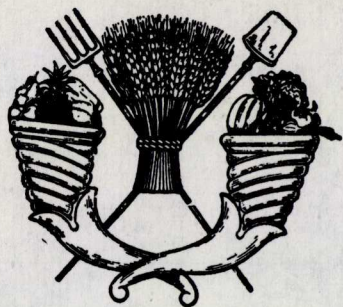




UTILIZACION DE REGISTROS PARCIALES DE PRODUCCION
DE LECHE PARA ESTIMAR LACTANCIAS A 305 DIAS EN
VACAS HOLSTEIN DE PRIMER PARTO EN MEXICO

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS
EN PRODUCCION ANIMAL
P R E S E N T A ;

RAUL ULLOA ARVIZU



BAJO LA SUPERVISION DE:
Ph.D. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN
M.Sc. IGNACIO MONDRAGON VAZQUEZ

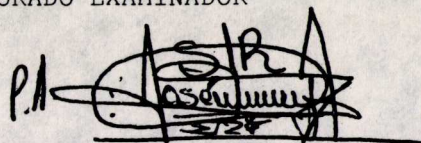
DIRECCION ACADÉMICA
DEPT. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

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

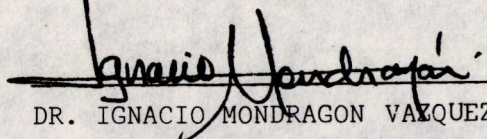
JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Assefaw Medhin', written over a horizontal line.

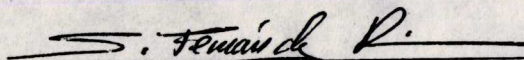
DR. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN

SECRETARIO:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ignacio Mondragon', written over a horizontal line.

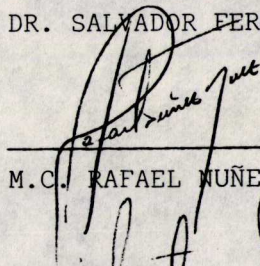
DR. IGNACIO MONDRAGON VAZQUEZ

VOCAL:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Salvador Fernandez', written over a horizontal line.

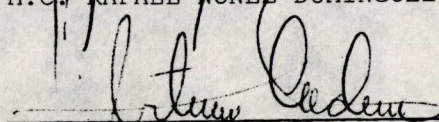
DR. SALVADOR FERNANDEZ RIVERA

SUPLENTE:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Rafael Nuñez', written over a horizontal line.

M.C. RAFAEL NUÑEZ DOMINGUEZ

SUPLENTE:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Artemio Cadena', written over a horizontal line.

M.C. ARTEMIO CADENA MENESES

CONTENIDO

PAGINA

RELACION DE CUADROS	iii
RELACION DE GRAFICAS	v
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
REVISION DE LITERATURA	5
1.UTILIZACION DE REGISTROS PARCIALES	5
2.PARAMETROS GENETICOS	9
HEREDABILIDAD	10
CORRELACIONES GENETICAS	11
3.FORMA DE LA CURVA DE LA LACTANCIA	13
4.METODOS DE PROYECCION DE LA LACTANCIA	17
FACTORES MULTIPLICATIVOS	17
MODELOS DE REGRESION	21
MODELOS NO LINEALES	27
5.FACTORES AMBIENTALES Y GENETICOS QUE AFECTAN LA	
ESTIMACION DE LACTANCIAS PROYECTADAS	29
RAZA	30
REGION	30
NIVEL DE PRODUCCION DEL HATO	30
EDAD Y NUMERO DE LACTANCIA	32
EPOCA DE PARTO	35
DIAS ABIERTOS O INTERVALO ENTRE PARTOS	37
MATERIAL Y METODOS	38
1.ORIGEN DE LOS DATOS	38
2.MANEJO DE LOS DATOS	39

3.CALCULO DE LA PRODUCCION DE LECHE TOTAL Y AJUSTADA	
A 305 DIAS	41
METODO DE INTERVALO DE PRUEBA	41
GENERACION DE FACTORES DE CORRECCION PARA	
DIAS AL PRIMER PESAJE	41
PRODUCCION TOTAL DE LECHE	45
PRODUCCION DE LECHE A 305 DIAS	45
4.ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS DE LA LACTANCIA	
PARCIAL Y DE LA LACTANCIA REMANENTE	46
5.CARACTERIZACION DE LA CURVA DE LACTANCIA	47
6.PROYECCION DE LA PRODUCCION DE LECHE A 305 DIAS	
BASADA EN PRODUCCIONES PARCIALES	50
7.COMPARACION DE LOS METODOS DE PROYECCION	54
RESULTADOS Y DISCUSION	56
1.CALCULO DE LOS FACTORES DE CORRECCION PARA EL PRIMER	
PESAJE	56
2.DESCRIPCION DE LA CURVA DE LACTANCIA	65
3.ESTIMACION DE LOS PARAMETROS GENETICOS	83
4.COMPARACION DE LOS METODOS DE PROYECCION	89
CONCLUSIONES	97
LITERATURA CITADA	99
APENDICES	107

RELACION DE CUADROS

CUADRO No.		PAGINA
1	VALORES DE HEREDABILIDAD (h^2) Y ERROR ESTANDAR PARA PRODUCCION DE LECHE EN MEXICO	10
2	CORRELACIONES GENETICAS ENTRE PRODUCCIONES MENSUALES	12
3	NUMERO DE REGISTROS POR NUMERO DE PARTO	40
4	NUMERO DE LACTANCIA POR AÑO DE PARTO	42
5	DISTRIBUCION DE REGISTROS POR ETAPA DE LACTANCIA	49
6	MEDIAS MINIMO CUADRATICAS Y ERROR ESTANDAR DE PRODUCCION DE LECHE DIARIA POR MES DE PARTO EN LOS PRIMEROS 75 DIAS DE LA LACTANCIA	57
7	PARAMETROS DE LA REGRESION DE LA PRODUCCION DE LECHE DIARIA SOBRE EL DIA DE MEDICION PARA CADA EDAD Y EPOCA DE PARTO	59
8	FACTORES DE CORRECCION PARA EL PRIMER PESAJE DE ALGUNOS DIAS POR EPOCA Y EDAD PARA LA PRIMER LACTANCIA	63
9	PRODUCCION DE LECHE POR MES DE PESAJE	68
10	MEDIAS MINIMO CUADRATICAS Y ERROR ESTANDAR DE LA PRODUCCION DE LECHE POR MES DE PARTO	70
11	MEDIAS MINIMO CUADRATICAS Y ERROR ESTANDAR DE LA PRODUCCION DE LECHE POR EPOCA DE PARTO	71

12	PARAMETROS DE LA CURVA DE GAMA INCOMPLETA POR EDAD Y EPOCA DE PARTO PARA LA PRIMERA LACTANCIA	74
13	PERSISTENCIA, DIA AL PICO, PRODUCCION DE LECHE MAXIMA Y PRODUCCION DE LECHE EN EL DIA 305 DE LACTANCIA POR EPOCA Y EDAD AL PARTO EN LA PRIMERA LACTANCIA	79
14	NUMERO PROMEDIO DE HIJAS POR SEMENTAL	84
15	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PRODUCCION ACUMULADA A LOS 75 DIAS (PL75) Y LA PRODUCCION REMANENTE (PREM)	85
16	COMPONENTES DE VARIANZA Y COVARIANZA PARA LA PRODUCCION ACUMULADA A LOS 75 DIAS (PL75) Y LA PRODUCCION REMANENTE (PREM)	86
17	HEREDABILIDADES Y CORRELACIONES GENETICAS PARA LA PRODUCCION DE LECHE ACUMULADA A LOS 75 DIAS (PL75) Y LA PRODUCCION REMANENTE (PREM)	87
18	SESGO MEDIO DE LA PRODUCCION PROYECTADA A LOS 305 DIAS CON RESPECTO A LA PRODUCCION REAL POR FASE DE LACTANCIA	90
19	RAIZ CUADRADA DEL CUADRADO MEDIO DEL ERROR DE LA DIFERENCIA ENTRE LA PRODUCCION PROYECTADA Y LA PRODUCCION REAL	93
20	COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE LA PRODUCCION PROYECTADA A LOS 305 DIAS Y LA PRODUCCION REAL	95

RELACION DE GRAFICAS

GRAFICA NO.

PAG.

1	PRODUCCION DE LECHE PREDICHA PARA LOS PRIMEROS 75 DIAS DE LACTANCIA POR EDAD EN LA EPOCA 1	60
2	PRODUCCION DE LECHE PREDICHA PARA LOS PRIMEROS 75 DIAS DE LACTANCIA AL PARTO EN LA EPOCA 2	61
3	FACTORES DE CORRECCION PARA EL PRIMER PESAJE UTILIZADOS EN EL DHIA, TIZAYUCA Y EN EL PRESENTE ESTUDIO	64
4	PROMEDIO DE LA PRODUCCION DIARIA DE LECHE POR MES DE PARTO	67
5	CURVA DE LACTANCIA POR EPOCA DE PARTO PARA VACAS DE 20 A 26 MESES DE EDAD	75
6	CURVA DE LACTANCIA POR EPOCA DE PARTO PARA VACAS DE 27 A 30 MESES DE EDAD	76
7	CURVA DE LACTANCIA POR EPOCA DE PARTO PARA VACAS DE 31 A 40 MESES DE EDAD	77

A MI ESPOSA, MARIA ANTONIETA, Y A MIS HIJOS, MANELIK ADRIAN Y CHRISTIAN ALAIN, POR SU COMPRESION Y AMOR QUE ME HAN BRINDADO; Y POR SER LA RAZON QUE ME MOTIVA A SEGUIR ADELANTE.

A MIS PADRES, RAUL Y GLORIA, Y A MIS HERMANOS , LUCIA Y GABRIEL ARTURO, POR EL APOYO QUE SIEMPRE ME HAN DADO.

Y A MI ABUELITA, LUCIA, POR EL AMOR Y ALIENTO QUE SIEMPRE ME DIO.

AGRADECIMIENTOS

QUISIERA EXPRESAR MI AGRADECIMIENTO A :

- LA ASOCIACION HOLSTEIN DE MEXICO, POR PROPORCIONAR LA INFORMACION NECESARIA PARA LA REALIZACION DE ESTA TESIS.
- AL DR. MOISES MONTAÑO BERMUDEZ, POR EL CONSEJO, ESTIMULO Y COOPERACION QUE ME BRINDO DESDE EL INICIO DE MIS ESTUDIOS.
- A LOS DRS. HEROLDO PALOMARES HILTON, EVERARDO GONZALEZ PADILLA Y, EN ESPECIAL, AL DR. MANUEL VILLARREAL POR SU APOYO Y CONFIANZA PARA LOGRAR MI OBJETIVO.
- A MIS ASESORES, SINODALES, MAESTROS Y COMPAÑEROS DE LA MAESTRIA.
- AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES PECUARIAS, AHORA PARTE DEL INIFAP, POR SU APOYO ECONOMICO.

FINALMENTE QUISIERA AGRADECER

- A LA SRA. GUADALUPE GONZALEZ, POR SU VALIOSA AYUDA EN LOS MOMENTOS CRITICOS Y POR SU COLABORACION EN EL MECANOGRAFIADO DE ESTA TESIS; ASI COMO A MARIA DEL SOCORRO JUAREZ MENDOZA, POR SU PARTICIPACION EN EL MECANOGRAFIADO FINAL.

**UTILIZACION DE REGISTROS PARCIALES DE PRODUCCION DE LECHE
PARA ESTIMAR LACTANCIAS A 305 DIAS EN VACAS HOLSTEIN DE
PRIMER PARTO EN MEXICO**

RESUMEN

Se utilizaron datos de 1940 primeras lactancias de vacas registradas en la Asociación de Criadores Holstein de México. El periodo de estudio comprendió de los años 1979 a 1983. Los hatos se localizaron en las principales cuencas lecheras del país teniendo climas áridos, semiáridos y templados. Todos los establos se manejaron bajo un sistema intensivo de producción. La edad al primer parto fue de 28 meses en promedio, con un rango de 20 a 40 meses. El largo de la lactancia fue de 150 a 400 días. Se utilizó el Método de Intervalo de Prueba (TIM) para calcular la producción de leche total. Con el fin de eliminar el sesgo positivo que produce el TIM en el primer pesaje, se generaron factores de corrección para los primeros 75 días, en 6 grupos de edad y época de parto. Se consideró como producción de leche a 305 días, a la leche total producida si el largo de la lactancia fue menor de los 305 días y, si el largo era mayor, entonces, la producción de leche a 305 días se estimó según lo establecido por el TIM (Wiggans y Grossman, 1980). El promedio de la producción ajustada a 305 días fue de 5200 kg. El hato, año, mes de parto, edad al parto y número de ordeños influyeron en la producción diaria de leche ($P < .05$). En los meses de la primavera la producción de leche fue mayor. Se formaron 4 épocas de parto y 3 grupos de edad, y en cada combinación se estimaron los parámetros

A, b y c del modelo de curva de lactancia de Wood (1967). Los parámetros del modelo aumentaron con la edad al parto. En abril y mayo se observaron los mayores valores para el parámetro A y de diciembre a marzo, se obtuvieron los mayores valores de b y c. El mayor pico de producción se obtuvo también en las vacas que parieron de diciembre a marzo. Las vacas que parieron de septiembre a noviembre fueron mas persistentes. La heredabilidad de la producción acumulada a 75 días (producción parcial) fue $.027 \pm .05$ y de la producción remanente fue $.13 \pm .07$. y la correlación genética entre ambas características fue $.54 \pm .50$. Se compararon siete métodos de proyección de leche a 305 días. Se encontró que los métodos multiplicativos subestimaron la producción de leche a 305 días, mientras que los otros la sobrestimaron. El método de regresión que estima la producción remanente (Método 5) fue el que produjo el menor sesgo y la mayor correlación entre la producción proyectada y la real. Cuando sólo se cuenta con un pesaje, el mejor método de proyección fue aquel que en el cual se calculó un valor para el parámetro A del modelo de Wood (1967) para cada vaca, manteniéndose los otros parámetros, b y c, con el valor poblacional.

INTRODUCCION

En México, el promedio de producción de leche en vacas Holstein al año es de 3,500 kg, producción que es mucho menor si se compara con la de países desarrollados que es superior a los 5,000 kg por vaca al año (Simon, 1987).

Es difícil incrementar las zonas productoras de leche; sin embargo, es factible mejorar la producción de leche por vaca. La adquisición de animales en el extranjero con un alto mérito genético puede ser económicamente problemático, además de que representa un riesgo en la compra de animales seleccionados en otros ambientes. Para aumentar la producción de leche en México, es más factible mejorar genéticamente a los animales y, en lo posible, el ambiente en el cual se realiza la producción.

El cambio o progreso genético a través de un programa de selección, es lento. Esto se debe a que el intervalo entre generaciones en el ganado de leche es de 5 a 6 años en promedio. El máximo progreso genético se logra a través de la selección de sementales, puesto que la intensidad de selección es mucho mayor que en las hembras. Para que la selección de sementales sea efectiva, se debe conocer su mérito genético para producción de leche, lo que se realiza por medio de una prueba de progenie. Esto implica que las hijas de los toros a evaluar deben de concluir sus lactancias, lo que trae como consecuencia que el intervalo entre generaciones se incremente, reduciéndose aún más el progreso genético por año.

Si se efectúa una evaluación precoz de los sementales, se obtendrá una disminución del intervalo generacional. Una manera

de lograr esto es a través de la utilización de los registros de las producciones parciales de las hijas de los toros a evaluar (Van Vleck y Henderson, 1961d). Si se obtiene información de las primeras pesadas, es posible realizar la predicción a 305 días. Asimismo, si al hacer la evaluación del toro, sus hijas están a diferentes estadios de la lactancia, es factible extender sus lactancias a 305 días, con la evidente ganancia en tiempo y precisión.

Los objetivos del presente estudio fueron encontrar ecuaciones que permitan la proyección a la lactancia completa utilizando registros parciales de producción de leche de las vacas, y estimar los parámetros genéticos de los registros parciales y de la producción remanente.

REVISION DE LITERATURA

1. Utilización de registros parciales

El mayor progreso genético en ganado lechero se obtiene a través de la selección de los sementales (Falconer, 1981). Sin embargo, por ser la producción de leche una característica no medible en el propio animal, el valor genético del semental se estima por medio del comportamiento de sus hijas. Por esta razón, la evaluación de un determinado animal, se efectúa cuando un número adecuado de hijas hayan terminado su lactancia; de ahí que la prueba de progenie termina generalmente cuando el toro tiene más de 6 años. Se ha propuesto utilizar registros parciales con el fin de acortar el tiempo de prueba de toros jóvenes y reducir, así, el intervalo de generación hasta por 9 meses (Lamb y McGilliard, 1960; Van Vleck y Henderson, 1961d; Miller et al., 1972a,b; Auran y Mocquot, 1974; Wiggans y Van Vleck, 1979; Zuk et al., 1982).

Por otra parte, al momento de hacer la evaluación de los sementales, algunas de las hijas no tienen la lactancia completa. La razón es de que, además que hay vacas que están en diferentes etapas de lactancia, otros animales han sido vendidas, han muerto o sus pesajes fueron interrumpidos (Van Vleck y Henderson, 1961b; Miller et al., 1972b; Wiggans y Van Vleck, 1979). Al extender o proyectar las lactancias, permite utilizar todas las hijas que empezaron la evaluación, aumentando con ello la precisión (Miller et al., 1972b; Keown y Van Vleck, 1973; Wiggans y Van Vleck, 1979; Congleton y Everett, 1980b) y disminuyendo el sesgo debido a la eliminación diferencial (Lamb y McGilliard, 1960;

Wiggans y Van Vleck, 1979).

La proyección de los registros parciales puede ser utilizada para tener una base común de 305 días, de manera que se pueda clasificar a las vacas en base a su habilidad productiva, permitiendo realizar apareamientos dirigidos o desechar malas productoras. También puede ser utilizada para decisiones de manejo, tales como el estimar los requerimientos de alimento (Wood, 1969; Miller *et al.*, 1972a; Keown y Van Vleck, 1979; Auran y Mocquot, 1974; Wiggans y Van Vleck, 1979; Congleton y Everett, 1980b).

Turner y Young (1969) señalaron que el valor genético para la producción total (g_t) puede expresarse como:

$$g_t = g_p + g_r$$

donde los subíndices p y r se refieren, respectivamente, a la producción parcial y remanente. Por lo que la ecuación de producción para el cambio genético (CG) es:

$$CG = b_{gp} \sigma_p i$$

donde i es la intensidad de selección, σ_p es la desviación estándar del registro parcial y b_{gp} es la regresión del valor genético de la producción total sobre la producción parcial. Este coeficiente de regresión se expresa como:

$$b_{gp} = \frac{COV[PP, (g_p + g_r)]}{V(PP)}$$

donde PP es la producción parcial de leche. Si expresamos la PP en sus componentes genéticos y ambientales queda como:

$$b_{gp} = \frac{\text{COV} [(g_p + A_p), (g_p + g_r)]}{\sigma^2_p}$$

Puesto que $\text{COV}(A_p, g_p) = \text{COV}(A_p, g_r) = 0$, entonces,

$$\begin{aligned} b_{gp} &= \frac{\text{COV}(g_p, g_p) + \text{COV}(g_p, g_r)}{\sigma^2_p} \\ &= \frac{\sigma^2_{gp} + \sigma_{gpr}}{\sigma^2_p} \end{aligned}$$

donde σ^2_{gp} es la varianza genética aditiva para la producción parcial, y σ_{gpr} es la covarianza genética entre la producción parcial y remanente. Entonces el cambio genético aditivo es:

$$\begin{aligned} \text{CG} &= \frac{(\sigma^2_{gp} + \sigma_{gpr})}{\sigma^2_p} \sigma_p i \\ &= \frac{\sigma^2_{gp}}{\sigma^2_p} + \frac{\sigma_{gpr}}{\sigma^2_p} \sigma_p i \end{aligned}$$

y considerando que $\sigma^2_{gp} / \sigma^2_p$ es h^2_p , entonces:

$$\text{CG} = (h^2_p + \frac{\sigma_{gpr}}{\sigma^2_p}) \sigma_p i$$

$$= h^2_p \sigma_p i + \frac{\sigma_{gpr} \sigma_p i}{\sigma^2_p}$$

sustituyendo:

$$CG = h^2_p \sigma_p i + \frac{\sigma_{gpr} i}{\sigma_p}$$

Si la segunda parte del lado derecho de la ecuación se multiplica y divide, por las raices cuadradas de las varianzas genéticas de la producción parcial y la remanente, así como la desviación estándar fenotípica de la producción remanente, la expresión no se afecta y queda así:

$$\frac{\sigma_{gpr} i}{\sigma_p} = \frac{\sigma_{gpr} i}{\sigma_p} \frac{\sigma_{gp}}{\sigma_{gr}} \frac{\sigma_{gr}}{\sigma_{gr}} \frac{\sigma_r}{\sigma_r}$$

Y reagrupando términos:

$$\frac{\sigma_{gpr}}{\sigma_{gp}\sigma_{gr}} \frac{\sigma_{gp}}{\sigma_p} \frac{\sigma_{gr}}{\sigma_r} \sigma_{ri}$$

y si:

$$\frac{\sigma_{gpr}}{\sigma_{gp}\sigma_{gr}} = R_{gpr} i \quad h^2_p = \frac{\sigma^2_{gp}}{\sigma^2_p} i \quad h^2_r = \frac{\sigma^2_{gr}}{\sigma^2_p} i$$

entonces la expresión se reduce a:

$$R_{gpr} h_p h_r \sigma_{ri}$$

que es la expresión para estimar la respuesta correlacionada.

