION

| HATO | n   | $\bar{Y}_{i.} \pm E.E$ |
|------|-----|------------------------|
| 46   | 931 | 6000.2 $\pm$ 61.1      |
| 47   | 485 | 6185.3 $\pm$ 89.0      |
| 48   | 119 | 6170.6 $\pm$ 160.2     |
| 49   | 128 | 5762.3 $\pm$ 160.4     |
| 50   | 41  | 5788.6 $\pm$ 265.3     |
| 51   | 11  | 5776.0 $\pm$ 219.7     |
| 52   | 311 | 6475.5 $\pm$ 97.7      |
| 53   | 29  | 6158.2 $\pm$ 321.4     |
| 54   | 265 | 7454.3 $\pm$ 116.2     |
| 55   | 504 | 6529.8 $\pm$ 80.6      |
| 56   | 9   | 7589.0 $\pm$ 634.2     |
| 57   | 35  | 7143.7 $\pm$ 310.0     |
| 58   | 555 | 5134.6 $\pm$ 77.8      |
| 59   | 15  | 4585.5 $\pm$ 337.8     |
| 60   | 42  | 4164.7 $\pm$ 250.9     |
| 61   | 43  | 5824.9 $\pm$ 261.4     |
| 62   | 79  | 5057.4 $\pm$ 172.2     |
| 63   | 107 | 5217.7 $\pm$ 175.6     |
| 64   | 113 | 5950.3 $\pm$ 155.8     |
| 65   | 49  | 4440.8 $\pm$ 248.2     |
| 66   | 103 | 5452.7 $\pm$ 189.9     |
| 67   | 13  | 4610.8 $\pm$ 362.7     |
| 68   | 69  | 5600.8 $\pm$ 262.7     |
| 69   | 10  | 3799.9 $\pm$ 462.0     |



APENDICE 5. CONTINUACION

| HATO | n   | $\bar{Y}_{i.} \pm \text{E.E.}$ |
|------|-----|--------------------------------|
| 70   | 337 | 6974.5 $\pm$ 101.0             |
| 71   | 43  | 6035.8 $\pm$ 259.1             |
| 72   | 755 | 6757.4 $\pm$ 68.2              |
| 73   | 240 | 6452.5 $\pm$ 113.9             |
| 74   | 503 | 6347.7 $\pm$ 80.9              |
| 75   | 23  | 4929.7 $\pm$ 331.5             |
| 76   | 264 | 5802.9 $\pm$ 122.8             |
| 77   | 49  | 7261.7 $\pm$ 242.5             |
| 78   | 126 | 4489.2 $\pm$ 147.3             |
| 79   | 40  | 5559.4 $\pm$ 252.4             |
| 80   | 11  | 6354.6 $\pm$ 422.6             |
| 81   | 180 | 5751.1 $\pm$ 132.5             |
| 82   | 9   | 3770.0 $\pm$ 434.9             |
| 83   | 10  | 4951.6 $\pm$ 477.3             |
| 84   | 36  | 6989.7 $\pm$ 266.4             |

TOTAL 18144

<sup>a</sup>PL305 = Producción de leche ajustada a 305 días.

APENDICE 6. CONSTANTES, MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{y}$ ) Y ERRORES ESTANDAR (E.E) PARA PLDES<sup>a</sup> POR AÑO DE PARTO, EDAD DE LA VACA AL PARTO Y MES DE PARTO EN EL ANALISIS PRELIMINAR

| VARIABLE                         | NUMERO DE OBSERVACIONES | CONSTANTE<br>$\pm$ (E.E) | $\bar{y}$<br>$\pm$ (E.E) |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <u>----- AÑO DE PARTO -----</u>  |                         |                          |                          |
| 78                               | 954                     | 103.8 $\pm$ 115.8        | 5956.9 $\pm$ 122.6       |
| 79                               | 1875                    | -25.4 $\pm$ 69.1         | 5827.7 $\pm$ 79.1        |
| 80                               | 3092                    | -151.1 $\pm$ 29.7        | 5702.0 $\pm$ 47.7        |
| 81                               | 3878                    | 66.9 $\pm$ 29.1          | 5920.0 $\pm$ 46.8        |
| 82                               | 4483                    | 85.9 $\pm$ 67.7          | 5939.0 $\pm$ 76.7        |
| 83                               | 3862                    | -80.1 $\pm$ 108.9        | 5773.0 $\pm$ 114.6       |
| <u>----- EDAD AL PARTO -----</u> |                         |                          |                          |
| <2                               | 323                     | -560.0 $\pm$ 139.0       | 5293.1 $\pm$ 145.5       |
| 2                                | 7050                    | -282.6 $\pm$ 92.9        | 5570.5 $\pm$ 98.1        |
| 3                                | 5011                    | -58.2 $\pm$ 50.7         | 5794.9 $\pm$ 60.1        |
| 4                                | 3211                    | 118.0 $\pm$ 25.6         | 5971.1 $\pm$ 42.0        |
| 5                                | 1666                    | 276.9 $\pm$ 50.7         | 6130.0 $\pm$ 61.4        |
| 6                                | 634                     | 164.7 $\pm$ 91.7         | 6017.8 $\pm$ 99.5        |
| 7                                | 249                     | 341.2 $\pm$ 151.1        | 6194.3 $\pm$ 158.0       |
| ( $\beta$ ) MES DE PARTO         |                         | 55.4 $\pm$ 4.9           | 55.4 $\pm$ 4.9           |

