

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DE LA PRODUCCION DE LECHE Y
REPRODUCCION EN UN HATO DE VARIOS GRUPOS RACIALES
EN EL SALVADOR

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de
la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiarum

VICENTE G. LEON VITERI

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Turrialba, Costa Rica

1979

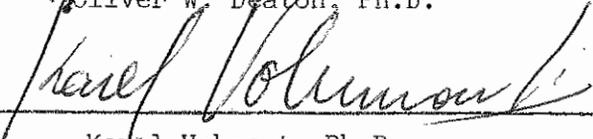
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE
como requisito parcial para optar el grado de

Magister Scientiae

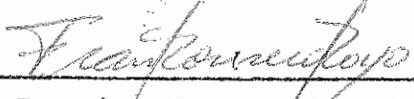
JURADO:



Oliver W. Deaton, Ph.D. Profesor Consejero



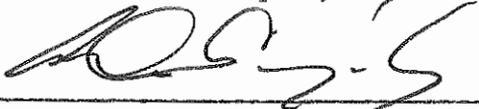
Karel Vohnout, Ph.D. Miembro del Comité



Francisco Romero, Mag. Sci. Miembro del Comité



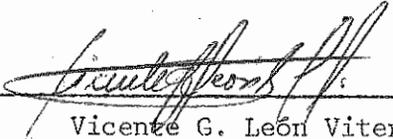
Gustavo Enríquez, Ph.D. Miembro del Comité



Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



Coordinador del Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica



Vicente G. León Viteri
Candidato

DEDICATORIA

Con todo cariño a mi esposa Mariana

A mis hijos Edwin y Elizabeth

A mi padre

A mis hermanos

A la memoria de mi madre

A mis amigos

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos

- Al Dr. Oliver W. Deaton, Consejero Principal, por su valiosa ayuda y orientación en el presente trabajo y por su amistad brindada durante mi estada en el Centro.

- Al Dr. Karel Vohnout, Miembro del Comité Consejero, por sus acertadas críticas y sugerencias al presente estudio.

- Al Ing. Francisco Romero, Miembro del Comité Consejero por su ayuda y amistad brindada durante mis estudios en el CATIE.

- Al Dr. Gustavo Enríquez, Miembro del Comité, por sus oportunas sugerencias al presente trabajo.

- Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador por el apoyo brindado para llevar a cabo mis estudios de posgrado.

- A mi esposa Mariana, por su comprensión y ayuda en el presente trabajo, así como por su constante apoyo durante mi estada en el centro de estudios de posgrado.

- Al Ing. Víctor Quiroga por su valiosa ayuda prestada al presente trabajo.

- Al personal del Centro de Computación del IICA, en especial al señor Manuel Zamora por su desinteresada ayuda.

- A la Dirección de Ganadería del Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador por las facilidades brindadas para la realización del presente estudio.

- A los Agrónomos Ernesto Ochoa y Francisco Mejía de la Oficina Regional N° 4 de Ganadería por su valiosa ayuda en la recolección de los datos.

- A mis compañeros y amigos que hicieron grata mi permanencia, por su amistad y solidaridad brindada.

BIOGRAFIA

El autor nació en Quito, Ecuador. Realizó sus estudios primarios en la Escuela "Eugenio Espejo" y el bachillerato en el Colegio Nacional "Juan Pío Montúfar".

Los estudios universitarios los realizó en la Facultad de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria, de la Universidad Central del Ecuador, graduándose como Ingeniero Agrónomo en 1973.

Ingresó al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador en el año de 1972; y a partir de 1973 hasta mediados de 1977 trabajó como investigador agropecuario en el Programa de Ganadería de Leche y Pastos de la Estación Experimental "Santa Catalina".

Becado por la misma Institución ingresó como estudiante graduado al Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Julio de 1977, obteniendo el título de *Magister Scientiae* en Octubre de 1979.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Producción de leche y eficiencia reproductiva en función de los factores ambientales	2
2.1.1 Producción de leche	2
2.1.2 Eficiencia reproductiva	4
2.2 Factores genéticos	5
2.2.1 Producción de leche	5
2.2.2 Eficiencia reproductiva	7
3. MATERIALES Y METODOS	8
3.1 Fuente de datos	8
3.2 Producción de leche	9
3.2.1 Análisis estadístico	9
3.2.2 Índice de herencia (h^2) para la producción de leche	10
3.2.3 Índice de constancia para la producción de leche	13
3.3 Regresiones y correlaciones entre edad al parto, peso metabólico y producción de leche	14
3.4 Estimación de parámetros de eficiencia reproductiva ...	14
3.4.1 Edad al primer parto (EEP) e intervalo entre partos (IEP)	14
3.4.2 Análisis estadístico	14
3.4.3 Índice de herencia y de constancia para inter- valo entre partos (IEP) e índice de herencia para producción de leche de la primera lactan- cia	15

	<u>Página</u>
4. RESULTADOS Y DISCUSION	16
4.1 Producción de leche	16
4.1.1 Producción de leche por lactancia según el año y estación de parto	16
4.1.2 Producción de leche según los grupos raciales ..	19
4.1.3 Producción de leche de acuerdo a los padres	21
4.1.4 Producción de la primera y de todas las lactancias	23
4.1.5 Producción de leche en función de la edad y el peso metabólico al parto	24
4.1.6 Producción de leche por unidad de peso metabólico en función de la edad.....	32
4.1.7 Estimación de parámetros genéticos	35
4.1.7.1 Índices de herencia para producción de leche (h^2)	35
4.1.7.2 Índices de constancia (R) para producción de leche	37
4.2 Comportamiento reproductivo	38
4.2.1 Edad al primer parto (EIP)	38
4.2.2 Intervalo entre partos (IEP)	44
4.2.3 Índices de herencia para IEP	48
4.2.4 Índices de constancia (R) para IEP	49
5. CONCLUSIONES	50
6. RESUMEN	52
7. SUMMARY	54
8. LITERATURA CITADA	56
9. APENDICE	64

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1.	Análisis de varianza y componentes de varianza para estimar índices de herencia de producción de leche	11
2.	Producción de leche por lactancia según el año de parto	18
3.	Promedio de producción de leche por lactancia por grupo racial	20
4.	Producciones de leche de la primera y de todas las lactancias por grupo racial	23
5.	Coefficientes de regresión múltiple cuadrática entre edad, peso metabólico y producción de leche en los diferentes grupos raciales	25
6.	Coefficientes de regresión estandarizados de las funciones obtenidas en los grupos raciales 3Hc y Hbc ..	28
7.	Coefficientes de regresión estandarizados en base de todas las lactancias de los diferentes grupos raciales	31
8.	Coefficientes de regresión cuadrática (intraclase) entre producción por unidad de peso metabólico y edad	34
9.	Índices de herencia para producción de leche	36
10.	Índices de constancia para producción de leche en los diferentes grupos raciales	37
11.	Edad al primer parto de los diferentes grupos raciales	41
12.	Promedio de intervalo entre partos por año de parto	44
13.	Promedio de intervalo entre partos por grupo racial	46

<u>Cuadro Nº</u>		<u>Página</u>
14.	Indices de herencia para IEP	48
15.	Indices de constancia para IEP en los diferentes grupos raciales	49
APENDICE		
A1	Composición de concentrado para vacas lecheras	65
A2	Promedios de producción de leche por lactancia por estación (todos los grupos raciales combinados)	66
A3	Producción de leche por grupo racial de acuerdo a la estación de parto (kg lactancia)	67
A4	Análisis de varianza de la producción de leche para todas las lactancias (modelo simple)	68
A5	Análisis de varianza para producción de leche (modelo con interacción Año x Estación)	69
A6	Análisis de varianza de la producción de leche en todas las lactancias (modelo con estación/años).....	70
A7	Análisis de varianza para edades al primer parto ...	71
A8	Análisis de varianza para intervalo entre partos (IEP)	72
A9	Indices de herencia para producción de leche en la primera lactancia	74
A10	Análisis de componentes de varianza para la determinación de los índices de herencia (h^2) para producción de leche en los grupos raciales	75
A11	Coefficiente de regresión estandarizados en los diferentes grupos raciales con base a 1273 lactancias con datos de producción, edad y peso metabólico	76
A12	Análisis de regresión intraclase en los diferentes grupos raciales	77
A13	Edad al primer parto, EIP, por año	78

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
A14	Intervalo entre partos por grupo racial de acuerdo a la estación de parto	80
A15	Análisis de componente de varianza para la determinación de los índices de herencia (h^2) para intervalo entre partos	81

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1.	Producción promedio por lactancia por año de parto y por estación	17
2.	Promedios de producción de leche por grupo racial y de acuerdo a la estación de parto	22
3.	Producción de leche en función de la edad y del peso metabólico en el grupo racial 3Hc	27
4.	Producción de leche en función de la edad y del peso metabólico en el grupo racial Hbc	30
5.	Producción de leche por kilogramo de peso metabólico en los grupos raciales HH y 3Hc (regresión intraclase)	33
6.	Promedios anuales de edad al primer parto	39
7.	Promedios de edad al primer parto según el grupo racial y la estación del año	43
8.	Intervalo entre partos en los grupos raciales	47
 <u>APENDICE</u>		
A1	Promedio de edad de las vacas según año del parto ...	73
A2	Promedios de intervalo entre partos según la estación y año de parto	79

1. INTRODUCCION

Las características relativas al desarrollo, producción de leche y reproducción son determinadas por las acciones de factores genéticos y factores ambientales. El ambiente está constituido por algunos factores como clima, nutrición, sanidad, manejo, suelo, agua y plantas, entre otros.

La productividad de los animales es afectada tanto directa como indirectamente por el clima. Algunos grupos raciales de origen europeo no se adaptan bien a las regiones tropicales a menos que sean cruzadas con ganado nativo o Cebú. En tales ambientes los híbridos de ganado europeo con Criollo o Cebú tienen producciones en muchos casos superiores a las producciones de las razas europeas y locales. Los problemas de la productividad pueden tener origen en: control deficiente de enfermedades y parásitos, capacidad genética de los animales, prácticas de manejo del ganado y de los pastos, nutrición animal, entre otros factores.

Se conoce que la producción de leche es susceptible a mejorar genéticamente y que responde a la selección. Sin embargo, en el trópico no se cuenta con suficiente información sobre razas, cruces y zonas ecológicas existentes y no se han tomado en cuenta algunos factores potencialmente importantes, como la producción en relación al peso de los animales y a la estación del año. Tampoco se tiene un buen conocimiento para decidir que composición racial o plan de cría se puede recomendar.