Finalmente la expresión quedaría:

$$CG = h^2_p \sigma_p i + R_{gpr} h_p h_r \sigma_{ri}$$

Es decir, la ganancia de la producción total esperada es la suma de la respuesta directa al seleccionar por la producción parcial y la respuesta indirecta en la producción remanente. Por lo tanto, para obtener las mayores ganancias o que realmente los registros parciales sean efectivos, es importante que éstos sean heredables y que también sean genética y positivamente correlacionadas con los registros de producción remanente (Turner y Young, 1969).

2. Parámetros genéticos

Heredabilidad. Los valores de heredabilidad (h^2) de las producciones de leche total de vacas Holstein obtenidas en diversas partes del mundo y utilizando diferentes métodos de estimación, varían de .16 a .43 (Villarreal, 1985). Searle (1961) utilizando la regresión madre-hija encontró un valor de .19, mientras que utilizando los componentes de varianza de medias hermanas paternas, el valor fue de .37. Van Vleck y Henderson (1961a) encontraron un valor de .19. Szkotnicki et al. (1978) utilizando el procedimiento de Máxima Verosimilitud estimaron .27, para la raza Canadienne, Pardo Suizo y Shorthorn lechero. Por otro lado Sugano et al. (1981) utilizando el modelo de Wood (1967) para obtener la producción de leche a los 305 días, estimaron una h^2 de .45. Distl (1982) encontró un valor de h^2 de .16 para la producción de leche en la primera lactancia.

En México, se han efectuado relativamente pocas estimaciones de parámetros genéticos; las estimaciones de h^2 publicadas varían entre .15 y .57 (cuadro 1).

CUADRO 1. VALORES DE HEREDABILIDAD (h^2) Y ERROR ESTANDAR ESTIMADOS PARA PRODUCCION DE LECHE EN MEXICO

$h^2 \pm e.e$	METODO DE ANALISIS	AUTORES
.44 $\pm$.09	RMH	Castro G3mez <u>et al.</u> (1972)
.24 $\pm$.28	MHP	Castro G3mez <u>et al.</u> (1972)
.20 $\pm$.44	RMH	Ayala <u>et al.</u> (1976)
.18 $\pm$.09	MHP	Ayala <u>et al.</u> (1976)
.15 $\pm$.07 ^a	MHP	Sosa Ferreira (1980)
.20 $\pm$.08 ^b	MHP	Sosa Ferreira (1980)
.26 $\pm$.11	MHP	D3az <u>et al.</u> (1982)
.57 $\pm$.12 ^c	MHP	D3az <u>et al.</u> (1982)
.26 $\pm$.11	MHP	N3ñez <u>et al.</u> (1982)
.4 $\pm$.24 ^d	MHP ^e	Villarreal (1985)
.23 $\pm$.03	MHP ^e	Villarreal (1985)
.36	MHP	Abubakar <u>et al.</u> (1987)

^a Producci3n de leche ajustada 305 d3as

^b Equivalente maduro

^c Producci3n de leche total

^d Primer lactancia

^e M3xima Verosimilitud Restringida (REML)

RMH = Regresi3n Madre-Hija

MHP = Medias Hermanas Paternas

En cuanto a las producciones parciales, Van Vleck y Henderson (1961a) estudiando lactancias con más de 300 días en producción y formando periodos de 30 días cada uno, reportaron estimaciones de h^2 para la producción de cada uno de los meses y en forma acumulada. El valor de h^2 para el primer mes fue de .11, incrementándose hasta el tercer mes (.22) y posteriormente disminuyendo hasta un valor de .08 (mes 10). La h^2 para la producción acumulada varió de .11 a .23 observándose que una vez llegando a .22 (mes 4) se mantuvo hasta el mes 8. Zuk et al. (1982) encontraron también que el valor de la h^2 disminuyó conforme la lactancia avanza.

Correlaciones genéticas. Van Vleck y Henderson (1961a) estimaron las correlaciones genéticas entre las producciones mensuales y la producción total, y encontraron valores muy altos; por lo que concluyeron que los mismos genes que actúan en los estadios intermedios de la lactancia son los mismos que actúan en la producción total (cuadro 2). También Searle (1961), en Nueva Zelanda, obtuvo valores de correlaciones entre producciones de leche mensuales y producciones totales cercanos o iguales a uno.

Por su parte, Angelov y Susanin (1979) mencionaron que la respuesta a la selección a partir de lactancias parciales es similar a la lograda por lactancias de 305 días. Asimismo, Vaccaro y Henderson (1976), en un estudio de simulación, encontraron que las máximas ganancias genéticas y económicas estuvieron asociadas con el uso de lactancias parciales. Lo anterior indica que es posible esperar progresos genéticos al seleccionar para producción de leche parcial y lograr cambios

CUADRO 2. CORRELACIONES GENETICAS ENTRE PRODUCCIONES MENSUALES

	MES DE LA LACTANCIA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.0	.94	.96	.91	.74	.82	.69	.65	.16	
2			.92	.86	.80	.58	.53	.43	.50	.24
3				.96	1.0	.83	.91	.70	.74	.42
5						.98	1.02	.82	.94	.67

Van Vleck y Henderson (1961a).

genéticos correlacionados en la producción remanente de leche.

3. Forma de la curva lactancia

La producción de leche total puede ser similar para un grupo de vacas, pero la forma de la curva de la lactancia tal vez sea diferente, por lo que, cuando no se considera la forma de la curva de la lactancia, puede haber un sesgo en la estimación de leche total (Grossman et al., 1986).

El primer intento por describir la curva de lactancia fue realizado por Gaines (1927), quien propuso el siguiente modelo:

$$Y_t = A e^{-kt} \quad (1)$$

donde Y_t es la producción de leche en el mes t ; A es la producción de leche inicial cuando $t = 0$; e es la base del logaritmo natural; y k es la tasa de declinación por mes. Sin embargo, esta expresión no toma en cuenta el aumento en la producción desde el parto hasta el pico de la lactancia, la cual es de interés e importancia (Wood, 1969) en la caracterización de la curva. Por esto, Vujicic y Bacic (1961) hicieron una modificación a la ecuación de Gaines (1927) y propusieron el modelo:

$$Y_t = t n^{-a} e^{-nt} \quad (2)$$

donde Y_t es la producción en t -ésimo periodo de tiempo, n y a son parámetros. Aquí se requiere calcular diferentes valores de a

para cada periodo t . Este fue el primer intento para diseñar un modelo que varíe directa y exponencialmente con el tiempo (Wood, 1969).

Nelder (1966) describió la familia de las curvas polinomiales inversas de las cuales un modelo satisfactorio para la curva de la lactancia sería:

$$Y_x = x (b_0 + b_1 x + b_2 x^2)^{-1} \quad (3)$$

donde y_x es la producción en la semana x , y b_0 , b_1 y b_2 son constantes. En este modelo la máxima producción ocurre en:

$$x = (b_0/b_2)^{1/2}$$

cuando la producción es:

$$[(2 / b_0 b_2) + b_1]^{-1}$$

Wood (1967) mencionó que el hecho de que la producción de la lactancia se incrementa rápidamente del parto al pico de producción unas semanas después, seguida de un decremento más o menos gradual hasta que el animal se seca, hace que la curva sea esencialmente de tipo gama, cuya función general es:

$$Y_n = A n^b \exp(-cn) \quad (4)$$

donde y_n es la producción diaria promedio en la n -ésima semana; A es un parámetro relacionado con el nivel de producción al inicio de la lactancia; b es un parámetro relacionado con la pendiente del inicio al pico de producción; y c , está relacionado con la pendiente decreciente que ocurre después del pico. La

semana en la cual ocurre el pico de producción es $n=b/c$ la producción en el pico es:

$$Y_{\max} = A(b/c)^b \exp(-b)$$

y la persistencia, S , está definida como:

$$S = -(b+1)\ln(c)$$

Yadav et al. (1977) estudiaron las curvas de lactancia de vacas Hariana y cruzadas con Holstein utilizando la función parabólica exponencial

$$Y_t = A \exp(bt + bt^2) \quad (5)$$

Basant y Bhat (1978) trabajaron con la forma linealizada de la ecuación parabólica exponencial:

$$\ln(Y_t) = \ln(A) + bt + bt^2$$

Por su parte, Schaeffer et al. (1977) propusieron un modelo que considera el efecto periódico de la época del año sobre la curva, el cual es el siguiente:

$$Y_{ij} = A \exp(-\beta(i-t_0)) \{ -\exp(-\beta(i-t_0)) / B \} \exp(E_{ij}) \quad (6)$$

donde:

Y_{ij} es la cantidad de leche dada en el i -ésimo día de lactación de la j -ésima vaca.

t_0 es un parámetro de "retraso de tiempo" y puede indicar cuando la ubre de la vaca empieza a lactar antes de parir.

- B** es la pendiente de la curva de lactancia durante el estado de producción ascendente.
- A** está asociado con el pico de producción.
- β** es la pendiente durante la declinación en la producción.
- E_{ij}** es un efecto residual el cual fue dividido en:
 $\exp(E_{ij}) = \exp(r \sin(ip)) \exp(e_{ij})$
- $r \sin(ip)$** es un efecto periódico en análisis y biológicamente corresponde a un efecto estacional en la curva.
- r** representa la cantidad del efecto periódico en un grupo particular de registros.
- p** es 2π dividido entre el largo del período el cual puede definir entre los grupos de lactación.

El modelo de Wood (1967) ha sido utilizado por varios autores para describir la curva de lactancia y estudiar aspectos ambientales y genéticos de los parámetros del modelo de la producción de leche, grasa y proteína (Wood, 1969, 1970, 1974, 1976; Castillo, 1970; Yadav et al., 1977; Basant y Bhat, 1978; Congleton y Everett, 1980a,b; Shanks et al., 1981; Sugano et al., 1981).

Wood (1967) menciona que la función gama (ecuación 4) adquiere la forma familiar de una ecuación de regresión lineal múltiple, al ser linealizada mediante una transformación logarítmica de base natural, como:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

reduciéndose sustancialmente su cálculo, ya que requiere de un mínimo tiempo de computadora (Congleton y Everett, 1980a); y además, se garantiza la homogeneidad de varianza (Neter y Wasserman, 1974; Draper y Smith, 1981).

Sin embargo, varios autores han estudiado las características estadísticas del modelo de Wood (1967) proponiendo modificaciones a fin de obtener mayor precisión (Shimizu y Umrod, 1976; Kellog et al., 1977; Cobhy y LeDu, 1978; Schneeberger, 1981; Dhanoa, 1981;

De los modelos anteriores, sólo los propuestos por Wood (1967) y por Schaeffer et al. (1977) se han utilizado en sistemas de control de producción en Gran Bretaña y Canadá respectivamente (Mainland, 1985; International Bull Evaluation Service, 1986). El modelo de Schaeffer et al. (1977) es más preciso que el de Wood (1967), ya que toma en consideración la variación en la influencia de la época sobre la producción de leche, mientras que para aumentar la precisión del modelo de Wood (1967), es necesario estimar parámetros para cada grupo de vacas contemporáneas.

4. Métodos de proyección de lactancias

Los procedimientos para proyectar las producciones parciales se agrupan en: a) Factores Multiplicativos, b) Estimación por regresión y c) Utilización de modelos no lineales.

Factores multiplicativos. Es el método más utilizado dado que el control mensual es una práctica generalizada. Los factores

multiplicativos son simples, fáciles de derivar, usar y entender (Lamb y McGilliard, 1960). Este método consiste en multiplicar la producción acumulada por un factor constante (C) dependiente del estado de la lactancia parcial.

$$\hat{Y} = C \cdot Y_p \quad (7)$$

donde:

$\hat{Y}$ y Y_p son la producción proyectada y acumulada respectivamente.

Los primeros intentos para proyectar lactancias utilizando factores multiplicativos fueron realizados por Cannon et al. (1942). Posteriormente, Lamb y McGilliard (1960) calcularon factores multiplicativos para las razas Holstein, Pardo Suizo, Guersey y Jersey. Wood (1969), por su parte, utilizó el modelo de la función Gama incompleta para acumular la producción en una determinada etapa de la lactancia y generó factores multiplicativos para once etapas en ganado Holstein.

Keown y Van Vleck (1973) analizaron datos de 200,000 lactancias completas, agrupándolas en seis épocas de partos y dividiéndolas en dos grupos de edad para cada lactancia con excepción de la cuarta en adelante. Estos autores dividieron la lactancia en tres segmentos. El primer segmento correspondió al periodo en que la producción de leche se incrementa de una manera no lineal. El segundo, al periodo en que la producción de leche decrece de una forma lineal aproximadamente hasta los 270 días. El tercer segmento correspondió al periodo en que la declinación que también no es lineal debido al efecto de la gestación. El objetivo de este estudio fue el de generar un factor de

corrección para edad de parto-época. Para esto, fueron formadas 19 etapas de la lactancia en el primer segmento, las etapas fueron cortas para poder identificar el momento del pico con mayor precisión; en la segundo segmento, las etapas fueron de 30 días cada una de ellas; y en el tercero, el largo de las etapas se redujeron nuevamente.

Para la estimación de las constantes, se empleó el procedimiento de mínimos cuadrados ponderados por las correlaciones entre las etapas. El modelo empleado incluyó los efectos de hato-año y época-edad-etapa. En base a las constantes para época-edad-etapa propusieron un factor de ajuste de:

$$FC_{ij} = P_i. / \sum_{i=1}^{19} d_i (\hat{\mu} + \hat{S}_{ij}) \quad (8)$$

donde:

FC_{ij} es el factor de corrección en la i-ésima etapa de lactancia de la j-ésima edad-época de parto;

μ es la media general;

d son los días que hay en esa etapa;

S es la constante en la i-ésima etapa para la j-ésima edad-época de parto;

P es la producción de leche a 305 días de la j-ésima edad-época de parto estimada a través de

$$\sum_{i=1}^{19} d_i (\mu + S_{ij}).$$

Estos factores de corrección se emplean en el sistema de control de producción de ganado lechero en el estado de Nueva York en Estados Unidos de América.

Schaeffer y Burnside (1976), por su parte, dividieron la lactancia en 16 etapas con el objeto de generar factores de proyección para cada edad-etapa de parto en ganado lechero. El modelo utilizado incluyó los efectos de año-hato y época-edad. Para el cálculo de las constantes se empleó la metodología de mínimos cuadrados generalizados por múltiples características, el cual toma en cuenta las correlaciones que hay entre las etapas de la lactancia.

Por otro lado, Wiggans y Van Vleck (1979) desarrollaron factores multiplicativos para proyectar lactancias utilizando la información del último pesaje de la siguiente forma:

$$Y_{305} = [1 + F_n (305-n)/n] Y_n \quad (9)$$

donde :

Y_n es la producción del registro parcial al día n de la lactancia;

F_n es igual a $\Sigma RY / \Sigma [LP(305-n)]$;

RY es la producción remanente; y

LP es la última producción.

Montaldo (1986), en México, propuso un método para estimar la producción remanente en base al último pesaje, de manera que la producción a 305 días (P_{305D}) se expresó como:

$$P_{305D} = PA + \hat{R} (305-D) \quad (10)$$

donde:

PA es la producción de leche acumulada;

$\hat{R}$ es la producción promedio en los días remanentes; y

D son los días en la lactancia.

La producción promedio $\hat{R}$ se estimó por:

$$\hat{R} = FP \cdot UP$$

donde:

FP es el factor de producción y es igual a

$$[(P_{305D} - PA)/(305 - D)]/UP ; \text{ y}$$

UP es la última producción para un valor de D determinado.

Los factores multiplicativos consideran o suponen que el sesgo debido a la persistencia de las vacas, al manejo y a las enfermedades es nulo. Otra desventaja que tienen los factores multiplicativos, es que no consideran las correlaciones entre las producciones parciales, así como con la producción total a 305 días (Schaeffer et al., 1977).

Los factores multiplicativos tienden a subestimar la producción total de leche en las vacas malas productoras, y a sobreestimar a las altas productoras. Esto es debido a que los factores multiplicativos no cambian la clasificación de las vacas, pero tiende a agrupar los registros cerca de la media, ocasionando que las decisiones de selección puedan ser más difíciles (Lamb y McGilliard, 1960).

Modelos de regresión. La utilización de un modelo de regresión es la solución lógica para predecir la producción de leche total en base a información parcial. Harvey (1956) introdujo, por primera vez, el método de regresión para predecir la producción de leche total. Posteriormente, se han propuesto diferentes modelos de regresión (Auran y Mocquot, 1974).

El modelo más sencillo y utilizado es la regresión simple de la producción total sobre la producción parcial que tiene la siguiente forma:

$$\hat{Y} = \bar{Y} + b (Y_p - \bar{Y}_p) \quad (11)$$

donde: $\hat{Y}$ es la producción proyectada; $\bar{Y}$ y $\bar{Y}_p$ es la media intrahato de producción total y parcial, respectivamente; y b es el coeficiente de regresión (Auran y Mocquot, 1974).

Van Vleck y Henderson (1961b) efectuaron regresiones simples para cada uno de los 10 registros mensuales, así como para las producciones acumuladas. En este trabajo, los meses (producciones parciales) que tuvieron una mayor correlación con la producción total fueron el cuarto, quinto y sexto mes, con un valor de .85; mientras que las correlaciones entre las producciones acumuladas a los tres meses con la producción total fue de .9.

Por su parte, Castillo (1970) en México, intentó predecir lactancias con un mínimo de pesajes, para lo cual utilizó información de 2, 3 y 4 muestreos, comparando modelos de regresión lineal simple, con efecto cuadrático, gama incompleta y exponencial. Encontró que el modelo con efecto lineal ajustó mejor con una r^2 de .73.

Robles (1972) empleó modelos de regresión lineal simple de la producción de leche a 305 días sobre la producción mensual, real o estimada, de los primeros 4 meses de la lactancia, y sobre la producción acumulada de leche; encontrando que el coeficiente de determinación fue ligeramente inferior (de .80 a .90), en los

modelos que incluyen producciones de leche estimadas por mes que en los modelos con producciones reales; mientras que en los modelos que utilizan producciones acumuladas, el coeficiente de determinación fue igual con ambas producciones.

Un método más complicado para proyectar lactancias es la regresión múltiple. Con este modelo Van Vleck y Henderson (1961b) utilizaron las producciones mensuales individuales de 2 hasta 10 meses como variables predictoras, y encontraron que con la información de los 3 primeros meses, se obtiene una correlación (.82) inferior a la obtenida con la regresión simple utilizando la producción del cuarto, quinto o sexto mes (.85). En cambio, cuando se emplea la regresión múltiple con los 4, 5 ó 6 primeros meses se obtuvieron correlaciones de .87, .90 y .93, respectivamente.

Por su parte, Miller et al. (1972b) estudiaron la regresión múltiple, factores multiplicativos y otros dos modelos de regresión modificados propuestos para predecir la producción total; y concluyeron que la regresión múltiple fue la más precisa.

Con los modelos de regresión además de predecir la producción de leche con la información disponible, es posible reducir los costos de control de producción al usar registros bimensuales o trimestrales (Van Vleck y Henderson, 1961b).

Según Lamb y McBilliard (1960), el método de regresión corrige para la falta de "integridad" y la "repetibilidad incompleta" de las partes de la lactancia. Sin embargo, se requiere el promedio de los hatos para los registros parciales y totales disminuyendo significativamente la ventaja de necesitar

pocas pruebas (Van Vleck y Henderson, 1961b,c). Además de que se requiere conservar todos los registros de una vaca, y utilizar diferentes grupos de coeficientes de regresión cada vez que un nuevo pesaje está disponible (Schaeffer et al., 1977).

Por otro lado, Van Vleck y Henderson (1961e) analizaron un modelo de regresión que ignora el efecto del hato, y encontraron que es menos preciso que la regresión intra-hato. Al no tomar en cuenta el efecto de hato, se utilizan los promedios poblacionales por lo que la proyección es más económica y está sujeto a un error menor que los obtenidos por las medias de los hatos.

Miller et al. (1972a) mencionaron que el modelo de regresión propuesto por Harvey (1959) es una alternativa interesante. Este modelo de regresión es denominado "modificado" y trata de solventar el problema de utilizar las medias intra-hato. Este método consiste en expresar el coeficiente de regresión en términos de correlación ($b = r_{xy} \sigma_y / \sigma_x$); por lo que el modelo de regresión simple ($Y = \bar{Y} + b (x - \bar{x})$) se convierte en:

$$\hat{Y} = \bar{Y} + r_{xy} \sigma_y / \sigma_x (x - \bar{x}) \quad (12)$$

donde:

- $\hat{Y}$ es la producción de leche proyectada a 305 días;
- $\bar{Y}$ es el promedio poblacional de la producción de leche a 305 días;
- x es la producción de leche parcial de una vaca.
- r_{xy} es el coeficiente de correlación entre la producción parcial (x) y la producción a 305 días (y).
- σ es la desviación estándar.

En esta expresión se hace la suposición de que los coeficientes de variación de las producciones totales y parciales sean iguales. Si esto se cumple, entonces la expresión 12 se modifica en

$$\hat{Y} = \bar{Y} + r_{xy} x \cdot \bar{y}/\bar{x} - r_{xy} \bar{Y} \quad (13)$$

En la expresión anterior se puede observar que $\bar{y}/\bar{x} = C$, es el factor multiplicativo clásico. Por lo tanto, el modelo resulta ser:

$$\hat{Y} = (1 - r_{xy}) \bar{Y} + r_{xy} C X \quad (14)$$

En este estudio, Miller et al. (1972a) obtuvieron correlaciones de .667 a .996 dentro de cada año-época-edad, y concluyeron que las estimaciones de la producción de leche a 305 días utilizando este método fueron más precisas en los primeros 2 y 3 meses.