<sup>a</sup>PLDES = Producción de leche ajustada a 305 días expresada como desviación de la media del hato.

APENDICE 7. ANALISIS DE VARIANZA DE MINIMOS CUADRADOS PARA LAS DESVIACIONES DE PRODUCCION DE LECHE AJUSTADAS POR EDAD DE LA VACA AL PARTO CONSIDERANDO AL PADRE DEL FETO (S)

| FUENTE DE VARIACION | g.l. | CUADRADOS MEDIOS |
|---------------------|------|------------------|
| S <sup>a</sup>      | 151  | 2 408 003.567**  |
| AP                  | 6    | 1 642 223.312    |
| MP                  | 1    | 7 474 640.556    |
| $\epsilon$          | 735  | 1 976 247.047    |

<sup>a</sup>S= Padre del feto, las demás abreviaturas están definidas en el cuadro 2.

\*\* (P<.01)

K<sub>s</sub> =5.7168

APENDICE 8. ESTIMACION DEL ERROR ESTANDAR (E.E) DE LA  
HEREDABILIDAD DEL EFECTO FETAL ( $\hat{h}_s^2$ ) UTILIZANDO LA  
EXPRESION DE SWIGER *et al.* (1964)

| PARAMETRO                                  | ESTIMADOR |
|--------------------------------------------|-----------|
| $k_s$ (Coeficiente de $\hat{\sigma}_s^2$ ) | 5.7168    |
| $t$ (Correlación Intraclass)               | 0.1305    |
| E.E. ( $\hat{h}_s^2$ )                     | 0.1241    |

$$E.E.(\hat{h}_s^2) = 4(2(n.-1)(1-t)^2[1+(k_s-1)t]^2/k_s^2(n.-S)(S-1))^{1/2},$$

donde:

$S$  = Número de sementales de servicio = 152

$n.$  = Número total de observaciones = 894

APENDICE 9. ESTIMACION DEL ERROR ESTANDAR (E.E.) DE LA  
HEREDABILIDAD DEL EFECTO DIRECTO ( $\hat{h}_p^2$ ) UTILIZANDO  
LA EXPRESION DE SWIGER *et al.* (1964)

| PARAMETRO                            | ESTIMADOR |
|--------------------------------------|-----------|
| $k_p$ (Coeficiente de $\sigma_p^2$ ) | 3.6005    |
| $t$ (Correlación intraclase)         | 0.1189    |
| E.E. ( $\hat{h}_p^2$ )               | 0.1366    |

$$E.E.(\hat{h}_p^2) = 4\{2(n_p - 1)(1 - t)^2[1 + (k_p - 1)t] / k_p^2(n_p - P)(P - 1)\}^{1/2},$$

donde:

$P$  = Número de padres de las vacas = 242.

$n$ . = Número total de observaciones = 894.

## APENDICE 10. CORRELACION ENTRE EFECTOS GENETICOS DIRECTOS Y FETALES

---

Ya que la covarianza entre medias hermanas paternas COV(MHP) (APENDICE 9) estima:

$$\text{COV(MHP)} = 1/4\sigma_g^2 + 1/16\sigma_f^2 + 1/4\sigma_{gf} ,$$

entonces la correlación entre los efectos genéticos directos y fetales viene siendo:

$$\hat{r}_{gf} = \hat{\sigma}_{gf} / [\hat{\sigma}_g^2 \hat{\sigma}_f^2]^{1/2} = 785\ 359.976 / [(706\ 056.064)(3\ 141\ 439.904)]^{1/2} \\ = 0.5273$$