Con base en estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo es:

Desarrollar criterios y recomendaciones para la selección y manejo del ganado de leche en el trópico.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Producción de leche y eficiencia reproductiva en función de los factores ambientales.

2.1.1 Producción de leche

El ambiente desempeña un papel importante en la producción, pues más del 70% de la variación en los rendimientos por lactancia se debe a factores ambientales (60, 67, 81). Los factores ambientales que más influyen sobre la producción de leche son la alimentación, la sanidad y el clima. Un factor fisiológico importante es la edad de los animales, así como el efecto del hato. La producción tiende a aumentar con la edad del animal, hasta que éste alcanza su madurez, después tiende a disminuir ligeramente (23, 34, 72, 83, 84). Cada raza tiene su curva típica que es función de ⁽⁹⁾taza de madurez y crecimiento (68). El manejo y la alimentación que se les suministra a los animales es responsable del 30 por ciento de la variación en la producción (82, 83, 85).

En términos generales, temperaturas comprendidas entre 4,5° y 24°C no influyen sobre la producción lechera (74). Se ha determinado que la raza Holstein es la más afectada por las altas temperaturas, siguiéndola en orden la Pardo Suiza y la Jersey. Este es uno de los motivos por el cual los niveles de producción de las razas europeas en las zonas tropicales son inferiores a los de las zonas templadas (31). La raza Cebú no es mayormente afectada (25).

Varios investigadores (34, 38, 60, 64) han encontrado, dependiendo de las condiciones climáticas, un efecto significativo de la estación o de los meses de parto sobre la producción. En cambio otros no han

encontrado diferencias significativas (47, 52). Se ha determinado que el año de parto tiene efecto significativo sobre la lactancia correspondiente (1, 56, 59, 65), aunque en algunos casos se encontró que no hay efecto de años (47, 48, 84).

Los efectos climáticos son diferentes a los que ocurren por las modificaciones en manejo, alimentación y sanidad en la producción de leche en los hatos, por lo que no se pueden diferenciar claramente.

Las necesidades de nutrimentos para el mantenimiento, crecimiento y producción, dependen del tamaño y niveles de producción de los animales. En igualdad de condiciones, dentro de razas lecheras, las vacas grandes producen más leche que las más pequeñas (74). Las vacas mejor productoras de leche pierden peso o ganan muy poco durante el curso de la lactancia, mientras que las malas productoras tienen una pronunciada ganancia de peso (33). Esto dificulta evaluar las correlaciones entre peso corporal y producción de leche a menos que la edad y la etapa de lactancia de las vacas sean claramente definidas.

Se ha encontrado que a diferentes niveles de nutrición, las mayores producciones de leche a través de cuatro lactancias, no se obtienen bajo condiciones de sobrealimentación, ya que una mayor proporción de alimento es destinado al mantenimiento del animal (75). La longevidad puede también ser afectada negativamente por la sobrealimentación (75)

Un bajo nivel nutricional retarda la manifestación del primer estro en las novillas e incrementa la edad al primer parto (24); esto puede implicar una menor producción total de leche por la menor vida productiva de la vaca. Se estima que las vacas grandes pueden dar más leche no sólo por su tamaño, sino que ellas son mantenidas bajo mejores condiciones

de manejo que las vacas pequeñas (57). Sin embargo, el rendimiento de leche no aumenta en proporción directa al peso del cuerpo. Se ha observado que la producción de leche varía aproximadamente con el peso del cuerpo elevado a la potencia 0,73. Esto significa que un aumento de peso del 1%, corresponde a un aumento de sólo 0,7% en la producción de leche (73).

Con base en datos de primeras lactancias de vacas Holstein, se ha encontrado que el peso es más importante que la edad en la producción de leche (13). En otra investigación se ha encontrado lo opuesto para la Guernsey y la Jersey (27).

En términos generales, el peso corporal y la edad al parto estiman aproximadamente por partes iguales la variación en producción en la primera lactancia, mientras que en lactancias posteriores, el peso muestra ser más influyente que la edad (27, 33).

2.1.2 Eficiencia reproductiva

La reproducción es afectada bajo condiciones de ambientes desfavorables (70). La baja eficiencia reproductiva debido a un primer servicio retardado, celos falsos o múltiples servicios por concepción, continúan siendo el mayor problema en los hatos lecheros (77).

La edad al primer parto (EPP), aunque no es precisamente una medida del comportamiento reproductivo, afecta la eficiencia reproductiva de las vaquillas (59, 85), y se ha demostrado que retrasar la cubrición de las novillas hasta que sobrepasen una corpulencia y edad determinada, puede traer como consecuencia una deficiente conducta reproductiva durante el resto de su vida (76). El manejo y la alimentación en el período de crecimiento de estos animales, determinan en gran medida la edad al primer parto (14).

Las razas cebuínas muestran en el trópico una EPP de 42 a 50 meses (2, 40, 86). En las razas europeas se han encontrado una EPP de 27 a 38 meses (3, 6, 9). La Jersey varía entre 26 y 36 meses (1, 44, 70). En un estudio, Joviano y sus colaboradores (36), encontraron que un aumento de sangre Jersey por encima del nivel 3/4, sobre razas nativas, tiende a disminuir la EPP. En la Pardo Suizo la EPP en el trópico está entre 30 y 50 meses (6, 10, 40). Para Holstein se ha encontrado una variación desde 24 (12, 72) a 50 meses (49). Existe tendencia general de que las novillas de razas europeas alcanzan a menor edad que las razas cebuínas la EPP.

El intervalo entre partos (IEP) es el tiempo transcurrido entre un parto y el siguiente: está compuesto por el período de servicio más el período de gestación. En general, las razas cebuínas tienen intervalos entre partos (IEP) que varían entre 14 y 18 meses (6, 7, 28, 66). En el trópico húmedo, bajo las condiciones de Turrialba, la Jersey presenta un rango entre 11 y 14 meses (1, 9). Valores similares se encuentran en ganado Criollo (9, 51). En Pardo Suizo se reportaron valores entre 14 y 17 meses (6, 9). En Holstein se han encontrado valores de 14 a 18 meses (59, 65).

2.2 Factores genéticos

2.2.1 Producción de leche

Aproximadamente el 30% de la variación de la producción dentro de hatos de una misma raza se debe a factores genéticos (60). Entre los principales factores genéticos se encuentran los factores aditivos relacionados con la frecuencia de los genes y la heterosis (70). Para calificaciones

prácticas es más útil distinguir diferencias genéticas por grupo racial. La heterosis mide los efectos del cruzamiento y puede definirse como la diferencia entre los animales cruzados y el promedio de sus padres de raza pura (70). Para cambiar la frecuencia de los genes con la finalidad de mejorar la productividad de los hatos, se recurre a la selección; para realizar selección más efectivamente se requiere conocer los índices de herencia o heredabilidad, de la característica a mejorar. La heredabilidad se define en el sentido estrecho, como la fracción de la variabilidad observada debido a los efectos aditivos de los genes.

Las estimaciones típicas de valores de la "heredabilidad" o índice de herencia para producción de leche son del orden de 0,25 (18, 21, 74). Se han encontrado valores que fluctúan entre 0,027 y 0,71 (15, 22, 30, 34, 87). Estos valores muestran variaciones debido a hatos, razas, edad, número de observaciones, métodos de estimación, así como también de acuerdo con los niveles de producción de los rebaños donde se encuentran las razas.

Otro índice importante es el de constancia o repetibilidad. Representa el grado de asociación que se registra en lactancias sucesivas dentro de animales (18), y es usada para estimar fenotipos futuros. Consecuentemente sirve para fijar un criterio de selección en la fase de vida más conveniente.

Estimaciones de índices de constancia para la producción de leche presenta un valor promedio de 0,40 (6, 18, 56, 65, 74), con variaciones entre 0,03 (39) a 0,72 (28).

Al relacionar peso vivo y producción de leche y grasa en varias lactancias combinadas en vacas Holstein, se encontraron correlaciones

genéticas negativas (13, 33). Al ajustar el peso por la edad las correlaciones genéticas fueron positivas; entre hatos hubo un intervalo de 0,08 a 0,17 (27)

2.2.2 Eficiencia reproductiva

La influencia de los factores genéticos dentro de razas sobre las características de la eficiencia reproductiva es mínima (70), con heredabilidades cercanas a cero. El largo de gestación se considera prácticamente constante dentro de razas (61, 77), con pequeñas variaciones de acuerdo al sexo de la cría (50). Se ha encontrado que se alarga un día más cuando las vacas paren terneros machos (53, 54). Con relación al IEP, se ha estimado que la heredabilidad es virtualmente cero (20, 43). Estimaciones de heredabilidad de largo de gestación tienen valores cuyo intervalo está entre 0 y 0.70 (20). La mayoría de los valores de h^2 de largo de gestación varía entre 0,25 a 0,50

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Fuente de datos

La información utilizada en el presente estudio se obtuvo de los registros de producción y reproducción de la finca lechera "El Cañal" localizada en el Cantón Piedra Pacha, Departamento de San Miguel, El Salvador. Se encuentra a 80 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 26,7°C, máxima promedio de 35°C y mínima promedio de 21°C. La precipitación media anual es de 1700 mm, distribuída principalmente durante la estación lluviosa que comprende los meses de mayo a noviembre; la estación seca comprende de diciembre a abril, con ausencia casi completa de lluvias. La humedad relativa presenta un promedio de 70%.

Para esta investigación se contó con la información de partos producidos del 1º de enero de 1970 al 31 de diciembre de 1977, con sus subsecuentes producciones o intervalos, a saber:

460	Vacas con 1538 lactancias
374	edades al primer parto
1293	intervalos entre partos
1529	pesos metabólicos
1327	edades al parto

Las observaciones se hicieron en los grupos raciales Holstein, Pardo Suizo y mestizas de estas razas con Brahman y Criollo.

Los potreros están constituidos por mezclas forrajeras de Guinea

(*Panicum maximum*), Estrella Africana (*Cynodon Plectostachyus*), Pangola (*Digitaria decumbens*) y Transvala (*Digitaria decumbens* var. *transvala*).

La finca tiene sistema de riego de agua a los potreros por gravedad.

Las vacas se mantienen en rotación de potreros. Todas las vacas en producción reciben una ración suplementaria por día de 4,5 kg de concentrado por vaca/día, que tiene 77,5% de materia seca, 7% de proteína cruda y 2,14 Mcal de energía metabolizable por kg de materia seca (58). La inseminación de las vacas se realiza tanto con semen congelado importado como con semen extraído de sus propios toros y se utiliza la monta natural para las vacas con problemas de reproducción.