Una alternativa a este modelo, denominado método "P", fue propuesto por Miller et al. (1972b). Este método consiste en estimar la producción remanente a partir de información disponible, de modo que la producción total es la suma de la producción acumulada y la remanente, y es tan preciso como la regresión múltiple antes descrita. Esto refuerza la conclusión de que sólo se necesita la última medición disponible para proyectar la lactancia.

Sin embargo, el método P tiene el inconveniente de requerir las medias de la producción a 305 días y el de la función particular de la producción parcial, limitándose su

aplicabilidad. Aún así, es posible que si se utiliza la regresión modificada, se incremente la precisión.

Wiggans y Van Vleck (1979), propusieron un modelo en el cual sólo se considera la última producción de la siguiente manera:

$$\hat{Y}_{305} = Y_n + [(b_1 + b_2 n)LP + (b_3 + b_4(n)^{1/2})/LP^2](305 - n) \quad (15)$$

donde:

$\hat{Y}_{305}$ es la producción de leche estimada a 305 días;

Y_n es la producción acumulada al día n ; y

LP es la producción de la última pesada.

El coeficiente b_1 , considera la tendencia debida a la época de parto. El coeficiente b_2 es la corrección que se hace a b_1 con un día adicional en el registro parcial. Los coeficientes b_3 y b_4 cambian la ponderación sobre la producción de la última prueba. A un mayor LP corresponde una menor $1/LP^2$. Esto causa una reducción de la ponderación sobre LP con una producción en incremento. El coeficiente b_4 es un ajuste sobre b_3 por el tamaño del registro parcial y causa una reducción de la influencia de b_3 con un incremento del tamaño del registro.

De los métodos de predicción antes señalados, el propuesto por Wiggans y Van Vleck (1979) parece ser el más adecuado; ya que utiliza la información más reciente para predecir la producción remanente de leche, y además, toma en cuenta, de alguna manera, la curva de producción de leche del animal.

Modelos no lineales. Desde su primer trabajo Wood (1967), tomó la integral del promedio de la producción diaria para estimar la producción total a la n-ésima semana.

$$Y_n = A \int_0^n n^b \exp(-cn) \delta n \quad (16)$$

donde A, b y c , son parámetros; y $\exp$ es la base de logaritmo natural.

Sin embargo, la producción de leche, en la práctica, se comporta como una variable discreta, por lo que la producción de leche en la semana n se estima a través de la suma de cada una de las producciones de leche diarias estimadas por el modelo (Wood, 1974).

$$Y_n = \sum_0^n A n^b \exp(-cn) \quad (17)$$

El modelo de Wood ha sido empleado para proyectar las lactancias con registros parciales y estimar la producción de leche con observaciones mensuales (Wood, 1967, 1969, 1974, 1977; Castillo, 1970; Schaeffer et al., 1977; Congleton y Everett, 1980b; Mainland, 1985; Yañez, 1987).

Wood (1969) estimó los parámetros de la función gama incompleta utilizando el promedio de la producción semanal de leche; de tal forma que para cada vaca tenía 44 registros. Castillo (1970) empleó 2, 3 y 4 registros para predecir la producción de leche a 305 días. Mientras que Congleton y Everett (1980b) emplearon 10 registros para estimar los parámetros del modelo.

En la predicción de la producción de leche con el modelo de Wood no se logra una ganancia en la precisión. Sin embargo, la función tiene la ventaja sobre la regresión teórica, en eliminar

la necesidad de calcular el intercepto (Wood, 1969). Congleton y Everett (1980a) concluyen que la estimación en la producción de leche por el modelo de Wood, es igual o más preciso que con el Método de Intervalo de Prueba (TIM).

Wood (1976) mencionó que con los esquemas de control de producción donde sólo se dispone con 10 pesajes, ocasiona que los parámetros de las vacas individuales no se puedan estimar con una precisión satisfactoria, y que sólo es posible hacer referencia a los estimadores de b y c para una población de vacas. Se puede incrementar la precisión del método al ser aplicado dentro de una paridad y mes de inicio de lactancia (Wood, 1974; Congleton y Everett, 1980b).

Como A, b y c son parámetros, existe una relación directa en el modelo entre la producción total y la producción diaria, sujeto sólo a errores de muestreo en la medición diaria (Wood, 1974). Por otra parte, Wood (1976) menciona que, bajo el modelo ya descrito, el punto de inflexión es independiente al factor de escala A, de manera que la forma de la curva está definida por los coeficientes b y c. Por lo que es posible construir, para cualquier par de coeficientes, factores multiplicativos

$$F_n = n^b \exp(-cn)$$

seleccionando un valor apropiado para el primer coeficiente A.

Por su parte, Congleton y Everett (1980b) mencionaron que el parámetro A del modelo de Wood, parece ser el responsable de la mayoría de las diferencias en las producciones acumuladas. Se puede calcular una nueva A, considerando b y c constantes, y con n igual a los días en leche para la primer pesada. La nueva A se obtiene resolviendo

$$Y_n = A n^b \exp(-cn)$$

Para mejorar la proyección de los registros utilizando la técnica de la función gama incompleta hay que variar los parámetros del modelo de acuerdo con la producción de leche usando una aproximación iterativa para minimizar las desviaciones de los puntos observados de la curva (Congleton y Everett, 1980b).

Schaeffer et al. (1977) mencionaron que si bien su modelo (ecuación 6) es más complicado que el modelo de Wood, también es más preciso. En la aplicación de este modelo no lineal, para extender las lactancias parciales, requiere de suponer que β , B, T_0 , r y p, son constantes para un grupo de vacas, y que el único término que varía es A, parámetro que está asociado con el pico de producción. De esta manera el sesgo debido a enfermedades, manejo y persistencia entre las vacas que puede influir en los parámetros, con excepción de A, pueden ser ignorados. El parámetro A puede ser estimado para una vaca con un registro; y al disponer con más información, el valor A será igual al promedio de los valores obtenidos para cada registro disponible.

La producción total de leche se calcula sumando la producción diaria estimada por el modelo:

$$\text{Prod. Total} = \sum_{i=0}^{365} A \exp[-\beta(i-t_0)] \{1 - \exp[-\beta(i-t_0)]/B\} \exp(E_{ij})$$

5. Factores ambientales y genéticos que afectan la estimación de lactancias proyectadas

Existen numerosos estudios que ponen en evidencia la incidencia de factores clásicos de variación sobre la curva de la lactancia, y que por tanto, modifican los coeficientes de

proyección, sean de regresión, multiplicativos o parámetros de modelos (Auran y Mocquot, 1974). Entre los que se pueden considerar como importantes están: la raza, región, nivel productivo, edad o paridad, época de parto e intervalo entre partos.

Raza. La producción total de leche es diferente entre las razas lecheras, lo que intuitivamente supondría que los factores de predicción no serían los mismos. Desde hace tiempo se han mencionado diferencias considerables entre razas (Lamb y McGilliard, 1960; McDaniel et al., 1965; Mainland, 1985). Sin embargo, en ocasiones las diferencias entre las razas no han resultado importantes (Baptist, 1972).

Región. Se ha mencionado que las diferencias regionales pueden modificar la curva de lactancia. Wood (1970) reporta que no hay diferencias en las curvas de las vacas Friesian de Escocia; sin embargo, Mainland (1985) posteriormente demostró que sí existen diferencias regionales importantes en ese país.

Schaeffer y Burnside (1976) mencionaron que la producción de leche entre las vacas de Estados Unidos y Canadá son similares, y que los factores multiplicativos en Canadá son menores a los generados por Keown y Van Vleck (1973), por lo que concluyeron que la forma de la lactancia es diferente entre las regiones.

Nivel de producción del hato. Existe una relación entre pico de lactancia y la persistencia en la producción (Anderson et al., 1984). Es decir, si hay vacas con diferente producción de leche, las curvas de sus lactancias no son iguales. Appleman et al.

(1969) señalaron que las vacas altas productoras tienen, en general, un coeficiente de persistencia inferior a las bajas productoras. Baptist (1972) y Shlote (1973) observaron las mismas relaciones entre producciones parciales y totales para las vacas altas y bajas productoras. Syrstad (1964) propuso factores de extrapolación diferentes según el nivel de producción del establo. Y Appleman et al. (1969) estimaron coeficientes distintos en función del nivel individual de producción máxima.

Van Vleck y Henderson (1961e) mencionaron que el efecto de hato explicó un 35% de la variación total para la suma de los 10 registros mensuales de la lactancia, mientras que para las producciones parciales explicó solamente del 9 a 33%. Poutous y Mocquot (1973) encontraron que la varianza debido al hato fue alta (25-32%) para la producción total de leche. En base a lo anterior, se justifica la corrección por hato, la cual se logra expresando la producción como desviación del promedio del hato (Van Vleck y Henderson, 1961b,c; Poutous y Mocquot, 1973).

Por otra parte, Keown et al. (1986) señalaron que el pico de producción tiende a incrementarse a medida que aumenta el nivel de producción. También, la persistencia se ha encontrado mayor en hatos y vacas altas productoras (Congleton y Everett, 1980b). Esto está en contraposición con lo mencionado por otros autores quienes señalan que existe una correlación negativa entre el nivel del pico y la persistencia (Anderson et al., 1984).

Por su parte, Wood (1970) encontró que el efecto de hato fue altamente significativo para los parámetros A, b, c y S. La variación entre hatos tuvo una mayor contribución a la variación total en A que en S, de tal manera que las variaciones en la

forma de la curva fueron relativamente poco importantes (5.4%). Asimismo, Congleton y Everett (1980b) utilizaron 10 subclases de hatos de acuerdo a su nivel de producción con diferencias de 400 kg y 10 subclases de vacas dentro de hatos con diferencias de 400 kg. Encontraron que tanto la producción de hato como la producción de vaca dentro de hato afectaron significativamente a los tres parámetros, A, b y c. En este trabajo el índice de persistencia fue mayor en los hatos y vacas altos productores.

Edad y número de lactancia. En las explotaciones especializadas en la producción de leche hay una alta correlación entre la edad de las vacas y el número de parto. La mayoría de los trabajos revisados indican que la producción de leche tiende a aumentar en forma lineal hasta el quinto o sexto parto, momento en el cual alcanzan el máximo de producción, para luego decrecer (Berruecos et al., 1972; Robles, 1972). En lugares donde la agrupación de vacas se hace por la edad al parto, independientemente del número de lactancia, se observa que los animales jóvenes (25-26 meses) producen significativamente menos leche que las vacas adultas (76-80 meses), pero después de los 90 meses edad el nivel de producción generalmente disminuye (McDowell et al., 1975). Según Lamb y McGilliard (1960), la edad y número de parto no son sinónimos aunque sean medidas de la misma variable. Estos autores encontraron que el número de la lactancia explicó más variabilidad en la relación del registro parcial y total que lo que hizo la edad sola.

Pese a la especialización del sistema, la edad al parto de las vacas varía grandemente. Mao et al. (1974) reportan una edad

al primer parto que va de los 18 meses a 42 meses, mientras que en el segundo parto fue de 28 a 47 meses. Wiggans y Van Vleck (1979) consideraron como máxima hasta 48 meses para edad al primer parto. En México, la edad promedio de las vacas a primer parto es de 30 meses y el rango va de los 18 a 48 meses (Valencia, 1970).

Mao et al. (1974) mencionaron que las medias sin ajustar de la producción de leche a 305 días aumentaron en la primer lactancia hasta el mes 34, y posteriormente declinaron dramáticamente. En la segunda lactancia, las vacas que parieron a los 31 meses produjeron menos que las vacas de primer parto con esa edad. La disminución en la producción de las vacas de primera lactancia en edades avanzadas está asociada a un manejo deficiente; mientras que las vaquillas que parieron temprano, debido a un rápido crecimiento, tuvieron un sobreengrasamiento el cual pudo tener efecto negativo sobre la producción.

La edad al parto también puede afectar la curva de la lactancia (Wood, 1967). De hecho, Wood (1969) encontró que los parámetros de la función gama incompleta difirieron con el número de la lactancia. Esto implica que la persistencia, la producción máxima y el día en que se alcanza el pico de producción son afectados por la edad de la vaca.

Con respecto al día en que se alcanza el pico de producción Muñoz (1979) encontró que, en México, las vacas de primer parto llegaron al pico entre los 60 y 90 días, mientras que para la segunda y tercera lactancia, el pico de producción se alcanza más temprano, de 30 a 60 días. En cambio, la producción de leche en

el pico de producción se incrementa conforme aumenta el número de la lactancia (Keown y Van Vleck, 1973; Schaeffer y Burnside, 1976; Schaeffer et al., 1977; Muñoz, 1979; Congleton y Everett, 1980b).

En cuanto a la persistencia o capacidad que tiene una vaca para mantener el pico de producción, Wood (1970) encontró que ésta disminuye con el número de lactancia; en contraposición a lo anterior, Valencia (1970) mencionó que la persistencia se incrementa con el número de parto aunque las vacas de primer parto parecían más persistentes. Por otra parte, la información sobre la persistencia dentro de la primera lactancia, es contradictoria; por ejemplo, Keown y Van Vleck (1973) concluyeron que en las vacas jóvenes la disminución en la producción es menor, mientras que, Schaeffer et al. (1977) observaron que la declinación en la producción es mayor en las vacas menores de 29 meses al parto. Por su parte, Wiggans y Van Vleck (1979) indicaron que la producción declina más rápidamente en las vacas adultas que en las jóvenes, aunque Baptist (1972) y Schlote (1973), coincidieron en señalar que la disminución de la persistencia no es importante.

El uso de los factores de proyección basados en el número de parto pueden sobreestimar la producción de las vacas que paren por primera vez después de los 36 meses, favoreciendo una práctica indeseable, mientras que puede subestimar la producción de la segunda lactancia en aquellas vacas que paren antes de los 36 meses de edad penalizando así una práctica de cría deseable. Por esto, Lamb y McBilliard (1960) recomendaron proyectar primeras lactancias de vacas que paren antes de los 36 meses con

factores basados en edad. De igual forma, esto se debe hacer con las vacas de segunda lactancia que parieron antes de los 36 meses de edad.

Keown y Van Vleck (1973) encontraron que los factores de proyección fueron diferentes en los grupos de edad dentro de cada parto, aunque estas diferencias fueron menores conforme avanzó el número de lactancia. Wiggans y Van Vleck (1979) indicaron que los factores son similares entre las vacas de primer parto en las diferentes edades, y que las diferencias son más notorias entre las vacas de primer parto con las vacas de más lactancias.

Epoca de parto. La época del año en la cual pare una vaca afecta la forma de la curva de la lactancia y, por ende, la producción total (Wood, 1967; Lamb y McGilliard, 1960).

Para estudiar el efecto de la época de parto, varios autores la han dividido un año en dos épocas (Valencia, 1970; Mao et al., 1974; Schaeffer y Burnside, 1976; Schaeffer et al., 1977; Villarreal, 1985; Montaldo, 1986; Yañez, 1987); tres épocas (Keown y Van Vleck, 1973); cuatro épocas (Miller et al., 1972b); seis épocas (Ferris, 1981; Keown et al., 1986); 12 épocas (Wood, 1969; McDowell et al., 1975; Congleton y Everett, 1980b); e incluso de 13 épocas (Mainland, 1985). La mayoría de los trabajos coinciden en que la producción de leche es mayor en las vacas que paren en los meses fríos, mientras que en los meses de verano la producción es menor (McDowell et al., 1975; Schaeffer et al., 1977; Congleton y Everett, 1980b; Mainland, 1985; Keown et al., 1986). McDowell et al. (1975) señalaron que el efecto adverso del verano fue mayor en las vacas adultas que en las del

primer parto.

Keown et al. (1986) indicaron que las diferencias entre las épocas de parto fueron mayores en las vacas con producción baja y se redujeron en las de producción alta. En los hatos altos productores, las vacas de primer lactancia superaron, en alguna medida, el efecto estacional por un mayor porcentaje de confinamiento y una alimentación más uniforme.

No hay suficiente información para explicar las diferencias de la producción total asociadas con el mes de parto. No está claro si es debido a una respuesta metabólica a la proporción horas días/noche, gradiente de temperatura, o diferencias en el manejo de invierno y verano (Wood, 1969).

Wood (1969) encontró que el modelo de gama incompleto se ajustó mejor a los datos reales debido a que presentaron un sólo pico que coincidió con la época primaveral. Asimismo, Wiggans y Van Vleck (1979) encontraron un estímulo notorio en la primavera, y Mainland (1985) observó hasta un 15% de desviación positiva del promedio en los meses de mayo a julio.

Además de influir sobre la producción, la época de parto también influye sobre los parámetros A, b y c relacionados a la curva de lactancia (Wood, 1969; Congleton y Everett, 1980b; Yañez, 1987). En general, el valor de A alcanzó su máximo en vacas que parieron al principio del verano, mientras que para b y c, el máximo valor se observó en vacas que parieron en invierno.

En cuanto a la persistencia, Schaeffer y Burnside (1976) encontraron que las vacas que parieron en el periodo de marzo a agosto, tuvieron las mayores persistencias. Resultados similares fueron observados por Wiggans y Van Vleck (1979), Congleton y

Everett (1980b) y Keown et al. (1986).

Días abiertos o intervalo entre partos. Los "días abiertos" es el tiempo que transcurre desde que la vaca pare, hasta que vuelve a quedar gestante. El intervalo entre partos está constituido por los días abiertos y el período de gestación. El tomar en cuenta a los días abiertos en un modelo de proyección, es una manera indirecta de considerar la etapa de la gestación al momento de estimar la producción a 305 días.

La gestación modifica la forma de la curva de la lactancia. Este efecto se observa básicamente después de los 270 días de lactancia, reflejándose en que la curva de producción decrece de una manera no lineal (Keown y Van Vleck, 1973; Schaeffer y Burnside, 1976). Debido a esto la predicción total de leche será más precisa si en el modelo se incluyen los días abiertos (Appleman et al., 1969; Castillo, 1970).

Auran (1973) estimó que este factor contribuyó con un 7.5% de la varianza en la producción total; sin embargo, las relaciones de las producciones parciales y totales se modificaron poco.

Congleton y Everett (1980b) encontraron que los días abiertos influyeron significativamente en el parámetro c del modelo de la función gama incompleta para la primera lactancia, mientras que en la segunda lactancia, fueron influidos los parámetros b y c. Wood (1969), por su parte, señaló que las diferencias que hay entre las lactancias se deben en parte a la diferencia en los días abiertos.

MATERIAL Y METODOS

1. Origen de los datos

Se utilizó información de vacas lecheras con registro de la Asociación de Criadores de Holstein de México. Estos animales obtienen su registro hasta que, por tres o cuatro generaciones, se hayan utilizado sementales con Registro Genealógico de Pureza. La mayoría de estos toros han nacido en Estados Unidos o el Canadá y los que han nacido en México, es debido a que sus madres fueron importadas. De esta manera, los animales cuyos registros se usaron en este estudio, no constituyen una muestra aleatoria de los animales lecheros del país.

En el estudio se incluyeron 131 hatos localizados en 14 estados de la República, y por facilidad se agruparon en tres regiones. La región 1 se localiza en el norte del país, se caracteriza por tener un clima semiárido, e incluye los estados de Baja California Norte, Coahuila, Chihuahua y Durango. La región 2 se localiza en el Centro del país, tiene un clima templado, y esta constituida por los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Queretaro y Zacatecas. La región 3 está en la parte centro oriente del país, presenta un clima templado, y está constituida por los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala.

En estos hatos las vacas son explotadas en un sistema de producción intensivo, con estabulación todo el tiempo. La alimentación está basada en el consumo de alfalfa fresca o henificada. En verano se les ofrece también otros forrajes, principalmente Lolium perenne, maíz o sorgo picado. En el

invierno se utiliza ensilado de maíz o sorgo. A las vacas en producción se les proporciona también alimento concentrado en una cantidad que depende del nivel productivo de los animales. La mayoría de los ganaderos adquieren un concentrado comercial y algunos fabrican su propio alimento.

Se practica inseminación artificial en todos los hatos, pero cuando el número de servicios excede a los 3 ó 4, se realiza la monta natural. La mayoría de las dosis de semen usado son importadas de los Estados Unidos y del Canadá. Los toros son elegidos por su tipo, genealogía y, en menor proporción, por su diferencia predicha en leche. Las vaquillas también son seleccionadas por genealogía y tipo. Un número importante de vaquillas de reemplazo son importadas tanto de Estados Unidos como del Canadá (Powell, 1983). Sin embargo, estos animales, en su mayoría, son del tipo "grade", es decir, son vaquillas que todavía no alcanzan su registro de pureza.

2. Manejo de datos

La información total disponible incluyó 8676 registros correspondientes al mismo número de animales. Esto fue por el hecho de que sólo se tuvo información de la última lactancia. La información fue clasificada en 6 grupos de acuerdo al número de lactancia (cuadro 3).

En este estudio se consideraron los registros de la primer lactancia correspondientes a los años de 1977 a 1984. Los registros de los años de 1977 a 1978, se agruparon en el año de 1979; y los de 1983 con los de 1984 (cuadro 4).