---

APENDICE 11. MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{Y}$ ), ERRORES ESTANDAR  
(E.E) Y NUMERO DE OBSERVACIONES POR SUBCLASE  
HATO-AÑO-ESTACION PARA PL305<sup>a</sup>

| HATO-AÑO-ESTACION | n   | $\bar{Y} \pm E.E$   |
|-------------------|-----|---------------------|
| $\mu$             | 562 | 6673.5 $\pm$ 71.0   |
| 1                 | 22  | 6850.9 $\pm$ 282.7  |
| 2                 | 10  | 5789.0 $\pm$ 419.3  |
| 3                 | 5   | 5764.0 $\pm$ 593.0  |
| 4                 | 2   | 7515.0 $\pm$ 937.7  |
| 5                 | 6   | 8480.0 $\pm$ 541.4  |
| 6                 | 3   | 7530.0 $\pm$ 765.6  |
| 7                 | 5   | 7424.0 $\pm$ 593.0  |
| 8                 | 2   | 9320.0 $\pm$ 937.7  |
| 9                 | 5   | 5970.0 $\pm$ 593.0  |
| 10                | 4   | 7492.5 $\pm$ 663.0  |
| 11                | 1   | 6660.0 $\pm$ 1326.1 |
| 12                | 1   | 6490.0 $\pm$ 1326.1 |
| 13                | 4   | 9020.0 $\pm$ 663.0  |
| 14                | 4   | 6542.5 $\pm$ 663.0  |
| 15                | 6   | 5793.0 $\pm$ 541.4  |
| 16                | 2   | 6700.0 $\pm$ 937.7  |
| 17                | 3   | 7747.0 $\pm$ 765.6  |
| 18                | 9   | 6090.0 $\pm$ 442.0  |
| 19                | 2   | 7250.0 $\pm$ 937.7  |
| 20                | 1   | 5960.0 $\pm$ 1326.1 |

APENDICE 11. CONTINUACION

| HATO-AÑO-ESTACION | n  | $\bar{Y} \pm E.E$  |
|-------------------|----|--------------------|
| 21                | 5  | 6538.0 $\pm$ 593.0 |
| 22                | 9  | 6388.9 $\pm$ 442.0 |
| 23                | 7  | 5854.3 $\pm$ 501.2 |
| 24                | 7  | 6037.1 $\pm$ 501.2 |
| 25                | 7  | 7094.4 $\pm$ 501.2 |
| 26                | 7  | 5581.4 $\pm$ 501.2 |
| 27                | 5  | 5996.0 $\pm$ 593.0 |
| 28                | 9  | 5851.1 $\pm$ 442.0 |
| 29                | 14 | 6636.4 $\pm$ 354.4 |
| 30                | 14 | 6378.6 $\pm$ 354.4 |
| 31                | 2  | 6180.0 $\pm$ 937.7 |
| 32                | 6  | 6125.0 $\pm$ 541.4 |
| 33                | 4  | 8255.0 $\pm$ 663.0 |
| 34                | 4  | 6800.0 $\pm$ 663.0 |
| 35                | 6  | 6331.7 $\pm$ 541.4 |
| 36                | 7  | 8050.0 $\pm$ 501.2 |
| 37                | 7  | 7044.3 $\pm$ 501.2 |
| 38                | 11 | 7038.2 $\pm$ 399.8 |
| 39                | 5  | 7508.0 $\pm$ 593.0 |
| 40                | 9  | 7320.0 $\pm$ 442.0 |
| 41                | 2  | 5710.0 $\pm$ 937.7 |
| 42                | 3  | 7146.7 $\pm$ 765.6 |
| 43                | 2  | 6580.0 $\pm$ 937.7 |