3.2 Producción de leche

Se consideraron como lactancias todas las producciones acumulativas con una duración mayor a 30 días, por eliminación no se consideran los días de las lactancias con más de 305 días. Se eliminaron del estudio las lactancias de las vacas con complicaciones patológicas en las ubres, las iniciales con aborto y las afectadas por enfermedades o accidentes graves.

3.2.1 Análisis estadístico

Para cada grupo racial se calculó la producción media y su desviación estándar. Dentro de los grupos raciales también se calculó la producción media por lactancia y su desviación estándar de acuerdo con la estación, año y estación dentro del año de parto. Los meses de la estación seca se consideraron desde diciembre a abril y los demás la estación lluviosa.

Para estimar los efectos de raza, padres, años, estación y la interacción año por estación sobre la producción de leche en general, se

empleó el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijkln} = M + R_i + P_j + A_k + S_l + (AS)_{kl} + E_{ijkln}$$

Donde:

Y_{ijkln} = una observación de la vaca n , del grupo racial i , del padre j , del año k , de la estación l .

M = Media general de la población

R_i = efecto de la raza i

P_j = efecto del padre j

A_k = efecto del año k

S_l = efecto de la estación l

$(AS)_{kl}$ = efecto de la interacción año por estación

E_{ijkln} = Error (factores no comprendidos en el modelo)

3.2.2 Índice de herencia para la producción de leche

El índice de herencia (h^2) se estimó para los grupos raciales Holstein (HH), 3/4 Holstein 1/4 Criollo (3 Hc), 1/2 Holstein 1/4 Brahman 1/4 Criollo (Hbc), Pardo Suizo (SS), 3/4 Pardo Suizo 1/4 Brahman (3 Sb), y 1/2 Pardo Suizo 1/4 Brahman 1/4 Criollo (Sbc), y el índice general utilizando los datos reales. No se determinó para 1/2 Brahman 1/4 Holstein 1/4 Criollo (Bhc) y "Varios" por falta de información en el primero y el segundo porque involucra varios subgrupos raciales.

Para el cálculo se utilizó el método de correlaciones intra-clase (agrupados dentro de padres) con descomposición de los componentes

de varianza, descrito por Becker (4), utilizando el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijkn} = M + T_i + H_{ij} + E_{ijkn}$$

Donde:

Y_{ijk} = una observación de la lactancia k , de la hija j del toro i

M = media general de la población

T_i = efecto del padre i

H_{ij} = efecto de la hija j dentro del toro i

E_{ijkn} = residuo debido al ambiente y desviación genética atribuible a los individuos.

El análisis de varianza que se utilizó y sus componentes de varianza se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis de varianza y componentes de varianza para estimar índices de herencia de producción de leche.

Fuente de Variación	G.L.*	Componentes de Cuadrados Medios (Esperados)
Entre toros	$T - 1$	$\sigma_{\ell}^2 + K_2 \sigma_H^2 + K_3 \sigma_T^2$
Entre hijas dentro de toros	$T(H - 1)$	$\sigma_{\ell}^2 + K_1 \sigma_H^2$
Lactancias dentro de hijas	$TH(\ell - 1)$	σ_{ℓ}^2

* G.L. = variables debido a números desiguales en las subclases.
(Grados de Libertad)

- T = número de toros
- H = número total de hijas
- ℓ = número de lactancias por hija
- K_1 = coeficiente determinado por el número de lactancias por hijas
- K_2 = coeficiente determinado por el número de lactancias por hijas
- K_3 = coeficiente determinado por el número de hijas dentro de padre
- σ_T^2 = componente de varianza toros
- σ_H^2 = componente de varianza de hijas de toros
- σ_ℓ^2 = componente de varianza de lactancias/vaca

El índice de herencia se calculó por la fórmula

$$h^2 = \frac{4\sigma_T^2}{\sigma_T^2 + \sigma_H^2 + \sigma_\ell^2}$$

El error estándar (EE) para el índice de herencia, se estimó según la fórmula de Swiger et al (80)

$$EEh^2 = 4 \sqrt{\frac{2 (n. - 1) (1 - t)^2 \{ 1 + (K_1 - 1) t \}^2}{K_1^2 (n. - S) (S - 1)}}$$

Donde:

- S = número de toros
- n. = número de lactancias total

K_1 = coeficiente determinado por el número de hijas dentro de padre

t = correlación intraclase, o sea $\frac{h^2}{4}$

3.2.3 Índice de constancia para la producción de leche

El índice de constancia (R) se estimó en todos los grupos raciales y combinado. El método utilizado fue el de correlaciones intraclase con descomposición de los componentes de varianza descrito por Becker (4) utilizando el modelo matemático anterior.

$$R = \frac{\sigma_H^2}{\sigma_H^2 + \sigma_L^2}$$

El error estándar (EER) para la estimación del índice de constancia, fue determinado mediante la fórmula de Swiger et al (80).

$$(EER) = \sqrt{\frac{s (n. - 1) (1 - R)^2 \{ 1 + (K_1 - 1) R \}^2}{K_1^2 (n. - V) (V - 1)}}$$

Donde:

V = número de vacas

$n.$ = número de lactancias total

σ_H^2 = componente de varianza de hijas

σ_L^2 = componente de varianza de lactancia dentro de vacas

K_1^2 = coeficiente determinado por el número de lactancias por vaca.

3.3 Regresiones y correlaciones entre edad al parto, peso metabólico y producción de leche

Se calcularon regresiones y correlaciones múltiples para estimar, en caso de que sean significativas, las curvas y predecir las tendencias, y los coeficientes estandarizados para cuantificar los efectos de las variables independientes sobre la dependiente. Para evaluar la relación que existe entre la edad al parto y la producción relativa (producción de leche por unidad de peso metabólico) se hicieron regresiones intraclase (dentro de vacas), en cada grupo racial.

3.4 Estimación de parámetros de eficiencia reproductiva

3.4.1 Edad al primer parto (EPP) e intervalo entre partos (IEP).

La edad al primer parto (EEP) se calculó por diferencia entre la fecha del primer parto menos la fecha de nacimiento, en días. El intervalo entre partos (IEP) se calculó por diferencia entre la fecha de un parto, menos la fecha del parto anterior. Se determinó el promedio y la desviación estándar de la EPP y del IEP por grupos racial y por estación y año de parto.

3.4.2 Análisis estadístico

Para detectar efecto de años y estaciones sobre cada una de las medidas de eficiencia reproductiva, se empleó el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijkl} = U + R_i + A_j + S_{jk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = una observación l , de la estación k , de la raza j ,
en el año i

U = media general de todas las observaciones

R_i = efecto de la raza i

A_j = efecto del año j

S_{jk} = efecto de la estación k dentro del año j

E_{ijkl} = error, o sea la desviación individual de la observación por los efectos A , R , y S .

3.4.3 Índice de herencia y de constancia para intervalo entre partos (IEP) e índice de herencia para producción de leche de la primera lactancia

El índice de herencia y de constancia para el intervalo entre partos y el índice de herencia para producción en la primera lactancia se determinaron utilizando el método de correlaciones intra-clase (clases según padres) con descomposición de los componentes de varianza, descrito por Becker (4), utilizando el mismo modelo matemático que se utilizó para estimar los índices de herencia y constancia para leche. Se determinó el índice de herencia y constancia para IEP en cada grupo racial y general.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Producción de leche

Para observar tendencias en la producción de leche se hicieron regresiones sobre edad, peso vivo y peso metabólico al parto. Como no se encontraron coeficientes de determinación (R^2) significativos y, de un 16% de las vacas no se conocían las fechas de nacimiento, los datos de producción de leche fueron evaluados con datos reales.

4.1.1 Producción de leche por lactancia según el año y estación de parto.

Según se puede observar en el Cuadro 2 la producción promedio de leche por lactancia de la finca "El Cañal" fue de 2670 ± 736 kg. La máxima producción de leche corresponde al año de 1970, encontrándose una tendencia descendente hasta 1976 (Figura 1) ocurriendo un aumento notable en 1977. Durante el período de descenso se nota que la producción disminuye al aumentar el número de vacas en ordeño. Estas producciones probablemente indican que durante el período de 1971 a 1976 hubo menos selección y más problemas de manejo, en contraste con los otros años.

El promedio del hato está dentro del intervalo observado (59) para condiciones tropicales. Aún cuando las dos estaciones climáticas en San Miguel son bien marcadas, se nota que no hay una tendencia definida entre estaciones dentro del año (Figura 1).