CUADRO 3. NUMERO DE REGISTROS POR NUMERO DE PARTO

NUMERO DE PARTO	NUMERO DE VACAS
1	2860
2	2337
3	1680
4	1149
5	526
6-10	124
TOTAL	8676

Hatos con una o dos observaciones fueron eliminados, por lo que los estados de Baja California Norte y Zacatecas quedaron fuera del estudio. No se consideraron las lactancias con más de 400 días por considerarse como anormales. Asimismo, fueron eliminados los registros cuyo intervalo del parto al primer pesaje o entre pesajes fuese mayor a los 75 días.

3. Cálculo de la producción de leche total y ajustado a 305 días.

Método de Intervalo de Prueba. Para el cálculo de la producción de leche se utilizó el TIM, usando las producciones de leche medidas mensualmente. El TIM fue utilizado primeramente en Canadá (Kennedy et al., 1978). Este método consiste en obtener el promedio de producciones en dos pesajes consecutivos y multiplicarlo por los días que hay entre las dos medidas. Al inicio de la lactancia, cuando sólo hay un pesaje, el TIM considera que la producción de leche es la misma desde el parto al momento del pesaje, es decir, se multiplica los días al primer pesaje por la producción medida en ese día. De igual manera, en el intervalo del último pesaje al momento del secado, se multiplica la producción obtenida por los días en el intervalo (Ferris, 1981).

Generación de factores de corrección. El TIM produce sesgo en la estimación de la producción especialmente en el primer pesaje, en el pico de la lactancia y en el último pesaje. Este sesgo puede variar de 43 a 83 kg (Kennedy et al., 1978). Para minimizar el efecto de estos sesgos, se han generado factores de corrección al primer pesaje basados en información provenientes de sistemas de

CUADRO 4. NUMERO DE LACTANCIA POR AÑO DE PARTO

AÑO	NUMERO DE LACTANCIAS	PORCENTAJE DEL TOTAL
1979	330	12.88
1980	313	12.22
1981	310	12.10
1982	676	26.39
1984	933	36.42
TOTAL	2562	100.00

control de producción en Canadá (Kennedy et al., 1978), Estados Unidos (Keown et al., 1986) y México (Montaldo, 1986); así como, basados en información proveniente de instituciones de investigación (Wadden y Everett, 1970; Shook, 1975)

En el presente estudio, se generaron factores de corrección para primer pesaje. En virtud de que no se contó con la información de la producción de leche para cada uno de los días de la lactancia, se consideró que la producción real diaria de leche es el valor predicho, mismo que fue obtenido de una ecuación de regresión lineal con efecto cuadrático de la producción de leche sobre los días en lactancia. Esto se hizo sobre la base de que se tiene un grupo de vacas, a las cuales se midió la producción de leche en un rango entre los días 6 al 75 después de iniciada la lactancia. Se consideró a cada una de las mediciones, como observaciones individuales, de tal manera, que cada uno de los registros representaron la producción y días transcurridos al primer pesaje.

Para cada día se calculó la producción de leche por el TIM, es decir, la producción de leche real de un día cualquiera se multiplicó por los días transcurridos entre el parto y la medición de esa producción. De tal forma que los factores de corrección se calcularon de la siguiente manera:

$$FC_{ijk} = PL_{ijk} / PTIM_{ijk}$$

donde FC es el factor de corrección para el k-ésimo día de medición de las vacas que parieron por primera vez con la i-ésima edad en la j-ésima época; PL es la producción de leche acumulada al k-ésimo día, la cual se calculó sumando los valores predichos

por el modelo de regresión anteriormente mencionado; y PTIM es producción de leche calculada por el TIM para el intervalo entre el parto y el k-ésimo día.

Antes de proceder a calcular los factores de corrección /se analizaron los efectos de algunos factores ambientales sobre la producción de leche en los primeros 75 días de la lactancia con el modelo 1.

Modelo 1:

$$Y_{ijklmn} = \mu + H_i + A_j + m_k + E_l + N_m + b_1 D_n + b_2 D_n^2 + AM_{jk} + e_{ijklmn}$$

donde:

- Y_{ijklmn} es la producción de leche en el n-ésimo día de pesaje.
- μ es la media general;
- H es el efecto fijo del i-ésimo hato $i=1,2,\dots,77$;
- A es el efecto fijo del j-ésimo año de parto $j=79,80,\dots,83$;
- M es el efecto fijo del k-ésimo mes de parto $k=1,2,\dots,12$;
- E es el efecto fijo de la l-ésima edad al parto $l=1,2,3$;
- N es el efecto fijo de la m-ésima frecuencia de ordeño $m=2,3$;
- D es el intervalo que hay del parto al día en que se realizó la medición $n=1,2,\dots,75$;
- AM es el efecto de la interacción año-mes de parto;
- b_1 y b_2 son coeficientes de regresión, lineal y cuadrático, asociado al efecto del día de medición;
- e_{ijklmn} es el efecto aleatorio asociado a cada una de las observaciones.

En este estudio fueron considerados 3 grupos de edad al primer parto. El primero lo constituyeron los animales entre los 20 y 26 meses (n=1392); el segundo, aquellas entre 27 y 30 meses (n=1798); y el tercero, aquellas entre los 31 y 40 meses (n=926).

Producción total de leche. La producción de leche de cada uno de los pesajes mensuales fueron ajustados a una base de 2 ordeños mediante un factor de corrección generado con los resultados del modelo lineal 3. Posteriormente, se aplicó el TIM para la estimación de la producción total de leche utilizando los factores de corrección para días al primer pesaje generados en este estudio.

Producción de leche a 305 días. Para ajustar la producción de leche a 305 días, se realizó lo siguiente: si la lactancia tuvo una duración entre 150 y 305 días, la cantidad de leche obtenida fue considerada como la producción de leche a 305 días, es decir, sin extender; si la lactancia terminó después de los 305 días, pero su último pesaje se realizó antes de ese día, entonces, a la producción total se le restó la producción calculada del día 305 al día del secado de la vaca; si en la lactancia se contó con un pesaje posterior a los 305 días, entonces, se calcula la producción de leche que tuvo en el día 305 a través de una interpolación. El algoritmo utilizado para ello, fue una modificación del expuesto por Ferris (1981), como se indica a continuación:

$$P_{305} = ((DPP-305) * (PA-PP) / (DPP-DPA)) + PP$$

donde:

P305 es la producción de leche en el día 305;
 DPA es el día de la lactancia donde se efectuó el pesaje anterior a los 305;
 DPP es el día de la lactancia donde se efectuó el pesaje posterior a los 305;
 PA es la producción de leche en el DPA;
 PP es la producción de leche en el DPD.

4. Estimación de parámetros genéticos de la lactancia parcial y de la lactancia remanente

Con el fin de predecir la producción total en base a producciones parciales, fue necesario detectar la existencia de relaciones genéticas entre las producciones parciales y la producción remanente o restante. Para lo cual se estimaron las heredabilidades (h^2) y las correlaciones genéticas (r_g) para estas dos características.

La producción parcial fue definida como la producción de leche acumulada a los 75 días (PL75), y la producción remanente (PREM) es la diferencia entre la producción de leche ajustada a 305 días y PL75. La P75 y PREM fueron expresadas como desviaciones del promedio del hato y de la región, a fin de eliminar las influencias debidas a estos factores. Para estimar los componentes de varianza se utilizó el siguiente modelo mixto (modelo 2).

Modelo 2:

$$Y_{ijklkn} = \mu + S_i + A_j + M_k + e_{ijklkn}$$

donde:

Y_{ijklkn} es la P75 o PREM expresadas como desviación del promedio de la región del hato;

μ es la media general;
 S es el efecto aleatorio del i -ésimo padre de la vaca
 $i=1,2,\dots,59$;
 A es el efecto fijo del j -ésimo año de parto
 $j=79.80,\dots,83$;
 M es el efecto fijo del k -ésimo mes de parto
 $k=1,2,\dots,12$; y
 e es el efecto aleatorio asociado a cada observación.

En el modelo anterior, S y e fueron consideradas como aleatorios y distribuidos normal y de manera independiente con una media igual a 0 y una varianza σ^2_S y σ^2_e , respectivamente.

Los componentes de varianza y covarianza, así como los errores estándar de los parámetros genéticos, fueron estimados mediante la aplicación de los procedimientos descritos por Harvey (1977); y la h^2 y la r_g se estimaron de la manera tradicional (Turner y Young, 1969; Harvey, 1977; Falconer, 1981).

5. Caracterización de la curva de lactancia

Antes de tratar de encontrar un modelo matemático que describiera la lactancia, se procedió a estudiar los factores ambientales que actúan sobre la lactancia y que son reportados en la literatura, a fin de hacer las correcciones necesarias o formar grupos de vacas clasificadas de acuerdo a un factor ambiental que sea significativo; de esta manera, se calcularon tantos modelos de la curva como niveles tuviera el efecto, con el propósito de incrementar la precisión del modelo. El siguiente modelo lineal (modelo 3) se utilizó para estudiar los efectos

ambientales:

Modelo 3:

$$Y_{ijklmnp} = \mu + R_i + H_{ij} + A_k + M_l + E_m + N_n + F_p + e_{ijklmnp}$$

donde:

- $Y_{ijklmnp}$ es la producción por día de la r-ésima vaca en la p-ésima etapa de lactancia;
- μ es la media general;
- R es el efecto fijo de la i-ésima región $i=1,2,3$;
- H es el efecto fijo del i-ésimo hato dentro de cada región $i=1,2,\dots,h_i$;
- A es el efecto fijo del k-ésimo año de parto $k=79,80,\dots,83$;
- M es el efecto fijo del l-ésimo mes de parto $l=1,2,\dots,12$;
- E es el efecto fijo de la m-ésima edad al parto $m=1$ (20-26 meses), 2 (27-30 meses), 3 (31-40 meses);
- N es el efecto fijo de la n-ésima frecuencia de ordeña $n=2,3$;
- F es el efecto fijo de la p-ésima etapa de lactancia $p=1,2,\dots,16$; y
- e es el error aleatorio asociado con cada observación.

En el cuadro 5 se presentan las etapas consideradas en este estudio. La curva se dividió en 16 segmentos o etapas de la misma forma que lo realizaron Schaeffer y Burnside (1976). La razón por la cual las primeras etapas son cortas se debe a que pretende

CUADRO 5. DISTRIBUCION DE REGISTROS POR ETAPA DE LACTANCIA

ETAPA	DIAS EN LECHE	INTERVALO DE DIAS	NUMERO DE REGISTROS
1	0-20	20	928
2	21-30	10	637
3	31-40	10	633
4	41-50	10	660
5	51-60	10	647
6	61-70	10	616
7	71-90	20	1176
8	91-120	30	1799
9	121-150	30	1633
10	151-180	30	1563
11	181-210	30	1486
12	211-240	30	1448
13	241-270	30	1295
14	271-285	15	527
15	286-295	10	302
16	296-315	20	452

determinar el momento del pico de producción con mayor precisión.

El segundo enfoque consistió en utilizar el modelo de gama incompleta propuesto por Wood (1967):

$$Y_t = At^b \exp(-ct)$$

donde Y_t es la producción de leche en el día t de la lactancia; A, b y c son parámetros del modelo; y $\exp$ es la base del logaritmo natural.

Para el cálculo de los parámetros, se linealizó el modelo a través de una transformación logarítmica. Asimismo el día del pico de producción se calculó como b/c ; y el índice de persistencia como $-(b+1)\ln(c)$.

También se utilizó la medida de persistencia propuesta por Keown et al. (1986), la cual resulta de dividir la producción de leche al día 305 entre el promedio de la producción de leche por día durante toda la lactancia.

6. Proyección de la producción de leche a 305 días basada en producciones parciales

Para la proyección de las lactancias, se estudiaron seis métodos. En el método 1 se desarrollaron factores multiplicativos calculados en base a una modificación del método propuesto por Keown y Van Vleck (1973). Este método consiste en que se obtienen los factores calculando la relación de la producción acumulada a 305 días y la producción acumulada para la i -ésima etapa, de la siguiente forma:

$$FM_i = \frac{\sum_{i=1}^{16} PE_i}{\sum_{i=1}^r PE_i}$$

donde FM es el factor multiplicativo de la i-ésima etapa $i=1,2,\dots,16$; y PE es la producción de leche en la i-ésima etapa, la cual se calculó multiplicando la media mínimo cuadrática por los días que hay en esa etapa.

Para calcular la producción proyectada se obtuvo la producción de leche acumulada (TIM) y se multiplicó por el factor multiplicativo correspondiente a la etapa que coincidió con los días de lactancia del último pesaje. Por ejemplo, si una vaca produjo 18 kg de leche en el día 25 de la lactancia, entonces la producción acumulada fue de 450 kg. Se corrigió para días a el primer pesaje, resultando 421 kg. Como la medición se hizo en la etapa 2 (ver cuadro 5), la producción proyectada fue igual a $421 \text{ kg} \times FM_3$.

El segundo método consistió, también, en utilizar factores multiplicativos. La diferencia con el método anterior es que las producciones de leche a 305 días y de cada etapa, las cuales fueron utilizadas para generar los factores multiplicativos, se calcularon mediante el modelo propuesto por Wood (1967) para cada edad y época de parto. los factores multiplicativos fueron calculados como sigue:

$$FM_i = \frac{\sum_{t=1}^{305} A t^b \exp(-ct)}{\sum_{t=1}^D A t^b \exp(-ct)}$$

donde: D son los días al término de la i-ésima etapa $D=20,30,40,\dots,295$; A, b, y c son los parámetros de la ecuación; y t son los días. La proyección de las lactancias es igual que en el Método 1.

El tercer método consistió en estimar la producción de

BIBLIOTECA GENERAL U. A. C.

leche a 305 días utilizando una sola medición con el modelo de Wood (1967). En este procedimiento se consideró que los parámetros b y c son constantes para todas las vacas y que sólo varió el valor de A . Por lo que, conociendo la producción en el t -ésimo día se calculó un nuevo valor de A , resolviendo A de la ecuación de Wood (1967) de la siguiente manera:

$$A_n = Y_t / t^b \exp(-ct)$$

donde A_n es el nuevo valor de A . La producción de leche a 305 días es:

$$P_{305D} = \sum_{t=1}^{305} A_n t^b \exp(-ct)$$

El análisis se hizo para cada etapa de la lactancia, considerando a las diferentes mediciones de una vaca como observaciones independientes.

El cuarto método utilizado se basó también en el modelo de Wood. Sin embargo, se calcularon nuevos valores de A , b y c .! Esto se hizo sobre la base que los parámetros del modelo cambian dependiendo del nivel productivo que tengan las vacas (Schaeffer et al., 1977; Congleton y Everett, 1980b; Dhanoa, 1981; Ferris, 1981; Keown et al., 1986). El método propuesto consistió en los siguientes pasos:

i. En base a la producción de leche en un determinado día y considerando, en un principio, los parámetros b y c como poblaciones, se calculó un nuevo valor de A igual que en el Método 3.

ii. Se consideró que las relaciones entre los parámetros que encontró Ferris (1981), son válidas para las vacas mexicanas; de

manera que, con las varianzas y covarianzas fenotípicas obtenidas se calcularon coeficientes de regresión de b sobre A y c de sobre A. La varianza fenotípica de A fue 164.0 y las covarianzas de A con b y c, fueron -1.512 y -.01091, respectivamente; por lo que la regresión de b sobre A es .0092 y de c sobre A es .00067.

iii. Se calculó la diferencia que hay entre el nuevo valor de A (Paso i) y el valor poblacional.

iv. Se calculó el cambio en b y en c al multiplicar la diferencia del paso iii por los coeficientes de regresión correspondientes (paso ii).

v. El cambio de b y de c se suma a los valores poblacionales respectivos encontrando, de esta manera, los nuevos valores de b y c.

vi. Con los nuevos valores de A, b y c se calculó la producción de leche para cada uno de los 305 días, proyectándose, de esta manera, la lactancia.

El quinto método trató de estimar la producción remanente de leche, a diferencia de los métodos anteriores que estimaron la producción total a 305 días (Miller et al., 1972a). De esta manera la producción a 305 días se calculó como:

$$P305D = PACUM + PREM$$

donde:

P305D es la producción de leche proyectada a 305 días;

PACUM es la producción de leche acumulada al último pesaje utilizando el TIM; y

PREM es la producción de leche estimada del último pesaje a los 305 días.

Para estimar PREM, se utilizó una modificación al modelo propuesto por Wiggans y Van Vleck (1979) como se indica a continuación.

$$PREM = b_0 + b_1 UP + b_2 UP \cdot D + b_3 (305 - D) + b_4 (D)^{\frac{1}{2}} (305 - D) / UP$$

donde:

UP es la producción al último pesaje y
D son los días en leche al último pesaje.

El sexto método es una simplificación del anterior y es como sigue:

$$PREM = B_0 + B_1 UP + b_2 D + b_3 (UP \cdot D)$$

donde: PREM, UP y D ya fueron definidos anteriormente.

7. Comparación de los métodos de proyección

Se consideró la producción de leche calculada por el TIM como la producción real. La comparación se realizó entre las fases cuyo largo de lactancia fue menor a los 150 días.

Los estadísticos empleados para la comparación de los métodos fueron:

i. sesgo medio, calculado como :

$$\text{sesgo} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\hat{P}_i - P_i)$$

donde:

$\hat{P}_i$ es la producción proyectada y
 P_i es la producción real

ii. Raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RCME),

$$RCME = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\hat{P} - P)^2 \right]^{1/2}$$

iii. Correlación entre la producción proyectada y la real.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Cálculo de los factores de corrección para el primer pesaje

El largo del intervalo entre el parto y el primer pesaje o medición de leche fue de 40 días en promedio. Todos los efectos considerados en el modelo afectaron la producción de leche diaria en los primeros 75 días de lactancia. Las vacas que parieron en los meses más secos del año (febrero a mayo) tuvieron una mayor producción de leche por día (cuadro 6). Además, desde el inicio del año, la producción de leche incrementó hasta llegar a un máximo de 21.1 kg en el mes de marzo, a partir del cual, empezó a descender hasta 18.8 kg en el mes de agosto. Posteriormente la producción de leche por día incrementó nuevamente hacia el final del año.

Se utilizó la Prueba de Diferencia Estudentizada Honesta de Tukey modificada por Kramer (SAS Institute Inc., 1982) para comparar las medias del mes de parto (cuadro 6), encontrándose que los meses de noviembre a mayo no eran diferentes, así como tampoco entre los meses de junio a octubre, ni entre los meses de octubre a diciembre ($P > .05$). En base a lo anterior se formaron dos épocas de parto donde la época 1 fue de junio a octubre, y la época 2 de noviembre a mayo. La consideración de épocas en el presente estudio es similar a la hecha por otros investigadores (Valencia, 1970; Villarreal, 1985; Montaldo, 1986; Yañez, 1987).

La diferencia entre frecuencia de ordeños también fue importante ($P < .01$, apéndice 1). Aproximadamente el 20 % de los pesajes corresponden a vacas que fueron ordeñadas 3 veces al día

CUADRO 6. MEDIAS MINIMO CUADRATICAS Y ERROR ESTANDAR DE PRODUCCION DE LECHE DIARIA POR MES DE PARTO EN LOS PRIMEROS 75 DIAS DE LA LACTANCIA

MES DE PARTO	n	MEDIA (kg.)	ERROR ESTANDAR
ENERO	286	20.5a	.40
FEBRERO	377	20.9a	.36
MARZO	424	21.1a	.38
ABRIL	335	20.8a	.35
MAYO	394	20.1a	.36
JUNIO	308	19.1b	.37
JULIO	379	19.3b	.32
AGOSTO	250	18.8b	.39
SEPTIEMBRE	334	18.9b	.37
OCTUBRE	293	19.7bc	.42
NOVIEMBRE	308	20.3ac	.39
DICIEMBRE	428	20.0ac	.35

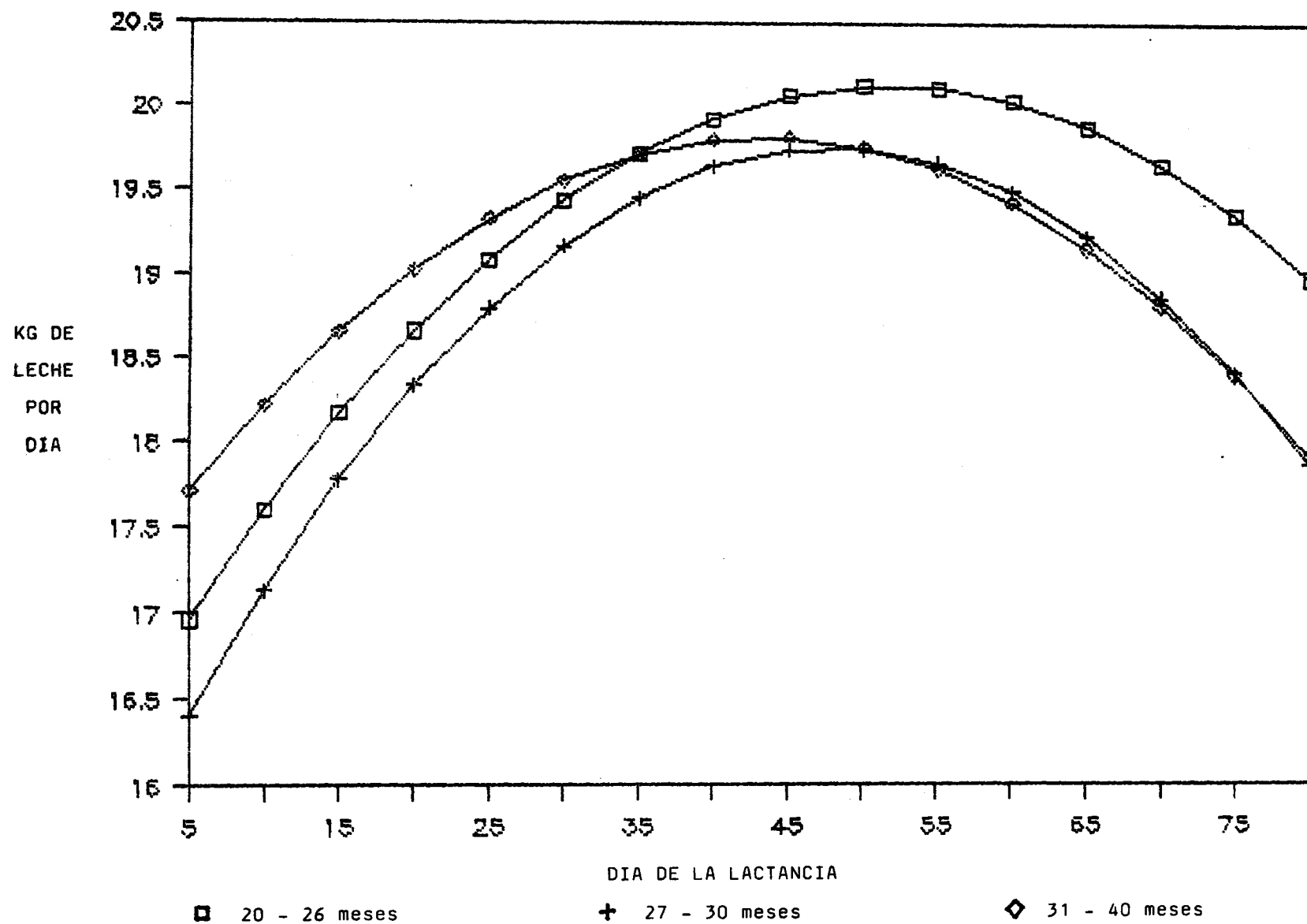
Valores con distinta literal indican diferencias estadísticas
($P < .05$) con prueba Honesta de Tukey modificada por Kramer

y el resto solamente 2. En los primeros 75 días de lactancia, el ordeñar 3 veces al día estimuló la producción en un 11 % con respecto a las vacas que se ordeñaron sólo 2 veces al día (20.29 ± 1.1 kg vs. 22.75 ± 1.3 para las frecuencias de ordeño de 2 y 3, respectivamente). Este resultado se esperaba por lo reportado en la literatura (Schmidt y Van Vleck, 1976). En base a lo anterior todos los pesajes fueron ajustados a 2 ordeños utilizando un factor de .889 para los de 3 ordeños.