APENDICE 11. CONTINUACION

| HATO-AÑO-ESTACION | n  | $\bar{Y} \pm E.E$  |
|-------------------|----|--------------------|
| 44                | 8  | 6757.5 $\pm$ 468.8 |
| 45                | 16 | 7197.5 $\pm$ 331.5 |
| 46                | 9  | 7378.9 $\pm$ 442.0 |
| 47                | 4  | 6607.5 $\pm$ 663.0 |
| 48                | 5  | 8036.0 $\pm$ 593.0 |
| 49                | 6  | 6591.7 $\pm$ 541.4 |
| 50                | 11 | 7954.5 $\pm$ 399.8 |
| 51                | 8  | 7243.8 $\pm$ 468.8 |
| 52                | 2  | 7530.0 $\pm$ 937.7 |
| 53                | 6  | 5798.3 $\pm$ 541.4 |
| 54                | 5  | 8946.0 $\pm$ 593.0 |
| 55                | 3  | 6320.0 $\pm$ 765.6 |
| 56                | 5  | 5712.4 $\pm$ 593.0 |
| 57                | 7  | 7708.6 $\pm$ 501.2 |
| 58                | 8  | 7386.3 $\pm$ 468.8 |
| 59                | 3  | 8223.3 $\pm$ 765.6 |
| 60                | 2  | 8225.0 $\pm$ 937.7 |
| 61                | 7  | 6987.1 $\pm$ 501.2 |
| 62                | 6  | 5965.0 $\pm$ 541.4 |
| 63                | 14 | 6141.4 $\pm$ 354.4 |
| 64                | 4  | 7167.5 $\pm$ 663.0 |
| 65                | 4  | 5910.0 $\pm$ 663.0 |
| 66                | 9  | 5166.7 $\pm$ 442.0 |

APENDICE 11. CONTINUACION

| HATO-AÑO-ESTACION | n  | $\bar{Y} \pm E.E$   |
|-------------------|----|---------------------|
| 67                | 3  | 6200.0 $\pm$ 765.6  |
| 68                | 1  | 3760.0 $\pm$ 1326.1 |
| 69                | 15 | 5617.3 $\pm$ 342.4  |
| 70                | 11 | 6081.8 $\pm$ 399.8  |
| 71                | 3  | 5370.0 $\pm$ 765.6  |
| 72                | 6  | 5715.0 $\pm$ 541.4  |
| 73                | 5  | 5212.0 $\pm$ 593.0  |
| 74                | 8  | 5646.3 $\pm$ 468.8  |
| 75                | 15 | 5196.7 $\pm$ 342.4  |
| 76                | 5  | 5382.0 $\pm$ 593.0  |
| 77                | 7  | 6247.1 $\pm$ 501.2  |
| 78                | 11 | 6522.7 $\pm$ 399.8  |
| 79                | 5  | 5906.0 $\pm$ 593.0  |
| 80                | 15 | 7296.0 $\pm$ 342.4  |
| 81                | 4  | 5838.5 $\pm$ 663.0  |
| 82                | 2  | 5965.0 $\pm$ 937.7  |
| 83                | 1  | 8220.0 $\pm$ 1326.1 |
| 84                | 2  | 6545.0 $\pm$ 937.7  |
| 85                | 4  | 6692.5 $\pm$ 663.0  |
| 86                | 6  | 6546.7 $\pm$ 541.4  |
| 87                | 9  | 6798.9 $\pm$ 442.0  |
| 88                | 5  | 7478.0 $\pm$ 593.0  |
| 89                | 9  | 6261.1 $\pm$ 442.0  |

APENDICE 11. CONTINUACION

| HATO-AÑO-ESTACION | n | $\bar{Y} \pm E.E$  |
|-------------------|---|--------------------|
| 90                | 2 | 5995.0 $\pm$ 937.7 |
| 91                | 2 | 6895.0 $\pm$ 937.7 |
| 92                | 5 | 6758.0 $\pm$ 593.0 |

TOTAL 562

<sup>a</sup>PL305 = Producción de leche ajustada a 305 días.

APENDICE 12. MEDIAS DE MINIMOS CUADRADOS ( $\bar{Y}$ ), ERRORES ESTANDAR (E.E) Y NUMERO DE OBSERVACIONES POR SUBCLASE HATO-AÑO-ESTACION PARA PL305H<sup>a</sup>

| HATO-AÑO-ESTACION | n  | $\bar{Y} \pm E.E$   |
|-------------------|----|---------------------|
| 1                 | 8  | 8280.0 $\pm$ 599.4  |
| 2                 | 21 | 6271.9 $\pm$ 369.9  |
| 3                 | 20 | 7275.0 $\pm$ 379.1  |
| 4                 | 1  | 7820.0 $\pm$ 1695.2 |
| 5                 | 11 | 7743.6 $\pm$ 511.1  |
| 6                 | 15 | 7280.0 $\pm$ 437.7  |
| 7                 | 2  | 8605.0 $\pm$ 1198.7 |
| 8                 | 6  | 7771.7 $\pm$ 692.1  |
| 9                 | 8  | 7216.3 $\pm$ 599.4  |
| 10                | 2  | 8930.0 $\pm$ 1198.7 |
| 11                | 3  | 7066.7 $\pm$ 978.7  |
| 12                | 13 | 6930.0 $\pm$ 470.2  |
| 13                | 5  | 7956.0 $\pm$ 758.1  |
| 14                | 4  | 6857.5 $\pm$ 847.6  |
| 15                | 19 | 7154.2 $\pm$ 388.9  |
| 16                | 3  | 6456.7 $\pm$ 978.7  |
| 17                | 10 | 5976.0 $\pm$ 536.1  |
| 18                | 9  | 6278.9 $\pm$ 565.1  |
| 19                | 5  | 7522.0 $\pm$ 758.1  |
| 20                | 17 | 7383.5 $\pm$ 411.2  |
| 21                | 21 | 7178.6 $\pm$ 369.9  |