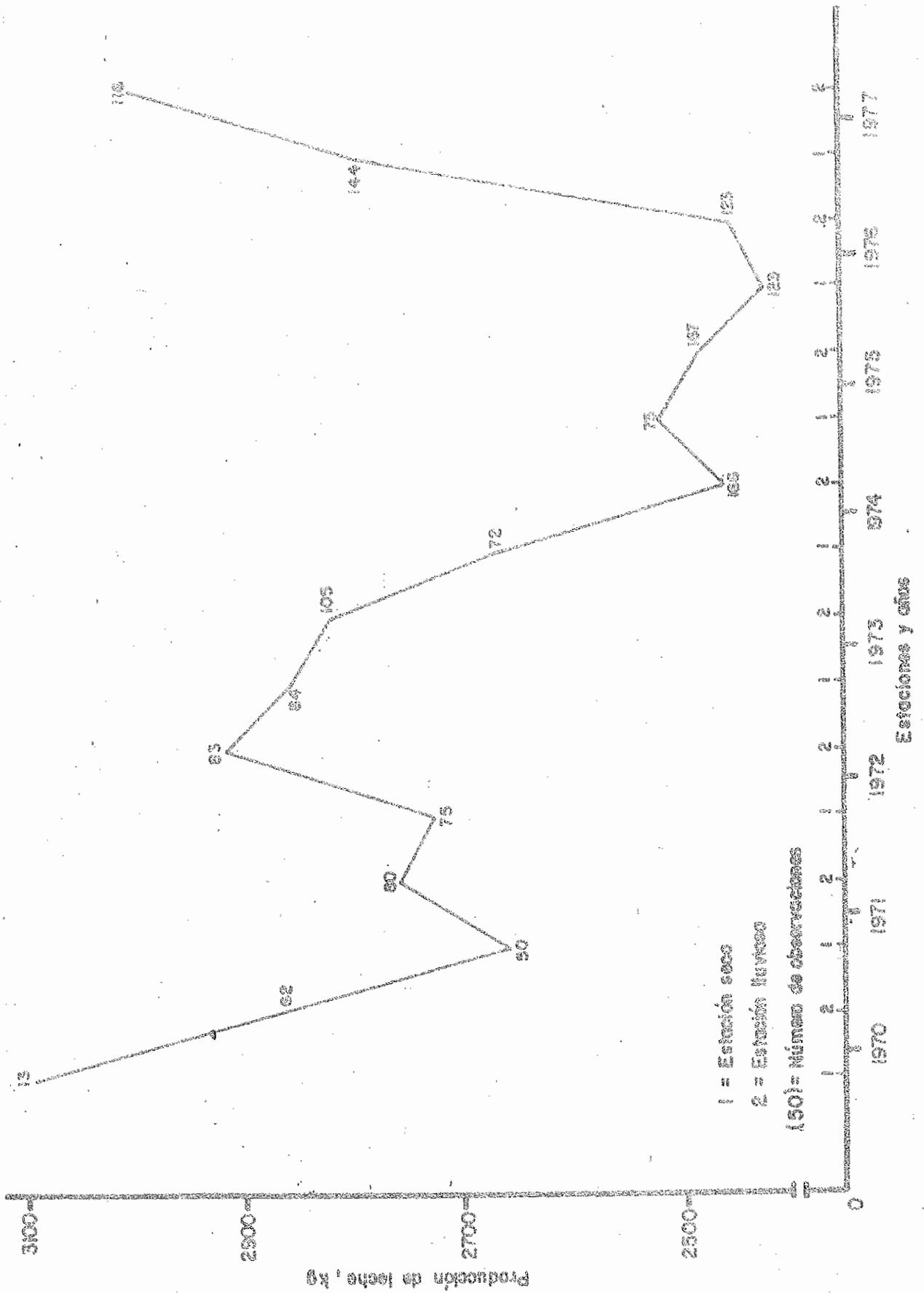


Fig. 1 Producción promedio por lactancia por año de parto y por estación

Cuadro 2. Producción de leche por lactancia según el año de parto

Años	Nº de Observaciones	\bar{X} kg	D.E.* kg
1970	75	2910	933
1971	130	2719	792
1972	158	2824	854
1973	189	2837	870
1974	238	2521	760
1975	242	2495	677
1976	246	2436	654
1977	260	2883	753
Total	1538	2670	736

* Desviación estándar

El análisis de varianza, demostró que hubo diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre años, pero no se encontró diferencias significativas de estaciones dentro de años. Sin embargo en estos resultados hay un traslape debido al hecho de que a la producción identificada con una estación dada corresponde parte de la siguiente estación.

Las producciones encontradas de acuerdo con los años de parto, indican que es factible lograr producciones de leche cercas a 3000 kg. Varias investigaciones (46, 56, 60, 65, 83) indican que las diferencias de producción a través de los años son generalmente más de origen ambiental antes que genéticas. Se observa que las producciones tuvieron una tendencia a bajar, a excepción de los dos últimos años en los que hay una subida rápida en la producción. Convendría observar el manejo y alimentación de las vacas en estos dos años y relacionarla con el mejoramiento en la producción.

4.1.2 Producción de leche según los grupos raciales

El Cuadro 3 muestra la producción de leche por grupo racial. Se encontró que los grupos Hbc, Sbc, HH, 3Hc y 3Sb presentan las mayores producciones, sin que sus promedios tengan diferencias significativas entre ellos, pero superiores ($P < 0,01$) a los grupos raciales SS, Varios y Bhc. Es importante anotar que los grupos Hbc y Sbc, tuvieron los promedios de producción más altos, lo que estaría indicando que es factible aumentar la producción de leche en esta zona, orientando los cruzamientos hacia estos grupos raciales por un lado y por otro utilizando inseminación artificial en las razas HH y SS. Los promedios más altos por estos grupos raciales (Hbc y Sbc), probablemente incluye manifestación del vigor híbrido.

Cuadro 3. Promedio de producción de leche por lactancia por grupo racial

Grupo Racial	Nº de Observaciones	Leche/lactancia kg		D.E.** kg
HH	118	2792	ab*	626
3Hc	276	2780	ab	779
Hbc	239	2836	a	740
SS	213	2618	b	710
3Sb	278	2723	ab	672
Bhc	85	2019	c	1010
Sbc	169	2816	ab	689
Varios	160	2312	d	954
Total	1538	2670		736

* Prueba de Duncan. Los promedios con la misma letra no difieren estadísticamente al nivel del 1%.

** Desviación Estándar

El análisis de varianza indica que hubo diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre razas, lo que puede explicarse en base a las diferencias en potencial genético y capacidad de adaptación de los diferentes grupos (9, 15, 37, 47, 88). En la Figura 2, se puede observar que solamente el grupo Bhc fue afectado notablemente por las condiciones de la estación seca. Los otros grupos raciales prácticamente no produjeron diferente en las estaciones lluviosas o secas, probablemente por la cantidad de suplemento de concentrados durante todos los meses del año, así como la disponibilidad de pasto verde en la época debido al sistema de riego que dispone la finca.

Resultados similares de producción de leche fueron encontrados por Perozo (65) en Holstein y, Bodisco y colaboradores (6) en ganado Pardo Suizo. Con varios cruces entre Holstein y Sahiwal en la India (88), se encontraron resultados muy similares de producción de leche a los presentes en los diferentes grupos de encaste con Holstein.

4.1.3 Producción de leche de acuerdo a los padres

El análisis de varianza muestra diferencias ($P < 0,01$) en las producciones por efecto paterno sobre la producción de leche, se observa también los efectos beneficiosos de ciertos padres permitiendo en caso de que los toros estuvieran vivos, el uso más intensivo de éstos como reproductores.

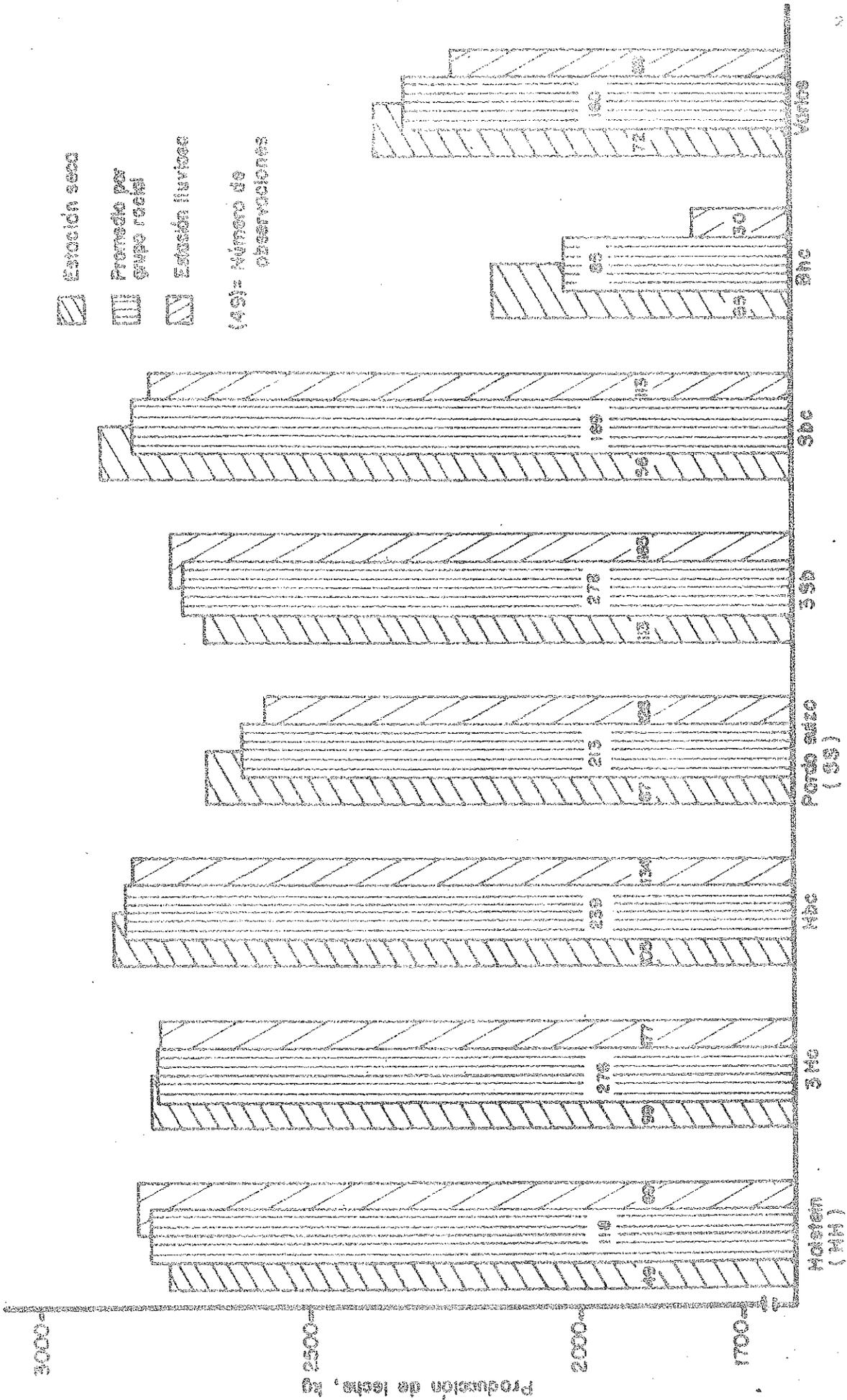


Fig. 2. Promedios de producción de leche por grupo racial y de acuerdo a la estación de parto

4.1.4 Producciones de leche de la primera y de todas las lactancias

En el Cuadro 4 se presentan los promedios de las producciones de leche de la primera lactancia y de todas las lactancias. La diferencia observada de producción entre las primeras lactancias y todas las lactancias, es probablemente porque durante el período en estudio, se observa que la edad promedio del hato ha ido aumentando, manteniéndose vacas viejas que producen menos. Se puede aumentar la producción del hato eliminando los animales más viejos y los que presentan problemas sanitarios que afectan su producción.