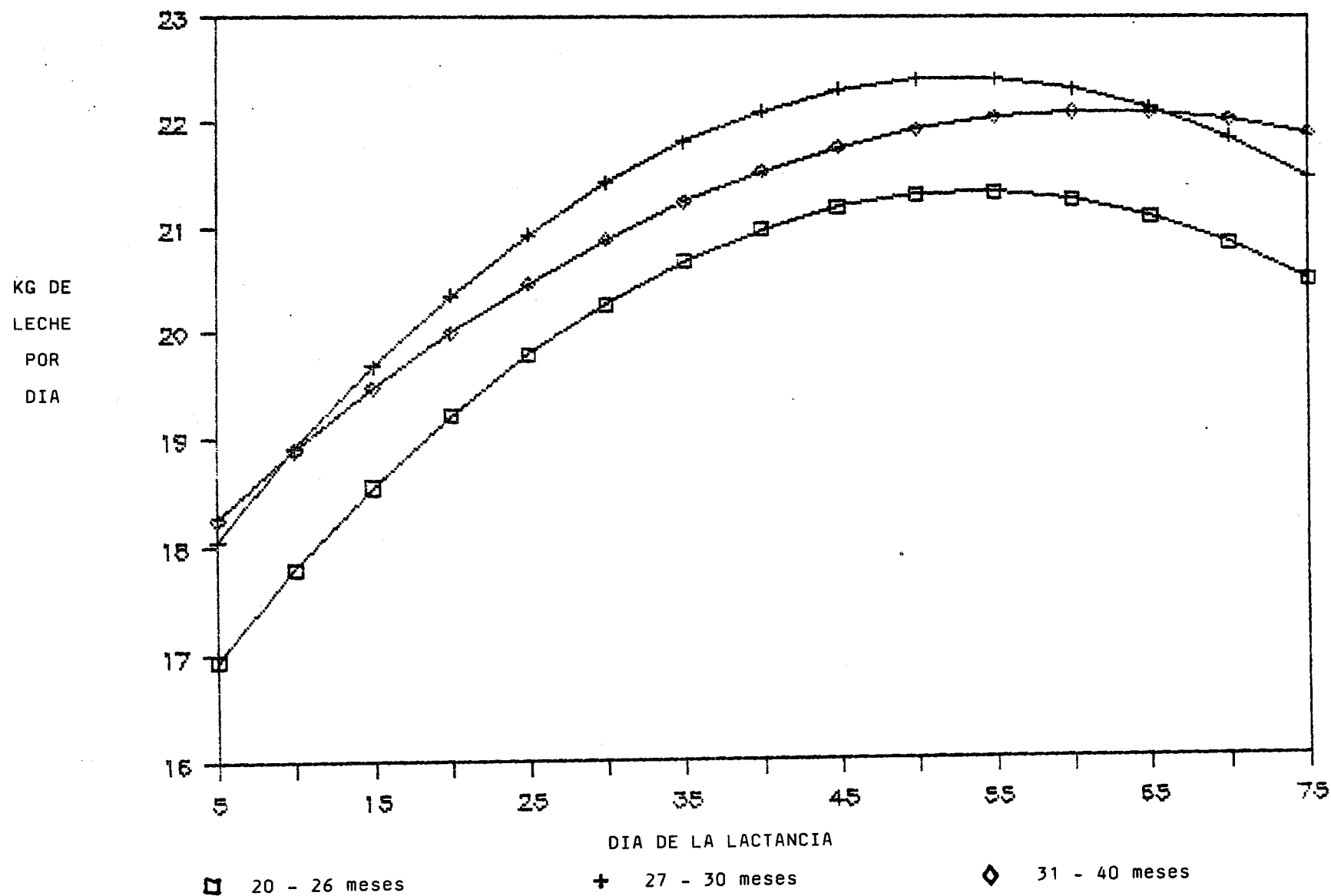
Con el fin de obtener los valores predichos de la producción de leche en los primeros 75 días, se ajustó una ecuación de regresión cuadrática para cada una de las 6 subclases de edad-época de parto. En el cuadro 7 se presentan los valores estimados de los parámetros de regresión así como el día en que alcanzan el pico de producción. El β_0 representa la producción de leche al momento del parto. Este valor se incrementó con la edad, y hubo una tendencia a ser mayor en la época 2. El valor de β_1 indica que la producción de leche que incrementó por cada día transcurrido. Sin embargo, el valor negativo de β_2 señala, como era de esperarse, que la producción decrece posteriormente. Los valores de β_1 y β_2 fueron mayores en la época 2, con excepción de las vacas que parieron con la edad 3. Los valores de β_1 y β_2 fueron mayores en la edad de parto 2, mientras que en la edad 3 obtuvieron los menores valores. Esto se reflejó en que las vacas de la edad 2 tendiesen a alcanzar más rápido el pico de producción. En las gráficas 1 y 2 se presentan los valores predichos por las ecuaciones presentadas en el cuadro 7, observándose que la producción máxima de leche (pico) es mayor en las vacas que parieron en la época 2. Esto coincide con lo

**CUADRO 7. PARAMETROS DE LA REGRESION DE LA PRODUCCION DE LECHE
DIARIA SOBRE EL DIA DE MEDICION PARA CADA EDAD Y EPOCA
DE PARTO**

EDAD	EPOCA	β_0	β_1	β_2	DIAS AL PICO
1	1	16.25	.1498	-.001444	52
1	2	15.98	.1991	-.001850	54
2	1	15.57	.1749	-.001823	48
2	2	17.08	.2023	-.001916	52
3	1	17.13	.1236	-.001419	44
3	2	17.54	.1473	-.001190	62



GRAFICA 1. PRODUCCION DE LECHE PREDICHA PARA LOS PRIMEROS 75 DIAS DE LACTANCIA POR EDAD EN LA EPOCA 1



GRAFICA 2. PRODUCCION DE LECHE PREDICHA PARA LOS PRIMEROS 75 DIAS DE LACTANCIA POR EDAD AL PARTO EN LA EPOCA 2

reportado por la literatura (Keown y Van Vleck, 1973; Keown et al., 1986).

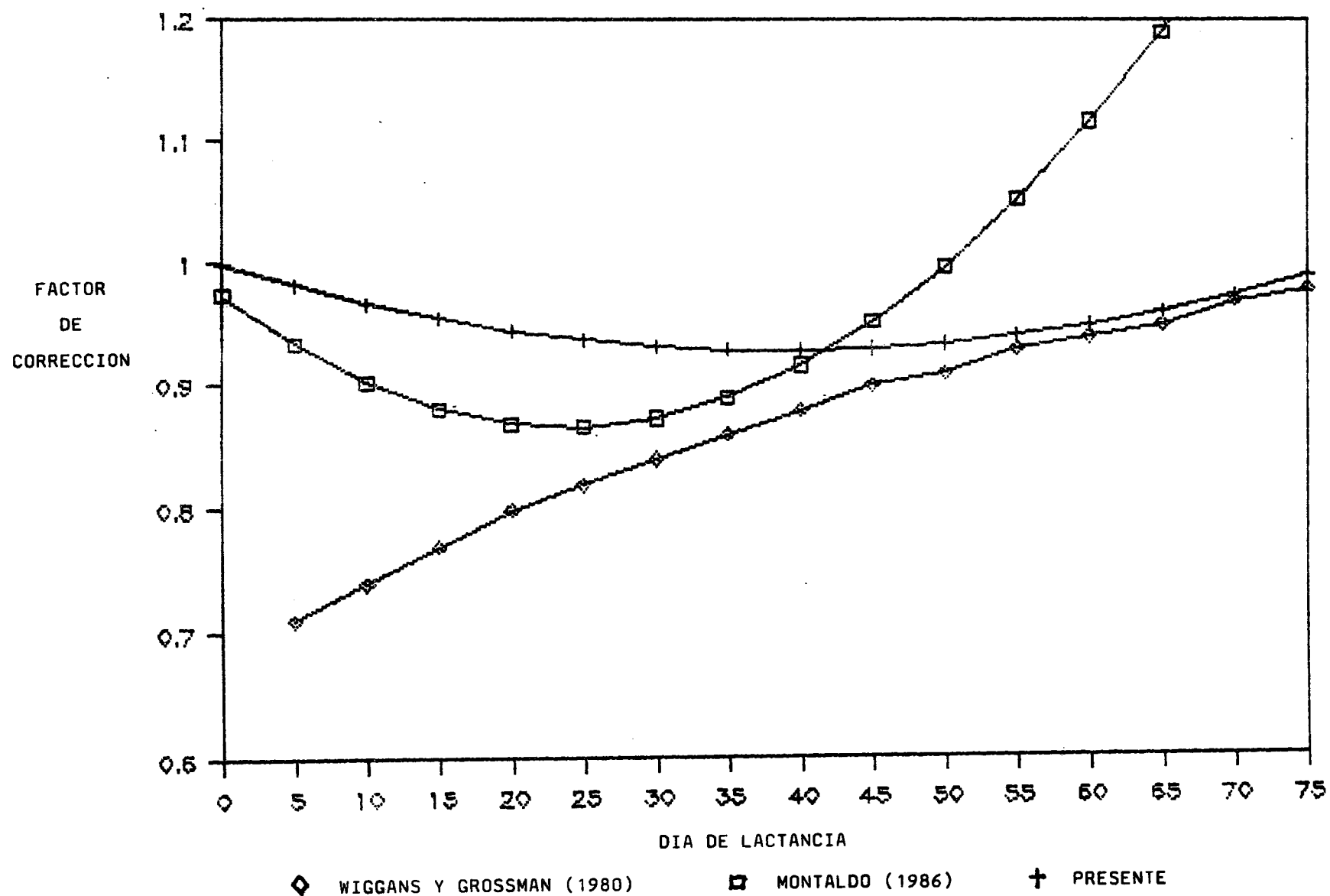
Los valores predichos pueden estar sesgados debido a que sólo se contó con una, dos, o tres mediciones por vaca, mientras que lo ideal es tener 75 mediciones por animal. Además, no se consideraron otros factores tales como región o nivel de producción. Sin embargo, el utilizar muchos grupos de factores de corrección en un sistema de control de producción puede ser complicado.

En el cuadro 8 se presentan los factores de corrección para el primer pesaje por época y edad de parto. Los valores de los factores son mayores en la época 2, debido a que las vacas que parieron en esta época tienen un aumento en la producción mayor que las que parieron en la época 1, como lo demuestran las gráficas 1 y 2. Por otra parte, los valores menores se presentan en las vacas de mayor edad, notándose que la elevación fue menor en la producción de leche que en los otros 2 grupos (gráficas 1 y 2).

En la gráfica 3 se presentan los factores de corrección para el primer pesaje utilizados en Estados Unidos, Tizayuca y en el presente estudio. Se observa que los factores utilizados en Tizayuca (Montaldo, 1986) son de un valor menor que los obtenidos en el presente estudio; incluso se nota que el factor de corrección con menor valor de Tizayuca se presentó a los 25 días, mientras que en el presente estudio fue a los 40 días. Esto significa que en las vacas de Tizayuca la pendiente del inicio de la lactancia hasta el pico de producción empieza a declinar más rápidamente. A partir de los 40 días, los factores de corrección

CUADRO B. FACTORES DE CORRECCION PARA EL PRIMER PESAJE DE ALGUNOS DIAS POR EPOCA Y EDAD PARA LA PRIMER LACTANCIA

DIA	E D A D					
	1		2		3	
	EPOCA		EPOCA		EPOCA	
	1	2	1	2	1	2
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6	.979	.973	.975	.974	.984	.981
10	.966	.956	.960	.958	.974	.968
15	.953	.939	.945	.942	.964	.955
20	.941	.926	.934	.930	.957	.945
25	.936	.917	.927	.921	.952	.937
30	.931	.911	.923	.916	.950	.931
35	.929	.907	.922	.913	.950	.926
40	.929	.907	.923	.913	.953	.924
45	.930	.909	.927	.916	.957	.923
50	.935	.913	.934	.921	.964	.924
60	.950	.929	.956	.939	.985	.930
70	.974	.957	.996	.968	1.017	.943
75	.990	.975	1.016	.987	1.037	.952



GRAFICA 3. FACTORES DE CORRECCION PARA EL PRIMER PESAJE UTILIZADOS EN EL DIHA, TIZAYUCA Y EN EL PRESENTE ESTUDIO

de Tizayuca tuvieron un valor mayor que los encontrados en el presente trabajo. Esto pudo deberse a que estos factores se calcularon con la ecuación presentada por Montaldo (1986), la cual fue estimada sólo para los 45 primeros días de lactancia, por lo que para los días posteriores, los valores presentados pueden estar sesgados.

Por otro lado, los factores de corrección generados en Estados Unidos (Wiggans y Grossman, 1980) tienen un valor menor que los factores utilizados en Tizayuca (Montaldo, 1986) y en este trabajo, siendo el valor más pequeño al inicio de la lactancia, y elevando su valor conforme transcurrieron los días de la lactancia. A partir del día 45, los factores estadounidenses son similares a los generados en este estudio.

La diferencia entre los factores de corrección obtenidos por Wiggans y Grossman (1980) con los del presente estudio, puede deberse a que la pendiente al inicio de la lactancia en las vacas de Estados Unidos es mucho mayor que en las mexicanas. Esta diferencia en la forma de la curva puede deberse a diferencias genéticas (Ferris, 1981), o a diferencia en manejo.

El utilizar los factores de corrección generados en los Estados Unidos en vacas explotadas en México, daría como resultado un sesgo debido a diferencias en las curvas de la lactancia.

2. Descripción de la curva de lactancia

Todos los efectos incluidos en el modelo 3 fueron estadísticamente significativos ($P < .01$ apéndice 2).

La mayor producción de leche por mes de parto se tuvo en el

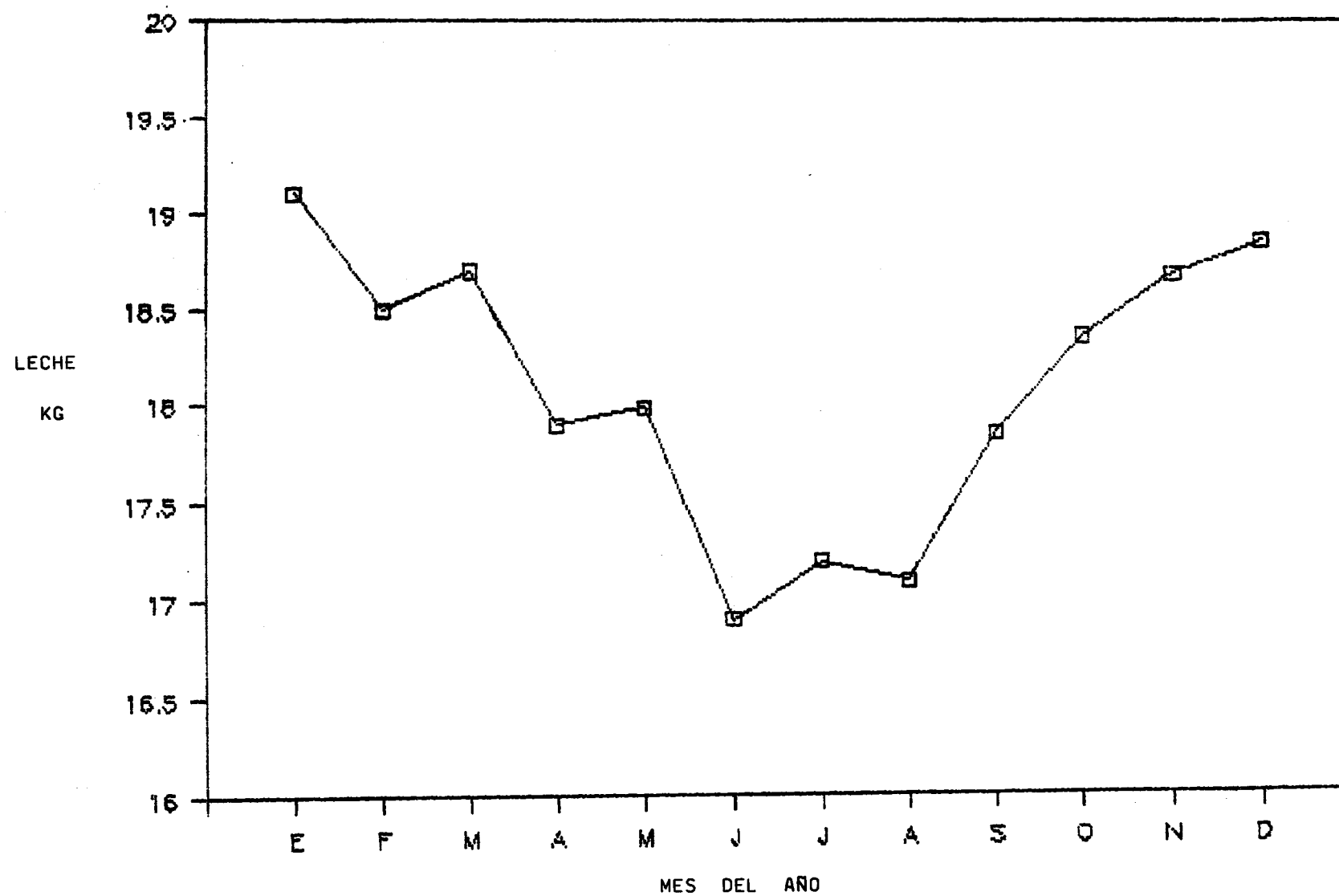
invierno, alcanzando su máximo en el mes de enero (gráfica 4), las vacas que parieron en este mes producen 19.1 kg de leche en promedio durante su lactancia, mientras que las vacas que parieron en el mes de junio produjeron 16.9 kg de leche. Esta producción también fue lograda por las vacas que parieron en el mes de julio (17.2 kg) y agosto (17.1 kg). A partir del mes de septiembre se incrementó el promedio de producción. La diferencia entre el mes de enero y junio fue de 2.2 kg, lo que representa 671 kg de leche en una lactancia de 305 días.

La producción de leche medida en los meses de primavera fue mayor que en el resto del año (cuadro 9). La máxima producción sucedió en el mes de abril (19.7 kg), disminuyendo ligeramente hacia los meses de mayo (19.5 kg) y junio (19.4 kg).

Una vez que inició la época de lluvias, la producción de leche declinó de una manera más acentuada, llegando a un mínimo en los meses de octubre (17.4 kg) y noviembre (17.3 kg). La producción de leche por mes de pesaje expresada como desviación del promedio anual (18.5 kg) fue de 6.4 % en el mes de abril y de 5.4 % en el mes de mayo (cuadro 9).

El incremento de la producción de leche en primavera ha sido observado por otros autores. Wood (1969) encontró que en los meses de abril a julio hubo una desviación positiva de hasta un 14.7 % en el mes de mayo. Mainland (1985) encontró que en los meses de mayo a julio la desviación fue de 7.2 a 14.9 % con respecto a la media anual. Wiggans y Van Vleck (1979) también encontraron una elevación en la producción de leche durante la primavera.