APENDICE 12. CONTINUACION

| HATO-AÑO-ESTACION | n  | $\bar{Y} \pm E.E$   |
|-------------------|----|---------------------|
| 22                | 8  | 6335.0 $\pm$ 599.4  |
| 23                | 8  | 7030.0 $\pm$ 599.4  |
| 24                | 15 | 6418.7 $\pm$ 437.7  |
| 25                | 8  | 8072.5 $\pm$ 599.4  |
| 26                | 17 | 6623.5 $\pm$ 411.2  |
| 27                | 19 | 6563.7 $\pm$ 388.9  |
| 28                | 4  | 7192.5 $\pm$ 847.6  |
| 29                | 14 | 6585.0 $\pm$ 453.1  |
| 30                | 5  | 6914.0 $\pm$ 758.1  |
| 31                | 8  | 7801.0 $\pm$ 599.4  |
| 32                | 20 | 7971.5 $\pm$ 379.1  |
| 33                | 18 | 7750.0 $\pm$ 399.6  |
| 34                | 6  | 10035.0 $\pm$ 692.1 |
| 35                | 8  | 7926.3 $\pm$ 599.4  |
| 36                | 11 | 6620.9 $\pm$ 511.1  |
| 37                | 1  | 6740.0 $\pm$ 1695.2 |
| 38                | 15 | 7549.3 $\pm$ 437.7  |
| 39                | 8  | 6796.3 $\pm$ 599.4  |
| 40                | 9  | 7084.4 $\pm$ 565.1  |
| 41                | 7  | 4728.6 $\pm$ 640.7  |
| 42                | 8  | 6855.0 $\pm$ 599.4  |
| 43                | 6  | 5683.3 $\pm$ 692.1  |
| 44                | 1  | 3850.0 $\pm$ 1695.2 |

APENDICE 12. CONTINUACION

| HATO-AÑO-ESTACION | n  | $\bar{Y} \pm E.E$   |
|-------------------|----|---------------------|
| 45                | 3  | 4470.0 $\pm$ 978.7  |
| 46                | 2  | 7920.0 $\pm$ 1198.7 |
| 47                | 13 | 5876.2 $\pm$ 470.2  |
| 48                | 5  | 5510.0 $\pm$ 758.1  |
| 49                | 2  | 6230.0 $\pm$ 1198.7 |
| 50                | 5  | 6956.0 $\pm$ 758.1  |
| 51                | 5  | 5980.0 $\pm$ 758.1  |
| 52                | 2  | 8250.0 $\pm$ 1198.7 |
| 53                | 14 | 7630.0 $\pm$ 453.1  |
| 54                | 6  | 6916.7 $\pm$ 692.1  |
| 55                | 1  | 6960.0 $\pm$ 1695.2 |
| 56                | 12 | 6373.3 $\pm$ 489.4  |
| 57                | 10 | 5932.0 $\pm$ 536.0  |
| 58                | 1  | 4860.0 $\pm$ 1695.2 |
| 59                | 18 | 7365.0 $\pm$ 399.6  |
| 60                | 11 | 6626.4 $\pm$ 511.1  |
| 61                | 2  | 8550.0 $\pm$ 1198.7 |
| 62                | 1  | 7500.0 $\pm$ 1695.2 |
| 63                | 4  | 5907.5 $\pm$ 847.6  |
| 64                | 1  | 6770.0 $\pm$ 1695.2 |
| 65                | 4  | 7195.0 $\pm$ 847.6  |
| 66                | 5  | 6120.0 $\pm$ 758.1  |

# APENDICE 12. CONTINUACION

| HATO-AÑO-ESTACION | n | $\bar{Y} \pm E.E$  |
|-------------------|---|--------------------|
| 67                | 5 | 9448.0 $\pm$ 758.1 |
| 68                | 3 | 9813.3 $\pm$ 978.7 |

TOTAL 562

<sup>a</sup>PL305H = Producción de leche ajustada a 305 días en hijas.