Cuadro 4. Producciones de leche de la primera y de todas las lactancias por grupo racial

Grupo racial	Primera lactancia		Todas las lactancias		Diferencia en producción %
	\bar{X} , kg.	Nº	\bar{X} , kg	Nº	
HH	2549	34	2792	118	8,7
3Hc	2545	55	2780	276	8,5
Hbc	2789	49	2836	239	1,7
SS	2325	59	2618	213	11,2
3Sb	2434	54	2723	278	10,6
Bhc	1889	17	2019	85	6,4
Sbc	2683	21	2816	169	4,7
Varios	1903	27	2312	160	17,7

Las diferencias entre los promedios de producción de la primera lactancia con todas las lactancias están cercanos a los obtenidos en otros estudios (6, 23, 76, 88), que indican que existe una diferencia en favor del promedio de producción de todas las lactancias frente a las primerizas.

4.1.5 Producción de leche en función de la edad y el peso metabólico al parto

En el Cuadro 5 se observan los valores de los coeficientes de regresión parciales para la relación producción en función de la edad y el peso metabólico y los valores de R^2 para los diferentes grupos raciales. Se puede notar una gran variación para los valores de los coeficientes de regresión (b) tanto en el componente lineal, como cuadrático y en la interacción. Las desviaciones estándar (sb) de los coeficientes, en muchos casos son mayores que los coeficientes. Sólo en los grupos raciales 3Hc y Hbc se encontraron coeficientes significativos. En el resto de grupos raciales, al considerar la desviación estándar y sus signos, al sumar o restar la desviación estándar del coeficiente respectivo puede suceder que el signo del coeficiente cambie por lo que el sentido de la curva dada por la función también cambia. Por ejemplo, en el grupo racial Bhc el valor de b_1 es de 0,062952 y de la desviación estándar (sb_1) es de \pm 0,371678. Si se suma b_1 más sb_1 resulta el valor 0,43463 el cual se mantiene positivo y el sentido de la curva no cambia; en cambio cuando se resta sb_1 de b_1 el resultado es igual a -0,308726, ha cambiado el signo del coeficiente por lo tanto también cambiará el sentido de la curva. Por

Cuadro 5. Coeficientes de regresión múltiple cuadrática entre edad, peso metabólico y producción de leche en los diferentes grupos raciales

Grupo Racial	b_0	b_1 Edad	b_2 Peso Metab.	b_3 Edad ²	b_4 Peso Metab. ²	b_5 Edad Peso Metab.	R^2 %
HH	923,596958	0,114221	-6,592981	-0,000054	0,021220	0,000719	5,9 ^{n.s.}
sb.		0,296197	10,855544	0,000029	0,040488	0,002131	
3Hc	1038,675829	0,400244*	-13,475248	-0,000039	0,065009*	-0,001601	11,7**
sb.		0,194749	7,839815	0,000023	0,031114	0,001485	
3Hb	-4244,880405	-0,457967	67,652372	-0,000002	-0,233890	0,003011	17,7 ^{n.s.}
sb.		0,520059	68,821504	0,000052	0,239093	0,003734	
Hbc	-565,359948	0,683046**	7,764879	-0,000007	-0,0000384	-0,004150**	11,9**
sb.		0,236256	8,910318	0,000021	0,034824	0,001682	
SS	-243,227286	0,366532	6,184102	0,000007	-0,007023	-0,002294	7,4**
sb.		0,254346	12,926492	0,000026	0,051277	0,002076	
3Sb	360,957910	0,276229	-1,838736	-0,000019	0,019879	-0,001256	5,8**
sb.		0,224170	10,450516	0,000020	0,038832	0,001551	
Bhc	602,919691	0,062952	-3,549044	-0,000030	0,008428	0,000660	3,2 ^{n.s.}
sb.		0,571678	14,658834	0,000052	0,051471	0,002531	
Sbc	1999,252598	0,298883	-22,650079	-0,000029	0,080974	-0,000899	5,5 ^{n.s.}
sb.		0,270625	21,574888	0,000018	0,077823	0,001898	
Varios	-1236,328259	0,252194	21,092073	-0,000021	-0,070773	-0,000731	5,7 ^{n.s.}
sb.		0,284193	20,941644	0,000035	0,069078	0,001906	

s.b. = error estándar del coeficiente b. Regresión múltiple cuadrática = $\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$

* (P < 0,05)
** (P < 0,01)

Donde: \hat{Y} = producción de leche
 X_1 = edad
 X_2 = peso metabólico

$b_0 \dots b_5$ = coeficientes de regresión

tal motivo sólo se consideraron para la descripción y análisis de los efectos y tendencias los dos grupos que tuvieron coeficientes significativos.

Los valores de R^2 en forma general son bajos, esto demuestra también la gran variabilidad de los datos considerados en este estudio. Estos valores de R^2 denotan que los valores de producción de leche (en función de la edad y del peso metabólico) presentan una gran dispersión de datos ("tiro de escopeta"), por lo que no permite dar una visión correcta de las tendencias en la producción. En los grupos raciales 3Hc y Hbc, a pesar de tener coeficientes de regresión significativos, la variabilidad de dichos coeficientes es alta para 3Hc, sb_1 y sb_4 tienen una variabilidad de 49 y 48%. Para Hbc, sb_1 y sb_5 tienen variabilidades de 35 y 41%.

En el grupo racial 3Hc los animales más pesados inician su producción a niveles más altos (Figura 3) que los animales de menor peso. Esta diferencia se va atenuando con el avance de la edad.

Según los valores de los coeficientes parciales estandarizados (Cuadro 6), el peso metabólico explica un 45% de la variación en la producción, la edad un 37,2% y la interacción el 17,8%. Por consiguiente, en este grupo racial la producción de leche está más influenciada por el peso metabólico que por la edad. En hatos holstein, Johansson (33) encontró que en lactancias posteriores el peso muestra ser más influyente que la edad sobre la producción de leche.

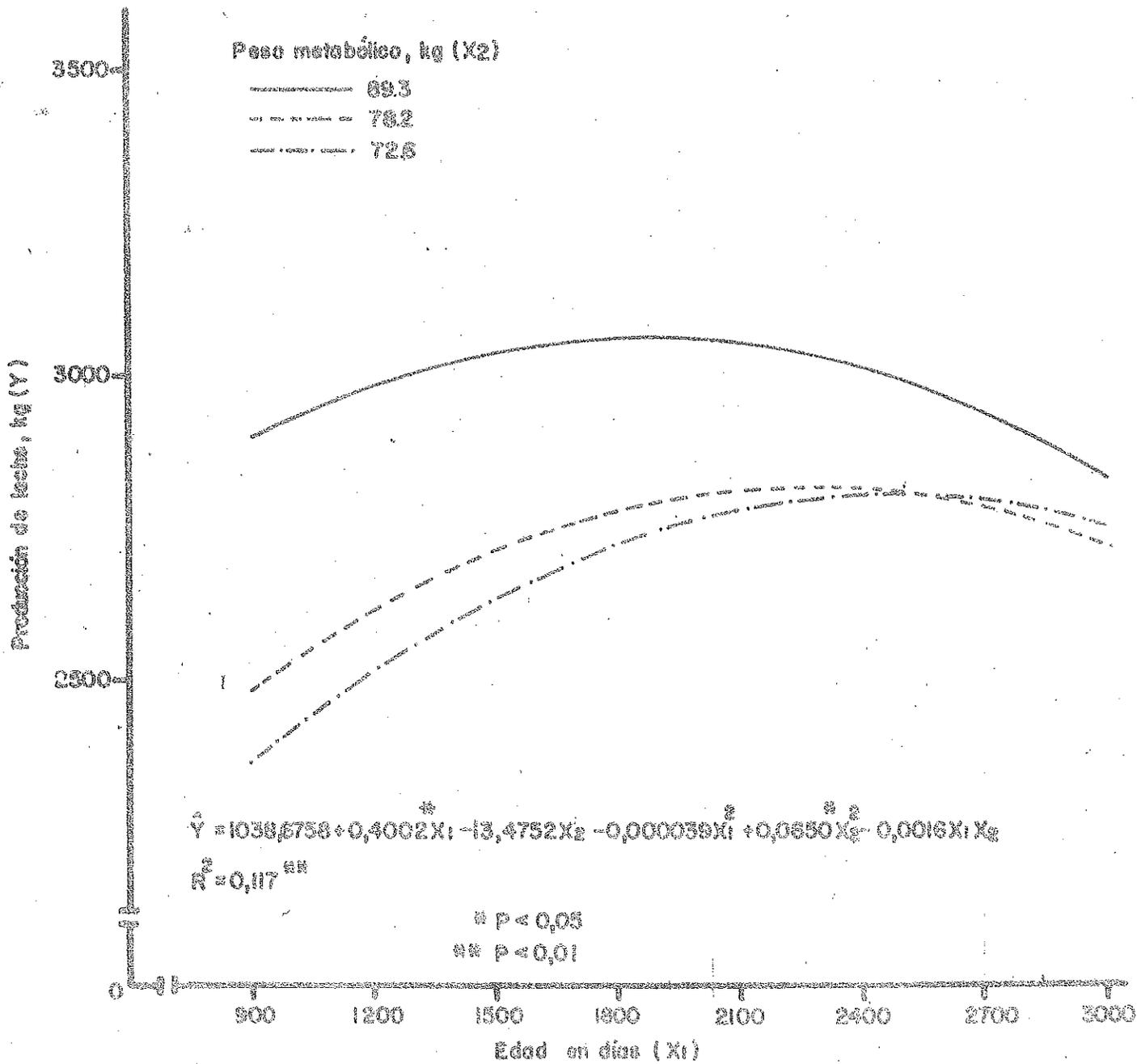


Fig. 3 Producción de leche en función de la edad y del peso metabólico en el grupo racial 3 Hc

Cuadro 6. Coeficientes de regresión estandarizados de las funciones obtenidas en los grupos raciales 3Hc y Hbc.

Grupo Racial	Variablen	Coeficientes de regresión estandarizad.	Porcentaje de variación (explicado)	Porcentaje de variación acumulado lineal más cuadrático
3Hc	Edad (E)	$b'_1 = .1,7836$	26,4	37,2
	Peso Metabólico (PM)	$b'_2 = -1,2814$	19,0	45,0
	$(E)^2$	$b'_3 = -0,7262$	10,8	
	$(PM)^2$	$b'_4 = 1,7570$	26,0	
	E x PM	$b'_5 = -1,1987$	17,8	17,8
Hbc	Edad (E)	$b'_1 = 2,9965$	41,4	43,4
	Peso Metabólico (PM)	$b'_2 = 0,8506$	11,8	12,0
	$(E)^2$	$b'_3 = -0,1422$	2,0	
	$(PM)^2$	$b'_4 = +0,0126$	0,2	
	E x Pm	$b'_5 = -3,2273$	44,6	44,6

En el grupo racial Hbc, los animales de menor peso metabólico inician su producción a niveles más bajos. Sin embargo, los animales de menor peso incrementan su producción conforme aumenta la edad sobrepasando a los animales más pesados. Esto se debe a una interacción significativa ($P < 0,05$) entre peso y edad (Figura 4). En este grupo racial la edad está explicando un 43,4% de la variación en la producción de leche (Cuadro 6), el peso metabólico está explicando un 12% y la interacción el 44,6%.