Wood (1969) señaló que la época afecta la producción de



GRAFICA 4. PROMEDIO DE LA PRODUCCION DIARIA DE LECHE POR MES DE PARTO

CUADRO 9. PRODUCCION DE LECHE POR MES DE PESAJE

MES DE PESAJE	MEDIA $\pm$ D.E. (kg.)	DESVIACION DEL PROMEDIO ANUAL
ENERO	17.8 $\pm$ 5.1	-3.7
FEBRERO	18.5 $\pm$ 5.1	.0
MARZO	19.0 $\pm$ 5.4	2.7
ABRIL	19.7 $\pm$ 5.3	6.4
MAYO	19.5 $\pm$ 5.3	5.4
JUNIO	19.4 $\pm$ 5.1	4.8
JULIO	18.9 $\pm$ 4.9	2.1
AGOSTO	18.6 $\pm$ 4.8	.5
SEPTIEMBRE	17.6 $\pm$ 4.6	-4.8
OCTUBRE	17.4 $\pm$ 4.7	-5.9
NOVIEMBRE	17.3 $\pm$ 4.5	-6.4
DICIEMBRE	17.6 $\pm$ 4.9	-4.8

leche de dos formas : un estímulo de la producción asociada al mes de producción (pico de la estación de la primavera), y un efecto sobre la producción de leche total asociada al periodo del año en la cual la lactancia ocurre. Wood (1969) mencionó también que hace falta más información para explicar las diferencias de producción, ya que no está claro si es una respuesta metabólica a la cantidad de horas luz, gradiente de temperatura o diferencia en el manejo. En México es más probable que el cambio en la producción sea debida a una falta de optimización en el manejo alimenticio (Villarreal, 1985), puesto que las horas luz y los cambios en la temperatura no son tan drásticos como en Escocia. De cualquier forma es necesario profundizar el estudio en este sentido.

En el cuadro 10 se presentan las medias mínimo cuadráticas de la producción de leche por mes de parto. Se efectuaron comparaciones de medias de meses contiguos, y se encontró que del mes de noviembre al mes de marzo no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > .05$). Asimismo, entre abril y mayo; junio, julio y agosto; así como, entre octubre y noviembre, tampoco hubo diferencias significativas. El mes de septiembre fue diferente a los meses agosto y octubre ($P < .05$).

En base a lo anterior, se decidió formar cuatro épocas de parto. En los primeros 75 días de lactancia sólo se formaron 2 épocas, mientras que para la lactancia completa se requirió formar más épocas. Las épocas de parto y sus respectivas producciones se presentan en el cuadro 11.

La producción diaria de leche durante la lactancia incrementó con la edad de parto. Sin embargo, sólo entre las

CUADRO 10. MEDIAS MINIMO CUADRATICAS Y ERROR ESTANDAR DE LA PRODUCCION DE LECHE POR MES DE PARTO

MES DE PARTO	n	MEDIA MINIMO CUADRATICA (kg)	ERROR ESTANDAR
ENERO	1040	19.11a	.16
FEBRERO	1348	18.75a	.15
MARZO	1532	18.73a	.15
ABRIL	1180	17.91b	.16
MAYO	1421	17.99b	.15
JUNIO	1125	16.91c	.16
JULIO	1327	17.20c	.15
AGOSTO	865	17.11c	.18
SEPTIEMBRE	1115	17.86e	.16
OCTUBRE	1065	18.36f	.17
NOVIEMBRE	1041	18.68af	.17
DICIEMBRE	1475	18.85a	.15

Literales distintas indican diferencias estadisticamente significativas ($P < .05$) prueba de Tukey modificada por Kramer.

CUADRO 11. MEDIAS MINIMO CUADRATICAS Y ERROR ESTANDAR DE LA PRODUCCION DE LECHE POR EPOCA DE PARTO

EPOCA DE PARTO	MES DEL PARTO	n	MEDIA MINIMO CUADRATICA (kg)	ERROR ESTANDAR
1	DIC - MAR	5411	19.14	.14
2	ABR - MAY	2609	18.25	.13
3	JUN - AGO	3334	17.38	.12
4	SEP - NOV	3259	18.50	.12

vacas de 27 a 30 meses y las de 31 a 40 meses no hubo diferencias ($P > .05$). Las medias mínimo cuadráticas de las vacas de 20 a 26 meses, 27 a 30 y de 31 a 40 meses fueron de $17.83 \pm .12$ kg ($n=4971$), $18.25 \pm .11$ ($n=6377$) y $18.28 \pm .12$ ($n=3183$), respectivamente.

Estos resultados son similares a los encontrados en la literatura. Lamb y McGilliard (1960) y McDowell et al. (1975) mencionaron que las vacas jóvenes produjeron sustancialmente menos leche que las vacas adultas. En otro estudio la producción incrementó hasta los 34 meses y posteriormente declinó dramáticamente (Mao et al., 1974). Estos autores mencionaron que cuando las vacas que parieron a una edad muy grande, el manejo fue deficiente, mientras que las vacas que parieron muy jóvenes, debido a un crecimiento rápido, presentaron un engrasamiento provocando un efecto negativo en la producción de leche. Aunque en el presente estudio no hubo manera de cuantificar directamente el efecto de manejo, es posible que éste fuera diferente según la edad de la vaca. A pesar de que no hubieron diferencias entre las edades 2 y 3, se decidió mantener los tres grupos de edades al parto.

La producción de leche por día en las vacas que se ordeñaron 2 veces al día fue de $16.96 \pm .08$ kg ($n=12065$) mientras que en las que se ordeñaron 3 veces al día se estimuló la producción de leche en un 14 % ($19.71 \pm .16$ kg $n=2548$). Esto quiere decir que el estímulo fue mayor en la parte media y final de la lactancia que al inicio donde la producción de leche incrementó en un 11 %.

Los pesajes fueron ajustados a 2 ordeños. El factor de corrección, que ahora se utilizó fue .86. En base a los valores

ajustados, se obtuvieron los parámetros del modelo de Wood para cada edad y época de parto.

En la edad 3 y época 3, el valor de b fue negativo, lo que indica que no existió un pico de producción (cuadro 12). Es decir, la producción de leche declinó desde el primer día de lactancia. Aunado a esto, se observó un valor muy alto en el parámetro A y un valor muy bajo del parámetro c en relación a los demás.

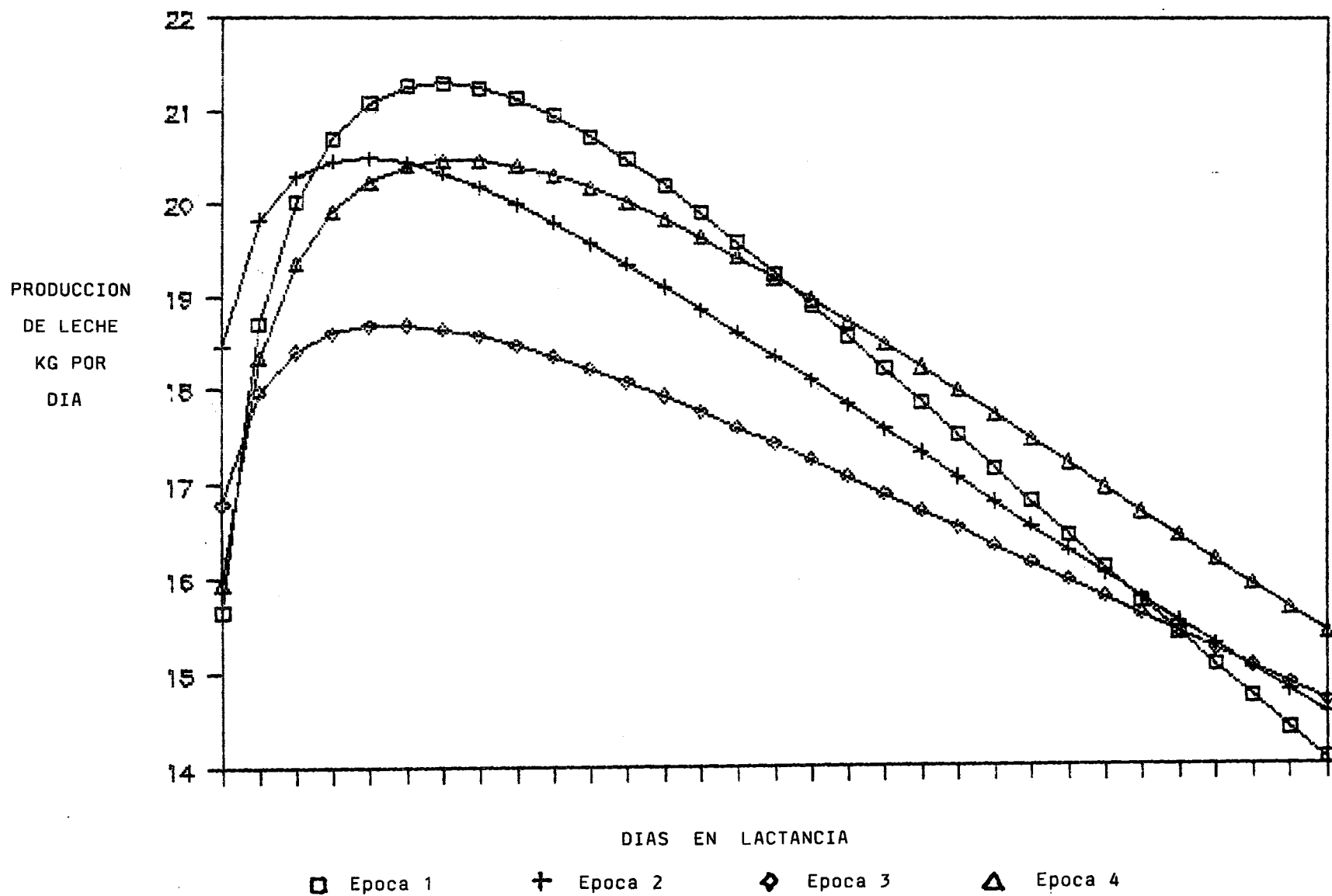
El parámetro A alcanzó el mayor valor en la época 2. Este resultado es similar a lo reportado por Congleton y Everett (1980b) quienes indicaron que los valores más altos de A sucedieron en mayo y junio. Este mayor valor de A en esta época es un reflejo del incremento en la producción de leche debido a la primavera (cuadro 9).

El parámetro b , el cual está relacionado con la pendiente del inicio de la lactancia al pico de producción, presentó los valores más bajos en la época 3, mientras que en la época 1 y 4 se observaron los mayores valores existiendo una ligera tendencia a ser más grandes en la primera época (cuadro 12). Congleton y Everett (1980b) encontraron los valores más grandes de b en invierno, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

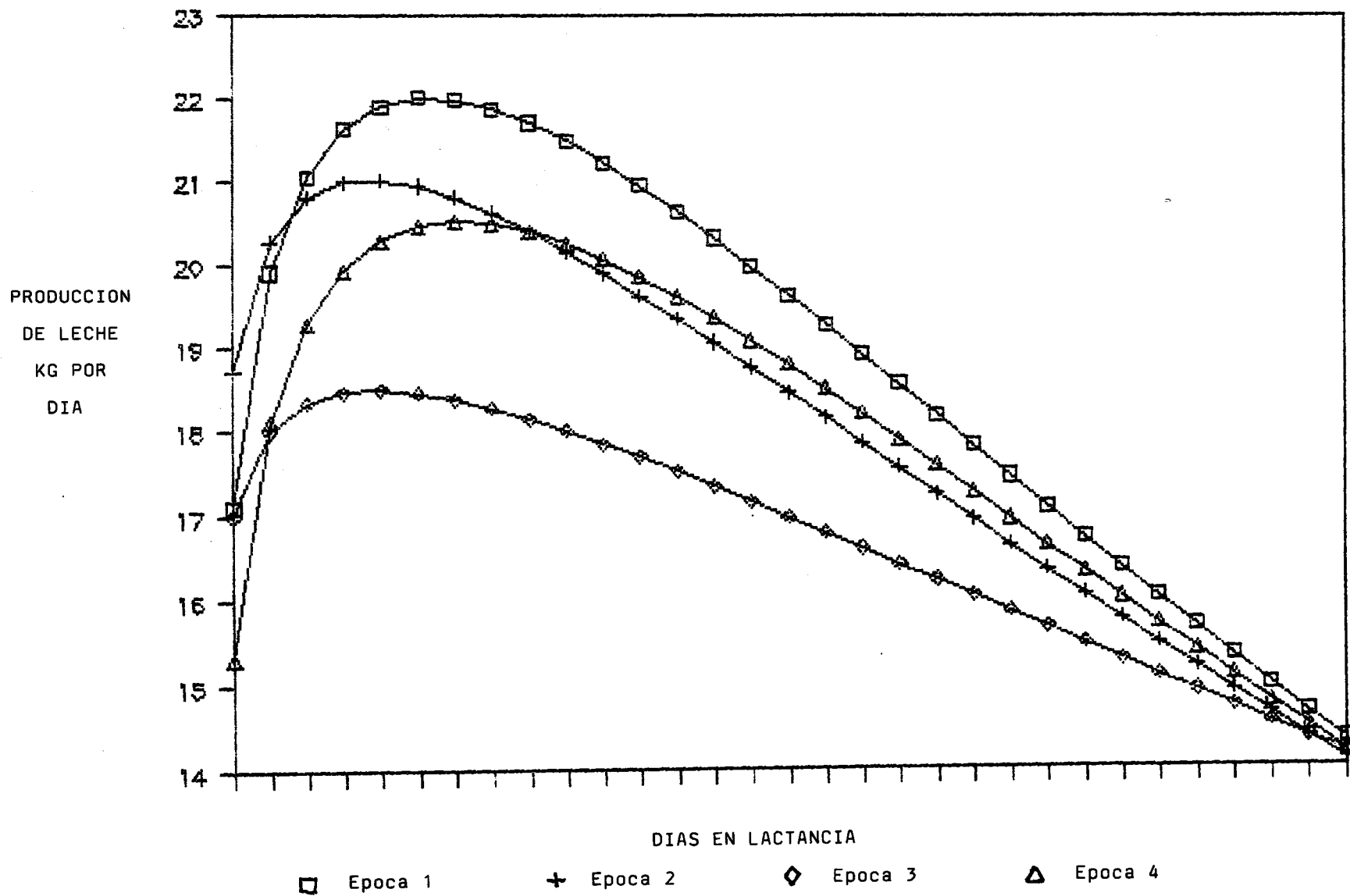
El parámetro c , que está relacionado con la declinación de la producción después de haber alcanzado el pico, presentó una tendencia similar a la observada en el parámetro b . El valor de c fue más alto en la época 1, lo que coincide con Congleton y Everett (1980b), quienes encontraron el máximo valor de c en la época invernal. En las gráficas 5, 6 y 7 se presentan las curvas

CUADRO 12. PARAMETROS DE LA CURVA DE GAMA INCOMPLETA POR EDAD Y EPOCA DE PARTO PARA LA PRIMERA LACTANCIA

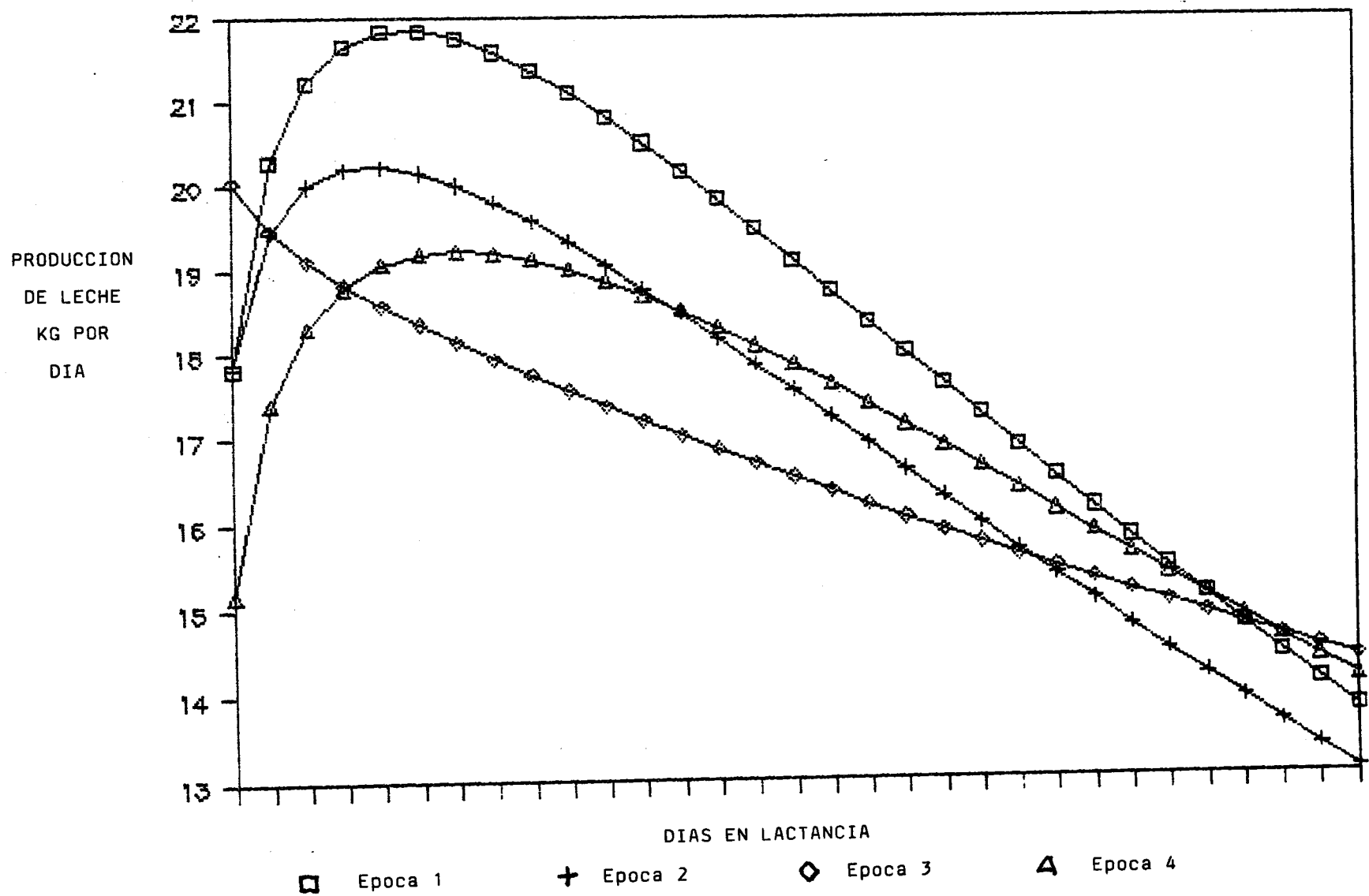
EDAD	EPOCA	A	b	c
1	1	11.72	.1890	.002946
1	2	16.31	.0826	.001923
1	3	14.95	.0761	.001485
1	4	12.69	.1477	.002131
2	1	13.32	.1645	.002844
2	2	16.30	.0932	.002223
2	3	15.43	.0654	.001503
2	4	11.69	.1766	.002674
3	1	14.32	.1444	.002832
3	2	15.31	.1021	.002434
3	3	20.76	.0190	.000846
3	4	12.17	.1442	.002211



GRAFICA 5. CURVA DE LACTANCIA POR EPOCA DE PARTO PARA VACAS DE 20 A 26 MESES DE EDAD.



GRAFICA 6. CURVA DE LACTANCIA POR EPOCA DE PARTO PARA VACAS DE 27 A 30 MESES DE EDAD



GRAFICA 7. CURVA DE LACTANCIA POR EPOCA DE PARTO PARA VACAS DE 31 A 40 MESES DE EDAD

generadas por los modelos por época y edad de parto.

De los resultados encontrados en el presente estudio sobre los parámetros que caracterizan la curva de la primera lactancia, se evidencia que la época de parto juega un papel considerable en la producción y en la forma de la curva de la lactancia. Este hecho ha sido reconocido por varios autores (Wood, 1969; Keown y Van Vleck, 1973; Schaeffer et al., 1977; Congleton y Everett, 1980b; Ferris, 1981; Mainland, 1985).

En la época 2, el pico de producción se alcanzó a los 42 días, mientras que en la época 4, el pico de producción ocurrió después de los 60 días (cuadro 13). Esto coincide con lo reportado por Valencia (1970) y Muñoz (1979), quienes encontraron el pico a los 60 y entre los 60 y 90 días, respectivamente.

Por otro lado, la producción de leche al pico fue mayor en la época 1 y menor en la 3 (cuadro 13). Las vacas que parieron de diciembre a marzo (época 1) alcanzaron el pico de producción en la primavera. Probablemente la producción de leche se incrementó en forma adicional debido a un efecto positivo de época (cuadro 9). En cambio en las vacas que paren en la época 3, alcanzaron el pico cuando la producción de leche es más baja debido a un efecto negativo de la época. Sin embargo, las vacas de 31 a 40 meses de edad al parto y que parieron en la época 3, tuvieron su máxima producción al inicio de su lactancia. Esto se puede explicar por el hecho de que cuando estas vacas parieron, la producción de leche incrementó debido a un efecto positivo de la época (cuadro 10), de manera que cuando debían alcanzar su pico natural de producción (60 días después), la época afectó negativamente la producción (cuadro 9), dando como resultado que la curva de

CUADRO 13. PERSISTENCIA, DIA AL PICO, PRODUCCION DE LECHE MAXIMA Y PRODUCCION DE LECHE EN EL DIA 305 DE LACTANCIA POR EPOCA Y EDAD AL PARTO EN LA PRIMERA LACTANCIA

EDAD	EPOCA	DIA ^a AL PICO	PRODUCCION		S ^d	P ^e
			MAXIMA ^b kg	P305 ^c kg		
1	1	64	21.2	14.0	6.93	.79
1	2	42	20.4	14.5	6.77	.81
1	3	51	18.6	14.6	7.01	.86
1	4	69	20.3	15.4	7.06	.84
2	1	58	22.0	14.3	6.82	.77
2	2	42	21.0	14.1	6.67	.79
2	3	44	18.5	14.1	6.92	.85
2	4	66	20.5	14.2	6.97	.80
3	1	51	21.8	13.7	6.71	.75
3	2	42	20.2	13.0	6.63	.77
3	3	-22	20.7	14.3	3.01	.86
3	4	65	19.2	14.1	6.99	.83

^a día al pico = b/c

^b P305 = $A \cdot 305^b \cdot (\exp(-c \cdot 305))$

^c PROD MAX = $A \cdot (b/c)^b \cdot (\exp(-b))$

^d S índice de persistencia de Wood = $-(1+b) \ln(c)$

^e P = prom305/P305

lactancia fuera descendiendo desde su inicio (gráfica 7).

Keown et al. (1986) señalaron que en los meses de enero a marzo la producción al pico fue mayor, mientras que en julio y agosto fue menor. Por otra parte, Keown y Van Vleck (1973) señalaron que las vacas que parieron de enero a abril tuvieron los mayores picos de producción y en los meses de septiembre a diciembre los menores. Schaeffer et al. (1977) observaron que de marzo a agosto el pico de producción fue mayor. Keown et al. (1986) mencionaron también que las vacas que parieron en julio y agosto, alcanzaron el pico de producción más rápido debido al calor y la humedad.

Al aumentar la edad al primer parto se incrementó el valor de A, el parámetro b tuvo una tendencia a disminuir y el valor de c prácticamente no cambió. Wood (1969) mencionó que el valor de A incrementa junto con el número de lactancias, permaneciendo sin cambio los parámetros b y c. Congleton y Everett (1980b), en cambio, encontraron que todos los parámetros aumentaban con el número de parto.

El pico de producción se alcanzó más rápido conforme aumentó la edad al primer parto. La producción de leche al pico también incrementa ligeramente con la edad. Esto coincide con lo encontrado por Keown y Van Vleck (1973), Schaeffer y Burnside (1976) y Schaeffer et al. (1977), quienes señalaron que las vacas de primer parto con una edad mayor a los 28 meses tienen un pico mayor que las vacas más jóvenes.

El índice de persistencia propuesto por Wood (1967), estimado por $-(b + 1)\ln(c)$, se puede apreciar en el cuadro 13. Las vacas que parieron en la época 4 fueron las más persistentes,

mientras que en las vacas que parieron en la época 2 el decremento en la producción fue mayor. Las vacas de edad 3 y que parieron en la época 3 tuvieron la menor persistencia, esto fue debido a que el valor de b fue negativo.

Cuando la persistencia fue definida como la proporción de la producción al día 305 (calculado por el modelo en cada subclase de edad-época) en la producción de leche promedio durante la lactancia, ésta fue mayor en las vacas que parieron en la época 3

Wiggans y Van Vleck (1979) encontraron que las vacas que parieron en otoño fueron más persistentes debido al estímulo de la primavera. Wood (1969) mencionó que con excepción de las vacas que parieron en junio y julio, todas las demás presentaron lactancias con dos picos de producción causado por el estímulo en la primavera. En el presente estudio las vacas que parieron en la época 4 recibieron el estímulo a la mitad de la lactancia, mientras que las vacas de la época 3, recibieron el estímulo en el último tercio de la lactancia. Por otra parte, Schaeffer y Burnside (1976) y Schaeffer *et al.* (1977) mencionaron que las vacas que parieron en invierno fueron más persistentes; en cambio, Keown *et al.* (1986) encontraron que las vacas que parieron en julio y agosto mantuvieron en mayor grado la producción y las que parieron en enero a marzo tuvieron una menor declinación en la producción. Por su parte, Congleton y Everett (1980b) observaron que las vacas que parieron en julio fueron más persistentes; sin embargo, con la medida de persistencia de Wood, las vacas que parieron en noviembre fueron más persistentes. Lo anterior claramente indica que la época de parto tiene una influencia significativa sobre la persistencia de la

lactancia.

Al aumentar la edad, la persistencia disminuyó (cuadro 13). Este resultado difiere a lo encontrado por Schaeffer et al. (1977), quienes observaron una mayor disminución de la producción de leche en vacas de edad avanzada que en vacas menores de 29 meses al primer parto. En cambio, Congleton y Everett (1980b) señalaron que conforme aumentó la edad de las vacas, la persistencia disminuyó. Por otra parte, Schaeffer et al. (1977) también encontraron que al aumentar el número de la lactancia, la producción de leche disminuyó en forma más pronunciada. Resultados similares fueron encontrados por Wood (1970) y Muñoz (1979).

Se observó una relación negativa entre la producción de leche al pico y la persistencia. Esta relación también fue encontrada por Congleton y Everett (1980b). Anderson et al. (1984) y Keown et al. (1986). Shanks et al. (1981) y Ferris (1981) encontraron correlaciones fenotípicas y genéticas entre producción al pico y la persistencia positivas, pero muy bajas.

Al aumentar el valor de A disminuyeron los valores de b, c, el día al pico y la persistencia, mientras que la producción al pico prácticamente no cambió. El parámetro b tuvo una asociación positiva con c, el día al pico y con la persistencia, mientras que la producción al pico cambió poco al aumentar el valor de b. El día y producción al pico, así como la persistencia incrementaron conforme el valor de c aumentó. Al aumentar el día al pico, la producción en ese día prácticamente no cambia, mientras que la persistencia incrementó.

Estos resultados coinciden con lo reportado con Sugano et

al. (1981) y Grossman et al. (1986). Sin embargo, Ferris (1981) encontró que el parámetro c estuvo correlacionado positivamente con el día al pico y con la persistencia. Esta discrepancia puede ser debido a que en el presente estudio las apreciaciones se hicieron con las medias de los grupos de edad y época y no con los valores individuales de las vacas. Por lo que se requiere un mayor estudio de estas características a fin de establecer, por ejemplo, medidas de manejo o programas de selección que tiendan a modificar la curva de lactancia.

3. Estimación de los parámetros genéticos

Para el cálculo de los parámetros genéticos se empleó el modelo mixto anteriormente descrito; en este análisis se consideraron sementales con 5 o más hijas con el objeto de elevar el coeficiente del componente de varianza del semental (cuadro 14).

En los cuadros 15 y 16 se presentan los análisis de varianza para PL75 y PREM y los componentes de varianza-covarianza para padre y error, respectivamente. Las estimaciones de h^2 obtenidas en el presente estudio para PL75 y PREM fueron de $.03 \pm .05$ y $.13 \pm .07$, respectivamente; mientras que las correlaciones genéticas y fenotípicas entre PL75 y PREM fueron de $.54 \pm .5$ y $.60$, respectivamente (cuadro 17). Los valores de heredabilidad en este estudio son menores a lo reportado por la literatura. Van Vleck y Henderson (1961a) encontraron una heredabilidad para el primer mes de $.11$; para el segundo de $.17$; y en el tercero de $.22$. El valor de heredabilidad se mantiene constante hasta el sexto mes y posteriormente descendió hasta llegar a $.08$ en el décimo mes.

CUADRO 14. NUMERO PROMEDIO DE HIJAS POR SEMENTAL

NUMERO DE HIJAS POR SEMENTAL	NUMERO DE SEMENTALES	NUMERO DE OBSERVACIONES	NUMERO DE HIJAS PROMEDIO POR SEMENTAL
>= 1	415	1457	3.5
>= 5	59	936	15.8

CUADRO 15. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PRODUCCION ACUMULADA A LOS 75 DIAS (PL75) Y LA PRODUCCION REMANENTE (PREM)

FUENTE DE VARIACION	GL	CUADRADOS	MEDIOS
		PL75	PREM
PADRE	58	100871.56	1587189.32
MES	11	356392.55	3254190.38
AÑO	4	256726.10	11159055.54
ERROR	862	91540.33	1046965.25

CUADRO 16. COMPONENTES DE VARIANZA Y COVARIANZA PARA LA PRODUCCION ACUMULADA A LOS 75 DIAS (PL75) Y LA PRODUCCION REMANENTE (PREM)

FUENTE	PL75	PREM	PRODUCTOS CRUZADOS
PADRE	622.76	36054.76	2568.15
ERROR	91540.33	146965.25	

CUADRO 17. HEREDABILIDADES Y CORRELACIONES GENETICAS PARA LA PRODUCCION DE LECHE ACUMULADA A LOS 75 DIAS (PL75) Y LA PRODUCCION REMANENTE (PREM)

	PL75	PREM
PL75	$.027 \pm .05^a$	$.54 \pm .5^b$
PREM	$.60 (.61)^c$	$.13 \pm .07$

^a Las diagonales indican heredabilidades.

^b Correlación genética.

^c Correlación fenotípica y el paréntesis, correlación ambiental.

Zuk et al. (1982) mencionaron que el valor de la heredabilidad disminuye conforme avanza la lactancia. En cuanto a las producciones acumuladas, Van Vleck y Henderson (1961b) encontraron heredabilidades de .17 a los 60 días y de .21 a los 90. En las producciones remanentes, Van Vleck y Henderson (1961b) encontraron que la heredabilidad a partir de los 30 días fue de .22; el mismo valor se observó cuando se consideró desde los 60 días, mientras que desde los 90 días, la heredabilidad disminuyó a .21.

Por otra parte, Villarreal (1985) encontró que la heredabilidad para la primera lactancia fue de .4; y Abubakar et al. (1987) de .36. En estos dos estudios se utilizaron registros de vacas de la Asociación Holstein de México, pero se incluyeron tanto animales registrados, como y los que no han alcanzado el grado de pureza ("grade"). Las bajas estimaciones de h^2 en el presente estudio, pudieron ser causadas por el reducido número de familias de medias hermanas utilizadas. Además, los padres son necesariamente registrados ante la Asociación Holstein, de manera que la variación entre los toros no es mucha, lo que se manifiesta en una poca variabilidad genética aditiva.

En relación a las correlaciones genéticas y no genéticas entre producciones parciales y producciones remanentes, Van Vleck y Henderson (1961b) señalaron que las correlaciones genéticas entre las producciones mensuales y la producción total son altas. En el primer mes fue .89 y aumentó hasta 1.0 en el quinto mes, para posteriormente disminuir. Cuando analizaron las correlaciones entre las producciones mensuales, encontraron que, en los meses adyacentes, las correlaciones son cercanas a 1, pero

mientras se incrementa el tiempo entre los registros, el valor de la correlación disminuyó. Otros autores han reportado correlaciones altas entre producciones parciales y totales (Zuk et al., 1982).

Las implicaciones de los parámetros genéticos encontrados en el presente estudio para PL75 y PREM, son de interés. Aunque la eficiencia de selección directa sobre PL75 sería reducida, es posible lograr avance genético directo e indirecto sobre PREM. Este avance eventualmente mejoraría la lactancia completa contribuyendo al mejoramiento global del nivel de producción de leche del hato y reduciendo el intervalo entre generaciones. En los hatos del país considerados en este estudio, se pueden identificar sementales con valores genéticos para producciones parciales positivos y nacidos en el país que sería conveniente someter a un programa de prueba de progenie

4. Comparación de los métodos de proyección

Los factores multiplicativos utilizados en el método 1 se presentan en los apéndices 3 al 5; y los del método 2, en los apéndices 6 al 8. Los parámetros de las ecuaciones utilizadas en el método 5 se presentan en los apéndices 9 al 11; y los del método 6, en los apéndices 12 al 14.

El sesgo medio (SM) fue negativo en los métodos uno y dos para todas las fases, mientras que en los demás métodos fue positivo, con excepción de las primeras fases de los métodos 5 y 6 (cuadro 18). El SM disminuyó conforme avanzaron las fases de la lactancia; esto es menos evidente en los métodos 3 y 4, los cuales sólo utilizan información de un pesaje, mientras que en

CUADRO 18. SESGO MEDIO DE LA PRODUCCION PROYECTADA A 305 DIAS CON
RESPECTO A LA PRODUCCION REAL POR FASE DE LACTANCIA

FASE	METODO DE PROYECCION					
	1	2	3	4	5	6
1	-2136	-2035	290	1694	-177	-539
2	- 948	- 854	20	611	- 29	-193
3	- 857	- 676	681	1742	48	- 15
4	- 563	- 413	745	2043	124	83
5	- 374	- 233	792	2474	80	106
6	- 402	- 229	650	1674	50	130
7	- 481	- 375	450	1478	31	136
8	- 617	- 516	509	1497	6	147
9	- 410	- 311	385	1297	- 1	158

los demás se cuenta con mayor información acumulada.

En los métodos 1 y 2, la disminución en el sesgo es continua, notándose un pequeño aumento en las fases 7 y 8. En los demás métodos, hubo una disminución notable de la fase 1 a la fase 2, y posteriormente, el SM se incrementó hasta llegar a su máximo en las fases 4 y 5, lo que coincide con la presentación del pico de producción, para después reducirse. La disminución en el SM conforme transcurre la lactancia ha sido observada por Miller et al. (1972b) y por Wiggans y Van Vleck (1979).

Los métodos que estiman la producción remanente (5 y 6) tienen, en general, un menor SM que los métodos 3 y 4. El método 3 produjo un menor SM que el método 4 lo que indica que las relaciones entre los parámetros encontrados por Ferris (1981) no son adecuados para el grupo de vacas estudiadas, de modo que es necesario calcular las correlaciones entre parámetros de las curvas de lactancia en un intento por reducir el sesgo producido. El método 3, aunque produjo un sesgo mayor que los métodos 5 y 6, y un sesgo similar al 1 y 2, tienen la ventaja de que utiliza una sola medición.

Tanto en el método 1 como en el 2, el sesgo disminuyó conforme la lactancia progresó. Esta tendencia también fue encontrada por Miller et al. (1972b) y por Wiggans y Van Vleck (1979). Esto es de esperarse debido a que estos métodos utilizan información más cercana a los 305 días.

En el método 4, el SM incrementó conforme aumentó la producción diaria; es decir, que el SM es mayor en las etapas donde se presenta el pico de producción (etapas 4 y 5). El sesgo producido por este método en las primeras dos etapas es menor que

los producidos por el método 1 y 2; pero a partir de ese momento, el sesgo fue mucho mayor.

Schaeffer et al. (1977) encontraron que los factores multiplicativos y de regresión producían un sesgo negativo, mientras que por el método no lineal propuesto, el sesgo fue positivo cuando se hicieron las proyecciones con información antes de los 60 y 210 días; pero cuando se hicieron antes de los 30 días, los 3 métodos fueron similares.

Miller et al. (1972b) y Appleman et al. (1969) encontraron sesgos positivos. Congleton y Everett (1980a) encontraron que utilizando el modelo de gama incompleto, con 4 mediciones mensuales y un largo de lactancia de 90 a 105 días, se produjo un sesgo positivo de 145 kg.

En la etapa 1 se presentaron los valores más grandes de RCME en todos los métodos (cuadro 19). En el método 4 se observan los valores más grandes en todas las etapas; en cambio, en el método 5 se presentan los valores menores. El método 6 produjo unos valores de RCME ligeramente mayores que el método 5, e inferiores a los demás, mientras que el método 3 produjo un RCME inferior a los métodos 1 y 2, llegando a ser similar a partir de la fase 7.

Schaeffer et al. (1977) indicaron que el método multiplicativo y el método no lineal producen un error de predicción similar y, además, el valor aumentó al disminuir el largo de la lactancia. El valor obtenido del error estándar de predicción no es, en todos los casos, mayor a 700 kg.

Congleton y Everett (1980a) también encontraron que la RMCE disminuyó conforme se incluyó más información. Cuando sólo se incluyeron 4 mediciones se produjo un valor de 2420 kg, que es

CUADRO 19. RAIZ CUADRADA DEL CUADRADO MEDIO DEL ERROR DE LA DIFERENCIA ENTRE LA PRODUCCION PROYECTADA Y LA PRODUCCION REAL

FASE	METODO DE PROYECCION					
	1	2	3	4	5	6
1	1761	1770	1143	3529	931	975
2	1007	1035	1091	2258	730	736
3	978	979	1146	2557	815	807
4	960	966	721	1639	773	784
5	806	843	746	2582	635	641
6	769	770	478	1355	597	619
7	794	804	831	1750	598	602
8	750	742	738	1824	527	536
9	601	556	532	1394	429	454

muy superior a lo producido por el método 1 y 2 y similar al método 4. Cuando se incluyeron 7 mediciones, disminuyó a 700 kg; y con 10 pesajes, a 183 kg.

Los valores de correlación entre la producción proyectada y la real, incrementaron al aumentar la fase de la lactancia (cuadro 20). En la primera fase las correlaciones obtenidas por el método 1 y 2 fueron bajas; en cambio, el método 3 es el que produjo la mayor correlación (.7) seguido del método 4 (.68). Los métodos 3 y 4 fueron los únicos que mostraron un descenso en la correlación al incrementarse las fases, la cual llega a un mínimo en la fase 3 ($r=.53$ y $.49$, respectivamente). Después se tuvo un incremento hasta que, en la fase 6, se alcanzó el máximo valor (.88 y .87 para el método 3 y 4, respectivamente). El método 5 y 6 produjeron, en general, una correlación mayor que en los demás procedimientos.

Van Vleck y Henderson (1961 b,d) estimaron la correlación entre el valor proyectado y el real, por mes, en forma individual y acumulada. El procedimiento de proyección utilizado fue una regresión simple con y sin tomar en cuenta el efecto del hato. Las correlaciones encontradas, en general, fueron ligeramente superiores que para los métodos 1 y 2; similares para el 3 y 4; y ligeramente inferiores para los métodos 5 y 6 del presente estudio

En base al análisis del sesgo medio, de la raíz cuadrada del cuadrado medio del error y de la correlación entre el valor proyectado y el real, se concluye que el método 5, el cual es una modificación al propuesto por Wiggans y Van Vleck (1979), es el mejor, aunque para ello se requiera de contar con la información

**CUADRO 20. COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE LA PRODUCCION
PROYECTADA A LOS 305 DIAS Y LA PRODUCCION REAL**

FASE	METODO DE PROYECCION					
	1	2	3	4	5	6
1	.24	.25	.70	.68	.64	.60
2	.58	.57	.57	.52	.74	.73
3	.65	.66	.53	.49	.74	.73
4	.64	.65	.70	.69	.73	.72
5	.78	.77	.87	.84	.85	.85
6	.75	.76	.88	.87	.85	.84
7	.76	.76	.82	.81	.86	.86
8	.77	.78	.79	.75	.89	.88
9	.85	.87	.85	.86	.92	.92

de la producción acumulada previa. Y en el caso de que se cuente con sólo una medición en los primeros 75 días, el método 3 es una buena alternativa.

CONCLUSIONES

Aunque las estimaciones de heredabilidad para la producción de leche acumulada a los 75 días y de la producción remanente de leche fueron bajas, es posible lograr un avance genético directo e indirecto sobre PREM.

La correlación genética entre la producción a los 75 días y la remanente fue considerable (.54), lo que garantiza que al seleccionar animales con registros parciales de producción, la respuesta correlacionada sea positiva.

Con el propósito de incrementar la precisión de la proyección de leche a 305 días, obliga a utilizar factores y modelos de predicción para cada grupo de vacas dependiendo de su edad y época en que da inicio su lactancia.

Los modelos de regresión utilizados producen los menores valores de sesgo medio y raíz cuadrada del cuadrado medio del error, así como las mayores correlaciones entre la producción proyectada y la real.

Los factores multiplicativos subestiman la producción de leche, mientras que los modelos de regresión y los procedimientos que utilizan la ecuación de Wood, la sobreestiman.

El mejor método de proyección fue la regresión que estima la producción remanente, el cual es una modificación al propuesto por Wiggans y Van Vleck (1979). Este método tiene como inconveniente el requerir la producción de leche acumulada previa.

Cuando sólo se cuenta con una medición de leche en los primeros 150 días, el procedimiento que utiliza el modelo de Wood

y que considera los parámetros b y c como constantes, es una buena opción para la proyección de leche.

LITERATURA CITADA

- Abubakar, B.Y., R.E. McDowell, L.D. Van Vleck y E. Cabello. 1987. Phenotypic and genetic parameters for Holstein in Mexico. Trop. Agric. (Trinidad) 64: 23.
- Anderson, R.R., M.S. Salah, L.G. Sheffield y W.N. McKenzie Jr. 1984. Milk production and lactation curve of guinea pigs. J. Dairy Sci. 67:185.
- Angelov, M. y G. Susanin. 1979. Direct and indirect selection for milk production in Bulgarian Brown Cattle. 1.- Selection on 120 day part lactation. Animal Breeding Abstr 49:154.
- Appleman, R.D., D.S. Musgrave y R.D. Morrison. 1969. Extending incomplete lactation records of Holstein cows with varying levels of production. J. Dairy Sci. 52:360.
- Auran, T. 1973. Studies on monthly and cumulative monthly milk yield records. I. The effect of age, month of calving, herd and length of first test period. Acta Agr. Scan. 23:189.
- Auran, T. y J.C. Mocquot. 1974. études sur la production laitière des bovins. II. Intérêt des lactations partielles pour la sélection. a) étude critique de différentes méthodes d'estimation des productions totales a partir des résultats de lactation partielle. Ann. Génét. Sél. anim. 6:429.
- Ayala, F.J., J.M. Berruecos, C.G. Vázquez, E. Correo y J.V. Zepeda. 1976. Estimación del comportamiento reproductivo y la producción láctea en un hato de la raza Holstein en el trópico seco. Téc. Pec. Méx. 30: 95 (Resumen).
- Basant, S. y P.N. Bhat. 1978. Models of lactation curves for Mariana cattle. Indian J. Anim. Sci. 48:791.
- Baptist, R. 1972. Zur Hochvech nung von terllaktations bei Fürsen. Züchtungs-Kunde. 44: 265.