En el Cuadro 7 se puede observar los valores de los coeficientes de regresión parciales estandarizados acumulados de los grupos raciales. Estos resultados indican que el mayor porcentaje de la variación en la producción de leche es explicado por la edad ya que tuvo un mayor efecto en la variación, 56,3%. El peso metabólico explica un 10,1% de la variación en la producción. La interacción entre la edad y el peso metabólico explican un 33,6% de la variación en la producción de leche. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Farthing, citado por Johansson (33), quién estimó que la edad tuvo mayor efecto que el peso sobre la producción de leche.

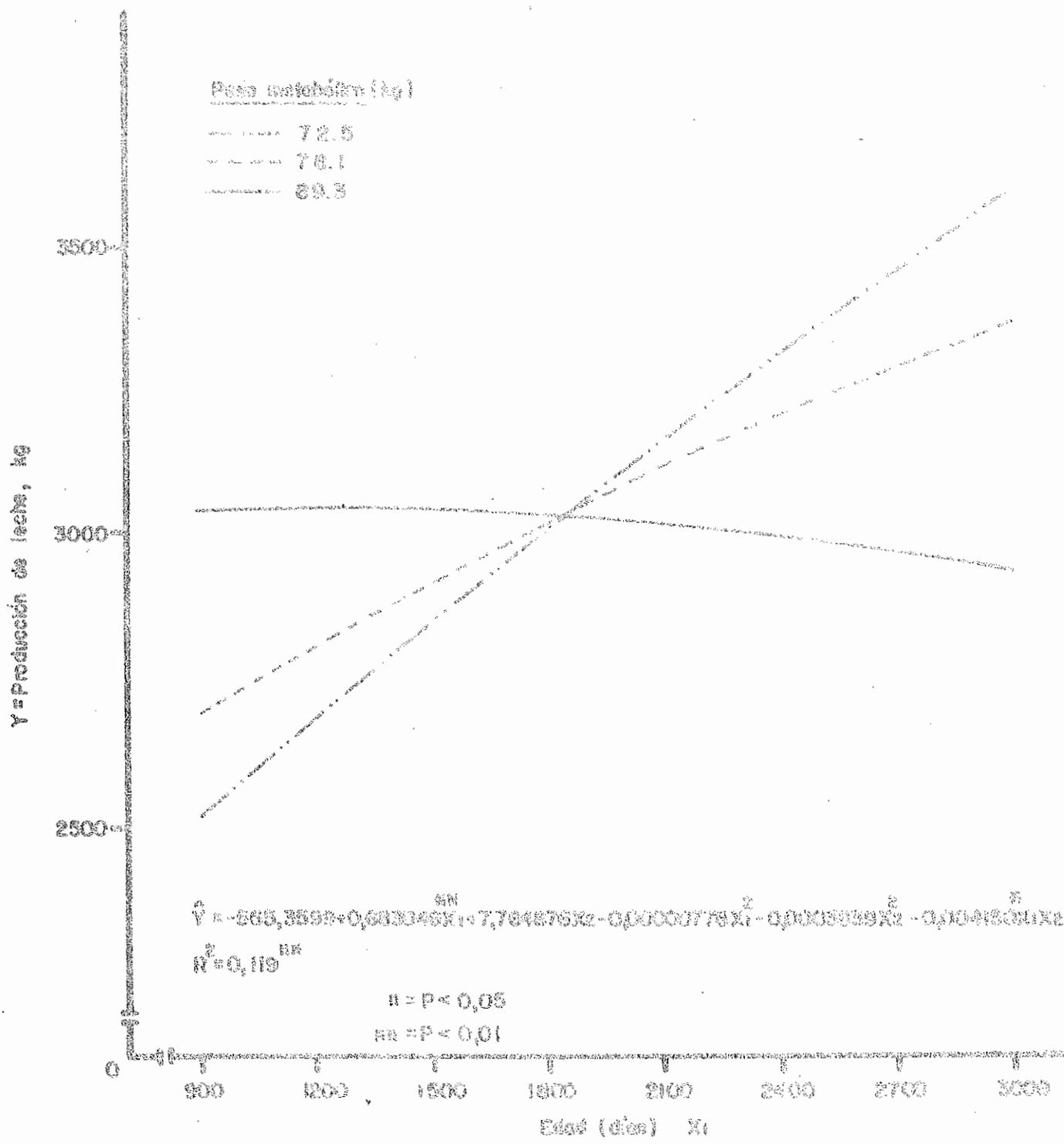


Fig. 4 Producción de leche en función de la edad y del peso metabólico en el grupo racial Nbc

Cuadro 7. Coeficientes de regresión estandarizados, en base de todas las lactancias combinado de los diferentes grupos raciales^{1/}

Variablen	Coeficientes de regresión estandarizados	Porcentaje de variación, % (explicado)	Porcentaje variación acumulado lineal más cuadrático
Edad (E)	$b'_1 = 1,44476$	44,4	56,3
Peso Metabólico (PM)	$b'_2 = -0,01114$	0,3	10,1
(E) ²	$b'_3 = -0,38665$	11,9	
(PM) ²	$b'_4 = 0,31657$	9,7	
E x PM	$b'_5 = -1,09254$	33,6	33,6

^{1/} 1273 lactancias con datos de producción de leche (en 10 lbs.) edad (en días) y peso metabólico en libras.

Según el Cuadro 7 se puede observar que bajo las condiciones de manejo, alimentación y grupos raciales involucrados en el presente estudio, la edad tuvo mayor efecto que el peso metabólico sobre la variación en la producción de leche.

4.1.6 Producción de leche por unidad de peso metabólico, en función de la edad

Como se puede observar en el Cuadro 8, los resultados obtenidos de las regresiones intraclase (dentro de vacas) por grupo racial, muestran valores de R^2 desde 1,1 hasta 14,4%. En algunos casos estos valores son mayores a los obtenidos con las regresiones múltiples cuadráticas definidas en el capítulo anterior, y en otros casos menores. Sin embargo, los dos análisis muestran valores de R^2 bajos. Esto es el resultado de la gran variabilidad de los datos de producción de leche considerados en estos análisis. A excepción de los grupos raciales HH y 3Hc, los coeficientes de regresión no resultaron significativos.

En la figura 5 se observan las curvas de las funciones obtenidas de dos grupos raciales HH y 3Hc. En estos grupos los coeficientes de regresión fueron significativos ($P < 0,01$) tanto para el efecto lineal como cuadrático. En el grupo HH, las vacas alcanzan mayores producciones iniciales que las del grupo 3Hc, aunque en etapas posteriores sucede lo inverso.

Se ha encontrado que en condiciones mejor controladas de alimentación, en vacas Holstein mantenidas bajo tres niveles nutricionales (bajo, 62%; medio, 100% y alto 146% de los niveles de alimentación de las normas de Morrison), la producción de leche por kg de peso metabólico prácticamente no fue afectada por la edad en los grupos de niveles medio y alto. Se nota sólo una ligera disminución en las primeras etapas de vida productiva en el grupo de nivel bajo (75). Esto contrasta con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el cual las curvas

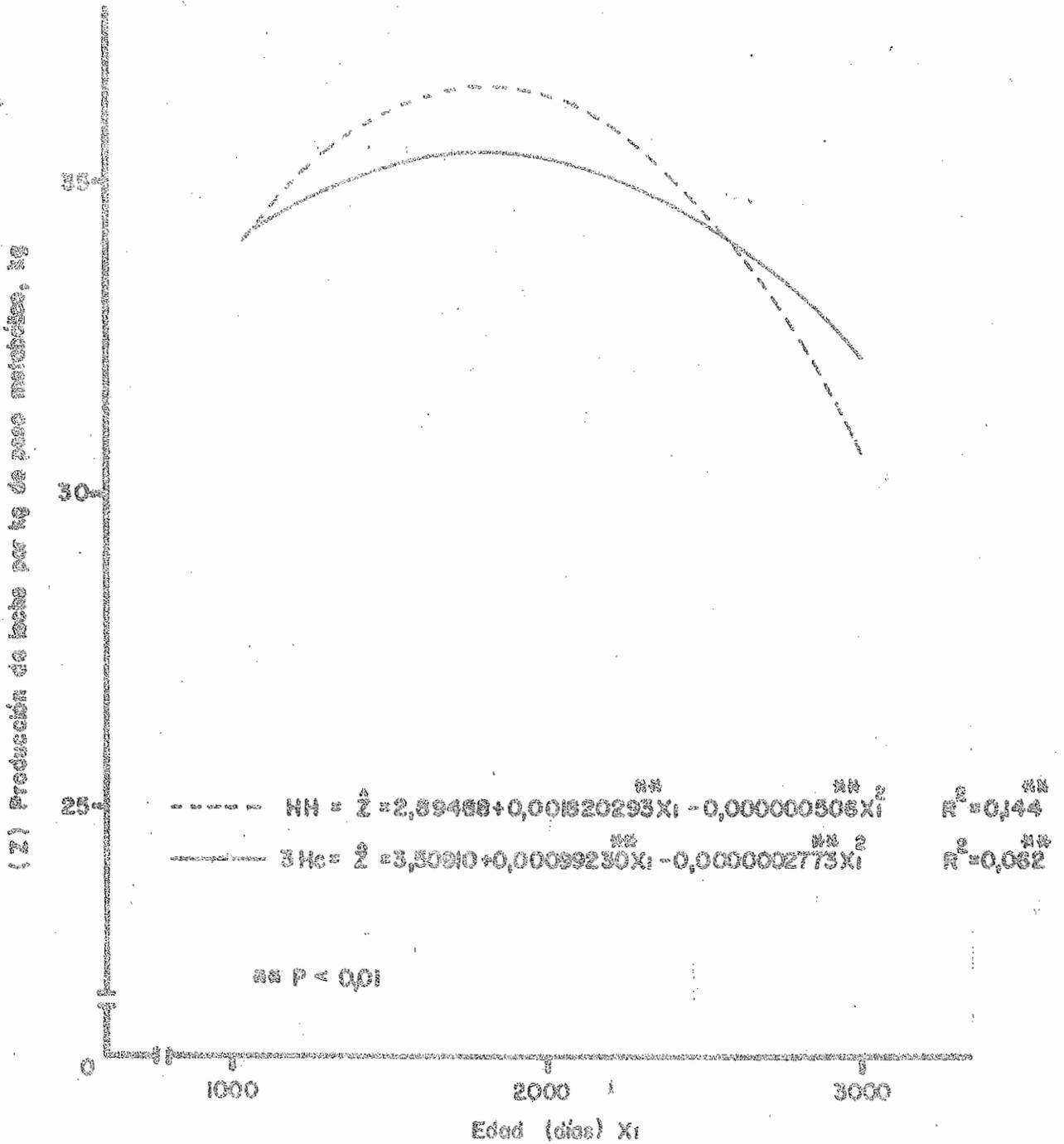


Fig. 5 Producción de leche por kilogramo de peso metabólico en los grupos raciales HH y 3Mc (regresión intraclass)

Cuadro 8. Coeficientes de regresión cuadrática (intraclase) entre producción de leche por unidad de peso metabólico y edad.

Grupo Racial	b_0	Edad b_1	Sb_1	Edad ² b_2	Sb_2	R^2 %
HH	2,89488	0,0018202**	0,0004928	-0,00000005067**	0,00000001257	14,4**
3Hc	3,50910	0,0009923**	0,0003708	-0,00000002773**	0,00000000896	6,2**
3Hb	4,05514	-0,0003076	0,0009350	0,00000001008	0,00000002226	1,8 n.s.
Hbc	4,20210	0,0004194	0,0004109	-0,00000001684	0,00000000973	5,2**
SS	3,62357	0,0004730	0,0003989	-0,00000001400	0,00000001003	1,2 n.s.
3Sb	3,73716	0,0006288	0,0003384	-0,00000002182*	0,00000000853	6,9**
Bhc	2,30884	0,0005464	0,0005517	-0,00000000837	0,00000001437	5,1 n.s.
Sbc	4,37048	0,0000979	0,0003665	-0,00000000764	0,00000000795	5,6*
Varios	2,77182	0,0004760	0,0005146	-0,00000000935	0,00000001262	1,1 n.s.

* (P < 0,05)

** (P < 0,01)

Regresión cuadrática (intraclase) $\hat{Z} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 S_1^2$

Donde: \hat{Z} = producción de leche/peso metabólico

X_1 = edad b_1 y b_2 = coeficientes de regresión

dadas por las dos funciones de las regresiones intraclase están mostrando que en edades avanzadas, la producción desciende con tasas decrecientes. Es importante anotar, sin embargo, que en el presente trabajo se contó con vacas con un mayor número de partos. Según estos resultados al realizar selección eliminando los animales viejos se podría aumentar la producción del hato, expresada por unidad de peso.

4.1.7 Estimación de parámetros genéticos

4.1.7.1 Índices de herencia para producción de leche (h^2)

Los índices de herencia tuvieron estimaciones distintas en varios grupos raciales (Cuadro 9), el intervalo fue desde negativo $-0,65 \pm 0,48$ hasta $0,37 \pm 0,43$. Los valores obtenidos de h^2 en los grupos raciales Hbc, SS y Sbc muestran valores que están dentro del intervalo de la mayoría de los indicados en la literatura (1, 6, 15, 35, 56, 65, 69). El índice de herencia, h^2 , de la producción de leche para todas las lactancias fue de $-0,10 \pm 0,55$. Este resultado se debe a la gran variabilidad ambiental principalmente por la alta diferencia de producción entre años y entre vacas. El método de estimación de h^2 por diferencia puede resultar en valores negativos.

Los valores del índice de herencia para producción de leche fueron comparados con 0,25 que viene a constituir un valor promedio de la heredabilidad (18, 21, 74), y no se encontraron diferencias significativas en ningún grupo racial ni con el índice combinado de los diferentes grupos raciales.

Cuadro 9. Índices de herencia para producción de leche

Grupo racial	Nº de observaciones	h^2	EE
HH	89	-0,65	0,48
3Hc	190	-0,01	0,16
Hbc	143	0,03	0,21
SS	171	0,17	0,30
3Sb	198	-0,52	0,56
Sbc	103	0,37	0,43
Combinado	894	-0,10	0,55

Los índices de herencia para producción de leche de las primeras lactancias en los diferentes grupos raciales se encontraron valores desde $-1,1 \pm 1,2$ hasta $1,9 \pm 1,1$. En este caso aparentemente la varianza debido a toros está enmascarada por efectos ambientales y no se detecta diferencia en toros, además el modelo no es suficientemente sensible para detectar las diferencias. Sólo en tres grupos raciales se pueden considerar valores que están de acuerdo con la mayoría de los índices encontrados en la literatura (22, 56, 68), los cuales son: $0,23 \pm 0,58$ para 3Hc; $0,18 \pm 0,66$ para Hbc y $0,63 \pm 0,59$ para el grupo SS. Sólo en el grupo 3Sb se detectó diferencia significativa ($P < 0,01$) en relación al valor promedio de heredabilidad. En los otros grupos raciales, los valores encontrados de heredabilidad no difirieron estadísticamente. Así mismo, no difirieron los valores combinados de heredabilidad, tanto para las primeras lactancias como para todas las lactancias.

Con base a estos resultados, se deben seguir usando los datos más confiables de la literatura, por lo cual se puede esperar que el mejoramiento genético puede resultar en progresos similares a los obtenidos en otras razas y zonas.

4.1.7.2 Índices de constancia (R) para producción de leche

La estimación del índice de constancia para leche por lactancia fue $0,35 \pm 0,04$. Los valores estimados para este índice variaron en los grupos raciales (Cuadro 10), desde un valor de $0,23 \pm 0,10$ hasta $0,45 \pm 0,08$. Tanto el valor del índice de constancia en el

Cuadro 10. Índices de constancia para producción de leche en los diferentes grupos raciales

Grupo racial	Nº de observaciones	R	EE
HH	89	0,43	0,14
3Hc	190	0,34	0,09
Hbc	143	0,33	0,13
SS	171	0,23	0,10
3Sb	198	0,45	0,08
Sbc	103	0,34	0,16
Combinado	894	0,35	0,04

hato en general, así como dentro de los grupos raciales, están en el intervalo de los valores encontrados en otros trabajos (1, 23, 48, 65).

Estos valores son relativamente altos en dos grupos raciales: HH y 3Sb, lo que nos indica una asociación apreciable entre las lactancias de la misma vaca.

Los valores de constancia encontrados en el presente estudio fueron comparados con el valor promedio de 0,40 que cita la literatura (6, 18, 56, 65, 74) para este índice, sin encontrar diferencias significativas. Esto implica que se puede hacer una selección suficientemente confiable en base a primeras lactancias.

4.2 Comportamiento reproductivo

4.2.1 Edad al primer parto (EIP)

El promedio de la edad al primer parto en la presente investigación fue de 1010 ± 135 días, esto se puede considerar común para ganado europeo en condiciones tropicales, donde el manejo y la alimentación de las vaquillas no es óptimo. Varios investigadores (22, 47, 65, 71, 76) han sugerido que se puede mejorar la EIP hacia valores reportados para HH y SS en zonas templadas, las cuales son generalmente más bajas (24 -27 meses). La EIP se puede disminuir con un manejo y alimentación adecuados.

En la Figura 6 se presentan los promedios de EIP distribuidos por año de parto, en donde se nota un incremento a partir de 1971 hasta 1977, casi lineal.

El análisis de varianza para edad al primer parto muestra diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre años. La diferencia entre el año 1971 y 1977 es de 286 días, lo que se puede considerar

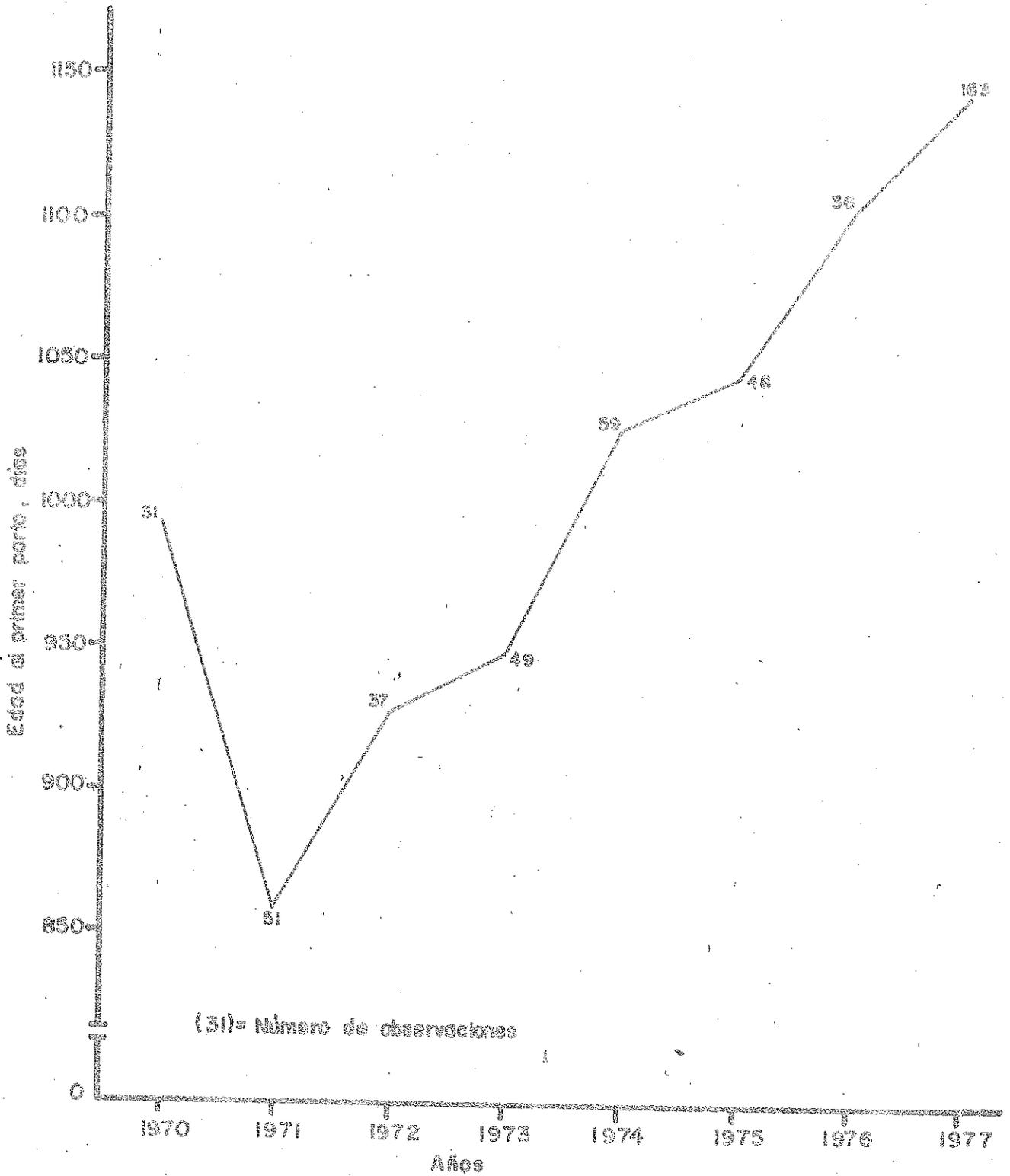


Fig. 6 Promedios anuales de edad al primer parto

alarmante en vista de las consecuencias económicas implicadas. De 1970 a 1973 la EIP tuvo un promedio de 924 días (30,4 meses), lo que indica que es factible lograr que las novillas tengan el primer parto antes de esta edad, con un buen sistema de crianza de terneras y novillas e inseminando a partir de los 17 meses de edad.