- Berruecos, J.M., C. Wilsey y M.A. Hidalgo. 1972. Pérdidas económicas por problemas reproductivos: I: Efecto del número de lactaciones y del período seco. Téc. Pec. Méx. 20:70.
- Cannon, C.Y., J.B. Frye Jr. y J.A. Sims. 1942. Predicting 305-day yields from short time records. J. Dairy Sci. 25: 991.
- Castillo Morales, A. 1970. Predicción de lactancias con un mínimo de días de pesadas en el año. Tesis Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Castro Gámez, H., H. Roman Ponce y J.M. Berruecos. 1972. Estimación de parámetros genéticos en un hato de ganado Holstein estabulado en clima subtropical Am (c). Téc. Pecuaria México. 20: 45.
- Cobby, J.M. y Y.L.P. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. Anim. Prod. 26: 127.
- Congleton, W.R.Jr. y R.W. Everett. 1980a. Error and bias in using the incomplete gamma function to describe lactations curves. J. Dairy Sci. 63: 101.
- Congleton, W.R.Jr. y R.W. Everett. 1980b. Application of the incomplete gamma function to predict cumulative milk production. J. Dairy Sci. 63: 109.
- Dhanoa, M.S. 1981. A note on an alternative form of the lactation model of Wood. Anim. Prod. 32: 349.
- Díaz, G.R., G. Regalado, C. Apodaca, R. Núñez y A. Tewolde. 1982. Índice de herencia de producción de leche provenientes de tres hatos Holstein en la Comarca Lagunera. XVI Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. 56 (Resumen).
- Distl, O. 1982. Genetic herd difference among German Simmental in Bavaria. Dairy Sci. Abstr. 44: 2.
- Draper, N.R. y H. Smith. 1981. Applied Regression Analysis Second Edition. John Wiley & Sons Inc. New York.

- Falconer, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. Second Edition Longman, Inc. New York.
- Ferris, T.A. 1981. Selecting for lactation curve shape and milk yield in dairy cattle. Ph.D. Thesis. Michigan State Univeristy.
- Gaines, W.I. 1927. Persistency of lactations in dairy cows. Ill. Agric. Exp. Stn. Bull. No. 288.
- Grossman, M., A.L. Kuck y H.W. Norton. 1986. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. J. Dairy Sci. 69:195.
- Harvey, W.R. 1956. Extension incomplete records to a 10 month basis. Mimeograph (sin publicar).
- Harvey, W.R. 1959. Problems to consider in determining appropriate extension factors for incomplete records. Mimeograph (sin publicar).
- Harvey, W.R. 1977. User's guide for LSML76. Mimeograph Ohio State University.
- International Bull Evaluation Service. 1986. Sire evaluation procedures for dairy production traits practiced in various countries. 1985. Bulletin No. 2. Department of Animal Breeding and Genetics. Uppsala. Sweden.
- Kellogg, D.W., S. Urquhart y A. de Ortega. 1977. Estimating Holsteins lactation curves with a gamma curve. J. Dairy Sci. 60: 1308.
- Kennedy, B.W., Gloria Sola y J.E. Moxley. 1978. Correction factors for first, second and last test day milk yields. Can. J. Anim. Sci. 58: 419.
- Keown, J.F., A.W. Everett, N.B. Empet y L.H. Wadell. 1986. Lactation curves. J. Dairy Sci. 69: 769.
- Keown, J.F. y L.D. Van Vleck. 1973. Extending lactation records in progress to 305 day equivalent. J. Dairy Sci. 56: 1070.

- Lamb, R.C. y L.D. McBilliard. 1960. Variables affecting ratio factors for estimating 305-day production from part lactation. J. Dairy Sci. 43: 519.
- Mainland, D.D. 1985. A note on lactation curves of dairy cows in Scotland. Anim. Prod. 41: 413.
- Mao, I.L., J.W. Wilton y E.B. Burnside. 1974. Parity and age adjustment for milk and fat yield. J. Dairy Sci. 57: 100.
- McDaniel, B.T., R.H. Miller y F.L. Corley. 1965. DHIA factors for projecting incomplete records to 305 day. Dairy Herd Improvement. Letter USDA ARS. 44: 164.
- McDowell, R.E., J.K. Camoens, D.G. St. Louis, E. Cabello F. y E. Christensen. 1975. Factors for standardizing lactation records made by Holstein-Friesians in Mexico for age and month of calving. AS/CAD. Mimeo 2-75.
- Miller, R.H., N.W. Hooven Jr., J.W. Smith, W.R. Harvey y M.E. Creegan. 1972a. Modified regression for estimating total lactation from part lactation yield. J. Dairy Sci. 55: 208.
- Miller, R.H., R.E. Pearson, M.H. Fohrman y M.E. Creegan. 1972b. Methods of projecting complete lactation production from part-lactation yield. J. Dairy Sci. 55: 1602.
- Montaldo Valdenegro, H. 1986. Informe de investigación de la sección de mejoramiento genético en el cálculo de lactancias. Memorandum 30-30/009 (1031). SMV. Febrero 20 de 1986. CAIT. Tizayuca, Hgo.
- Muñoz Osorio, M. 1979. Curvas de lactancia y persistencia de la producción láctea en ganado Holstein-Friesian del 10.-5 parto. Tesis licenciatura. F.M.V.Z., U.N.A.M. México.
- Nelder, J.A. 1966. Inverse polynomials, a useful group of multi-factor response functions. Biometrics. 22: 128.
- Neter J. y W. Wasserman. 1974. Applied Linear Statistical Models. Regression, Analysis of Variance and Experimental Designs. Richard D. Irwin. Inc. Homewood, Illinois.

- Nuñez, D.R., R. Regalado y A. Tewolde. 1982. Evaluación genética de la producción de leche en un hato Holstein' Prod. Anim.Trop. 8 : 74 (Resumen).
- Poutus, M. y J.C. Mocquot. 1973. Etudes sur la production laitiere des bovis. I. Note du correction du niveau d'etabte. Ann. Genét. Sél. Anim. 5: 211.
- Powell, L.R. 1983. Evaluation of Holstein Sires used in Mexico. Holstein Dairyman. 1:25.
- Robles Cabrera, A. 1972. Estimación de la producción láctea a través de diferentes métodos de muestreo. Tesis Licenciatura. F.M.V.Z. U.N.A.M., México.
- SAS Institute Inc. 1982. SAS User's Guide: Statistics. 1982 Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C. U.S.A.
- Schaeffer, L.R. y E.B. Burnside. 1976. Estimating the shape of the lactation curve. Can. J. Anim. Sci. 56: 157.
- Schaeffer, L.R., C.E. Minder, I. McMillan y E.B. Burnside. 1977. Nonlinear techniques for predicting 305-day lactation production of Holstein and Jerseys. J. Dairy Sci. 64: 1636.
- Schlote, W. 1973. Die Aufrechnung und verwendung unvollstangiger Farsen laktationen fur die Zurchtwetschatzung von Bullen. Z. fur V. Zucht. biol. 89: 265.
- Schmidt, G.H. y L.D. Van Vleck. 1976. Bases Cientificas de la Producción Lechera. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Schneeberger, M. 1981. Inheritance of lactation curve in Swiss Brown cattle. J. Dairy Sci. 64: 475.
- Searle, S.R. 1961. Part lactation. II. Genetic and phenotypic studies of monthly milk fat yield. J. Dairy Sci. 44: 282.

- Shanks, R.D., P.J. Berger, A. Freeman y E. Dickinson. 1981. Genetic aspects of lactation curves. J. Dairy Sci. 64: 1852.
- Shimizu, H. y S. Umrod. 1976. An application of the weighted regression procedure for constructing the lactation wive in dairy cattle. Japanese J. Zootech. Sci. 47: 733.
- Shook, G.E. 1975. Outline of the proposed factors for improving accurancy of DHI estimates of lactation yield. Presented at National DHI Computing Workshop. Seattle, Washington.
- Simon, W.N. 1987. Análisis comparativo de México con otros países. Seminario interno de actualización sobre producción, procesamiento, comercialización y consumo de leche en México. LICONSA, México.
- Sosa Ferreira, C.F. 1980. Estimación de índices de herencia y constancia para producción de leche y tipo en un hato Holstein del noroeste de México. Tesis Licenciatura. F.M.V.Z. U.N.A.M., México.
- Sugano, T., K. Watanabe, Y. Minesaki, T. Izumi, H. Saito, S. Okubo y K. Yokouchi. 1981. Phenotypic and genetic characteristics of parameters of lactation wive in dairy cattle. Dairy Sci. Abstr. 44:297.
- Syrstad, O. 1964. Studies on dairy herd records. I. Evaluation of incomplete records. Acta Agr. Scand. 14:129.
- Szkotnicki, W.D., A.K.W. Tong, K.M. Krotch, M.A. Sharaby, L.P. Johnson y L.R. Schaeffer. 1978. Maximum likelihood estimation of genetic parameters in Canadienne, Brown Swiss and Milking Shorthorn. Can. J. Anim. Sci. 58:271.
- Turner, Helen N. y S.S.Y. Young. 1969. Quantitative Genetics in Sheep Breeding. Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- Macaro, R. y C.R. Henderson. 1976. Economía de diferentes alternativas de prueba de progenie de toros lecheros. Memorias. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 11:44 (Resumen).

- Valencia, Z.M. 1970. Estudios sobre registros de producción láctea. Tesis Licenciatura. F.M.V.Z. U.N.A.M., México.
- Van Vleck, L.D. y C.R. Henderson 1961a. Estimates of genetic parameters of some functions of part lactation milk records. J. Dairy Sci. 44: 1073.
- Van Vleck, L.D. y C.R. Henderson. 1961b. Regression factors for extending part lactation milk records. J. Dairy Sci. 44: 1085.
- Van Vleck, L.D. y C.R. Henderson. 1961c. Ratio factors for adjusting monthly test day data for age and season of calving and ratio factors for extending part lactation records. J. Dairy Sci. 44: 1093.
- Van Vleck, L.D. y C.R. Henderson. 1961d. Use of part lactation records in sire evaluation. J. Dairy Sci. 44: 1511.
- Van Vleck, L.D. y C.R. Henderson. 1961e. Extending part lactation milk records by regression ignoring herd effects. J. Dairy Sci. 44: 1519.
- Villarreal, M. 1985. Analysis of the error variance-covariance matrix of first, second and third lactations in Mexican Holsteins. Ph.D. Thesis. Michigan State University.
- Vujicic. I. y B. Bacic. 1961. New equation of the lactation wive. Novi Scad. Anim. Sci. Agric. No. 5.
- Wadell, L.H. y Everett, R.W. 1970. Adjustment in sample day production. Animal Science. Mimeograph Series. No.9. Department of Animal Science. Cornell University.
- Wiggans, G.R. y Grossman, M. 1980. Factors for improving accuracy of estimate of test interval yield. Dairy Herd Improvement Letter. Vol. 56. No. 4. U.S. Department of Agriculture Science and Education Administration.
- Wiggans, G.R. y L.D. Van Vleck. 1979. Extending partial lactation milk and fat records with a function of last sample production. J. Dairy Sci. 62: 316.

- Wood, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature 216: 164.
- Wood, P.D.P. 1969. Factor affecting the shape of lactation curve in the cattle. Anim. Prod. 11: 307.
- Wood, P.D.P. 1970. A note on the repeatability of parameters of the lactation wive in cattle. Anim. Prod. 12: 535.
- Wood, P.D.P. 1974. A note on the estimation of total lactation yield from production on a simple day. Anim. Prod. 19: 393.
- Wood, P.D.P. 1976. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production with estimates of seasonal variation. Anim. Prod. 22: 35.
- Wood, P.D.P. 1977. The biometry of lactation. J. Agric.Sci. (Camb) 88: 333.
- Yadav, M.C., B.G. Katpatal y S.N. Kaushik. 1977. Study of lactation wive in Hariana and its Friesian crosses. Indian J. Anim. Sci. 47: 607.
- Yañez Morett, E.F. 1987. Efecto del número de parto, época de parto y nivel de producción en el hato, sobre la curva de lactancia de vacas Holstein en explotación intensiva. Tesis' Licenciatura. F.M.V.Z. U.N.A.M., México.
- Zuk, B., H. Filistowicz y L. Szyszkowski. 1982. Genetic parameters of milk and milk fat production and milk fat content in part lactation. Dairy Sci. Abstr. 44: 217.

APENDICE 1. ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DIARIA DE
LECHE EN LOS PRIMEROS 75 DIAS DE LA PRIMER
LACTANCIA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS
HATO	76	137.3 **
AÑO	4	1547.6 **
MES	11	129.2 **
EDAD	2	159.1 **
FREC. ORD.	1	1305.4 **
AÑO*MES	44	53.8 **
DIAS AL PRIMER PESAJE		
LINEAL	1	2431.6 **
CUADRATICO	1	1577.5 **
ERROR	3975	22.1

** P < .01

APENDICE 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PRODUCCION DE LECHE
POR DIA EN TODA LA LACTANCIA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS
ESTADO	11	493.4 **
HATO (ESTADO)	64	435.2 **
AÑO	4	5919.2 **
MES	11	581.2 **
FASE	15	3902.6 **
EDAD	2	236.0 **
FREC. ORDENO	1	5735.7 **
ERROR	14422	19.3

** P < .01

APENDICE 3. FACTORES MULTIPLICATIVOS CALCULADOS A PARTIR DE LAS
 MEDIAS MINIMO CUADRATICAS POR EPOCA PARA VACAS DE 20
 A 26 MESES DE EDAD AL PARTO

FASE DE LA LACTANCIA	EPOCA DE PARTO			
	1	2	3	4
1	15.702	14.603	14.873	15.192
2	10.067	9.517	9.717	9.926
3	7.173	6.983	7.034	7.276
4	5.669	5.513	5.582	5.736
5	4.669	4.539	4.613	4.763
6	3.944	3.879	3.906	4.045
7	3.042	3.007	3.078	3.106
8	2.273	2.265	2.303	2.330
9	1.828	1.833	1.873	1.876

APENDICE 4. FACTORES MULTIPLICATIVOS CALCULADOS A PARTIR DE LAS
 MEDIAS MINIMO CUADRATICAS POR EPOCA PARA VACAS DE
 27 A 30 MESES DE EDAD AL PARTO

FASE DE LA LACTANCIA	EPOCA DE PARTO			
	1	2	3	4
1	14.967	15.115	14.296	15.793
2	9.758	9.827	9.329	9.844
3	7.042	7.187	6.914	7.212
4	5.539	5.682	5.459	5.678
5	4.542	4.675	4.499	4.694
6	3.847	4.003	3.870	3.983
7	2.975	3.116	3.029	3.078
8	2.231	2.358	2.292	2.293
9	1.802	1.923	1.867	1.844

APENDICE 5. FACTORES MULTIPLICATIVOS CALCULADOS A PARTIR DE LAS
 MEDIAS MINIMO CUADRATICAS POR EPOCA PARA VACAS DE
 31 A 40 MESES DE EDAD AL PARTO

FASE DE LA LACTANCIA	EPOCA DE PARTO			
	1	2	3	4
1	14.487	13.358	12.703	15.412
2	9.258	8.671	8.675	9.945
3	6.726	6.416	6.351	7.230
4	5.294	5.035	5.116	5.676
5	4.340	4.203	4.253	4.719
6	3.728	3.557	3.670	4.015
7	2.866	2.785	2.912	3.097
8	2.169	2.125	2.249	2.340
9	1.759	1.495	1.846	1.880

APENDICE 6. FACTORES MULTIPLICATIVOS CALCULADOS A PARTIR DE LA
 ECUACION DE WOOD POR EPOCA PARA VACAS DE 20 A 26
 MESES DE EDAD AL PARTO

FASE DE LA LACTANCIA	EPOCA DE PARTO			
	1	2	3	4
1	16.431	14.450	15.084	16.548
2	10.361	9.433	9.848	10.551
3	7.497	6.987	7.289	7.688
4	5.851	5.546	5.782	6.026
5	4.790	4.600	4.790	4.948
6	4.050	3.933	4.091	4.195
7	3.104	3.071	3.171	3.217
8	2.311	2.306	2.380	2.392
9	1.856	1.864	1.915	1.914

APENDICE 7. FACTORES MULTIPLICATIVOS CALCULADOS A PARTIR DE LA
ECUACION DE WOOD POR EPOCA PARA VACAS DE 27 A 30
MESES DE EDAD AL PARTO

FASE DE LA LACTANCIA	EPOCA DE PARTO			
	1	2	3	4
1	15.677	14.259	14.645	16.524
2	9.971	9.285	9.599	10.453
3	7.258	6.868	7.127	7.579
4	5.691	5.448	5.666	5.921
5	4.676	4.517	4.704	4.851
6	3.970	3.862	4.024	4.107
7	3.054	3.003	3.127	3.146
8	2.285	2.269	2.355	2.340
9	1.841	1.838	1.900	1.876

APENDICE B. FACTORES MULTIPLICATIVOS CALCULADOS A PARTIR DE LA
ECUACION DE WOOD POR EPOCA PARA VACAS DE 31 A 40
MESES AL PARTO

FASE DE LA LACTANCIA	EPOCA DE PARTO			
	1	2	3	4
1	14.942	14.177	12.916	16.222
2	9.575	9.212	8.707	10.364
3	7.008	6.805	6.590	7.561
4	5.516	5.393	5.315	5.934
5	4.548	4.470	4.463	4.877
6	3.872	3.821	3.852	4.139
7	2.992	2.971	3.035	3.179
8	2.251	2.246	2.316	2.369
9	1.820	1.822	1.884	1.899

APENDICE 9. PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESION EMPLEADO POR EL METODO 5 PARA LA ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE LECHE REMANENTE PARA VACAS DE 20 A 26 MESES AL PARTO

EPOCA DE PARTO	PARAMETRO DEL MODELO				
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	195.9	93.85	-.322	13.07	-7.75
2	63.1	93.68	-.291	12.07	-6.68
3	-126.7	161.50	-.480	8.00	-3.19
4	331.0	187.40	-.687	5.79	-4.68

APENDICE 10. PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESION EMPLEADO POR EL
 METODO 5 PARA LA ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE
 LECHE REMANENTE PARA VACAS DE 27 A 30 MESES AL
 PARTO

EPOCA DE PARTO	PARAMETRO DEL MODELO				
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	188.3	110.8	-.364	14.45	-11.39
2	79.8	123.3	-.411	10.63	-4.33
3	-232.0	177.8	-.524	6.33	-1.21
4	168.0	97.8	-.315	15.23	-9.84

APENDICE 11. PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESION EMPLEADO POR EL
 METODO 5 PARA LA ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE
 LECHE REMANENTE PARA VACAS DE 31 A 40 MESES DE
 EDAD AL PARTO

EPOCA DE PARTO	PARAMETRO DEL MODELO				
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	76.0	125.6	-.396	11.560	-7.710
2	918.4	163.0	-.677	6.525	-7.040
3	-1358.5	166.3	-.181	7.690	-.123
4	43.7	87.3	-.275	16.700	-8.025

APENDICE 12. PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESION EMPLEADO POR EL METODO 6 PARA LA ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE LECHE REMANENTE PARA VACAS DE 20 A 26 MESES DE EDAD AL PARTO

EPOCA DE PARTO	PARAMETRO DEL MODELO			
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃
1	2313.6	145.5	-7.83	-.515
2	2223.2	143.7	-8.20	-.460
3	1410.6	188.2	-5.47	-.578
4	796.7	227.4	-2.09	-.835

APENDICE 13. PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESION EMPLEADO POR EL METODO 6 PARA LA ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE LECHE REMANENTE PARA VACAS DE 27 A 30 MESES DE EDAD AL PARTO

EPOCA DE PARTO	PARAMETRO DEL MODELO			
	B_0	B_1	B_2	B_3
1	2239.8	168.7	-7.34	-.610
2	2130.6	159.0	-7.38	-.518
3	1347.5	188.3	-5.41	-.555
4	2621.6	152.2	-9.38	-.497

APENDICE 14. PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESION EMPLEADO POR EL
 METODO 6 PARA LA ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE
 LECHE REMANENTE PARA VACAS DE 31 A 40 MESES DE
 EDAD AL PARTO

EPOCA DE PARTO	PARAMETRO DEL MODELO			
	B_0	B_1	B_2	B_3
1	2000.4	163.9	-7.50	-.521
2	1709.5	186.0	-4.76	-.699
3	938.0	168.0	-7.54	.187
4	3886.0	109.6	-12.60	-.405

COPYSET

Tesis en 24 horas

LIBROS, FOLLETOS Y MECANOGRAFIA EN IBM
MAQUILA EN OFFSET, MASTERS
CALIDAD CUMPLIMIENTO Y PRECIO

Agustín Quijano Pérez

Cuba 90 Desp. 22
México, D. F. 06010

Tel. 518 40-38