En el Cuadro 11 se muestran las edades al primer parto distribuidas por grupos raciales. Se puede apreciar que los grupos HH y SS tienen las EIP más atrasadas, siguiéndoles los grupos 3Hc, Hbc y 3Sbc. En el resto de grupos raciales no se apreciaron mayores diferencias, excepto para los grupos Bhc y Sbc. El análisis de varianza demostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los grupos raciales. El promedio de 1050 días de EIP para los grupos HH y SS indica que requieren 40 días más tiempo que la media para que estos dos grupos entren a la etapa productiva.

Cuadro 11. Edad al primer parto de los diferentes grupos raciales

Grupo racial	Nº de observaciones	EIP días		D.E.** días
HH	42	1050	a*	156
3Hc	64	1036	a	146
Hbc	62	1008	ab	153
SS	66	1050	a	202
3Sb	63	1002	ab	167
Sbc	28	941	c	172
Bhc	17	880	c	64
Varios	32	971	abc	182
Total	374	1010		135

* Prueba de Duncan. Los promedios con la misma letra no difieren estadísticamente al nivel de 1%.

** Desviación estándar

Los promedios de EIP de los grupos raciales Sbc, Bhc y Varios fueron iguales entre si, pero diferentes estadísticamente ($P < 0,01$) a los otros grupos raciales.

Los promedios de EIP reportados en el Cuadro 8 están dentro de los intervalos encontrados (2, 3, 5, 87) para condiciones de trópico.

Las estaciones dentro de años tuvieron efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la EIP (Figura 7), ya que en la época seca hay menor producción de pastos y la suplementación de los animales jóvenes es mínima, lo que demora el desarrollo de estos y consecuentemente la EIP.

El grado de traslape en EIP es menos amplia que en leche, en la cual la identificación de la estación está diluida, por lo que el efecto de estación es más notorio en EIP que en leche.

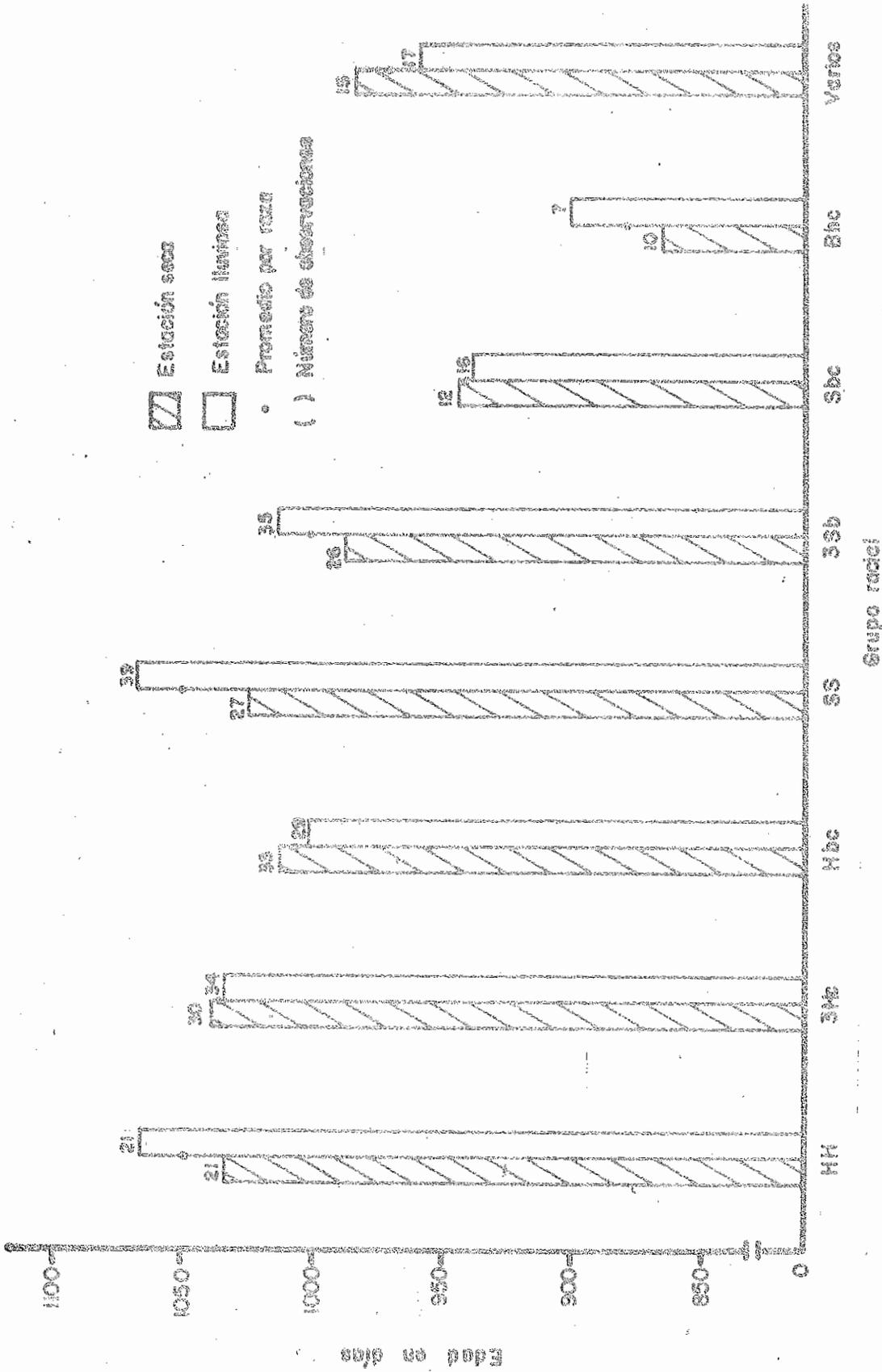


Fig. 7 Promedios de edad al primer parto según el grupo racial y la estación del año

4.2.2 Intervalo entre partos (IEP)

El intervalo entre partos promedio fue de 468 ± 137 días equivalente a 15,4 meses. Nótese que este valor es mayor a los 411 días considerado (15) como comportamiento reproductivo deficiente. La gran mayoría de los IEP presentados en varios trabajos bajo condiciones similares (6, 7, 9 17, 28, 65), son menores que los encontrados en el presente estudio. Este deficiente comportamiento reproductivo trae como consecuencia pérdidas económicas ya que implica mantener animales menos productivos.

Cuadro 12. Promedios de intervalos entre partos por año de parto

Años	Nº de observaciones	IEP días	D.E.* días
1970	74	459	142
1971	127	466	163
1972	150	516	192
1973	173	480	154
1974	221	468	132
1975	200	449	122
1976	190	462	125
1977	167	444	89
Total	1293	468	137

* Desviación estándar

En el Cuadro 12 se presentan los IEP distribuidos por años. Se aprecian que los mayores intervalos ocurrieron en los años 1970 a 1974 comparados con los de 1975 a 1977. La variación del IEP a través de los años, indica que es factible reducir el IEP de tal forma que se pueda lograr valores menores a los del año 1977, ya que se nota una cierta tendencia a ir disminuyendo a través de los años. En el análisis de varianza para IEP, se encontró que hubo diferencias significativas entre los años de parto. En algunos años en la época lluviosa presenta IEP más cortos, posiblemente porque la disponibilidad de forraje es mayor y el manejo y alimentación sean diferentes a la época seca, sin embargo no se encontró diferencias significativas de estaciones dentro de años.

El Cuadro 13 muestra los IEP de acuerdo con los grupos raciales. Se observa una acentuada diferencia entre los grupos HH, 3Hc, SS y 3Sb en relación a los cruces Hbc, Sbc, Bhc y Varios, siendo esto posiblemente una expresión de vigor híbrido. Los promedios de IEP para los varios grupos raciales muestran valores superiores, (Figura 8), a los presentados en otros trabajos (6, 7, 9, 17, 28, 65).

En el análisis de varianza, se encontró diferencias significativas ($P < 0,01$) entre los grupos raciales.

Cuadro 13. Promedio de intervalos entre partos por grupo racial

Grupo Racial	Nº de observaciones	IEP días	*	D.E.** días
HH	89	509	a	146
3Hc	219	498	a	152
Hbc	204	450	b	119
SS	183	489	ab	132
3Sb	240	478	ab	128
Sbc	149	439	b	90
Bhc	74	405	c	86
Varios	135	436	c	117
Total	1293	468		125

* Prueba de Duncan. Los promedios con la misma letra no difieren estadísticamente al nivel del 1%.

**Desviación estándar.

El grupo Bhc fue el que tuvo el intervalo más corto y, fue igual estadísticamente a los grupos Varios, Sbc y Hbc, y diferente ($P < 0,01$) a los otros grupos.

Debido que desde el punto de vista productivo y reproductivo los grupos raciales media sangre Holstein y Pardo Suizo se comportan mejor que los otros grupos raciales de la finca El Cañal, es aconsejable utilizar estas medias razas dentro de un programa de selección y

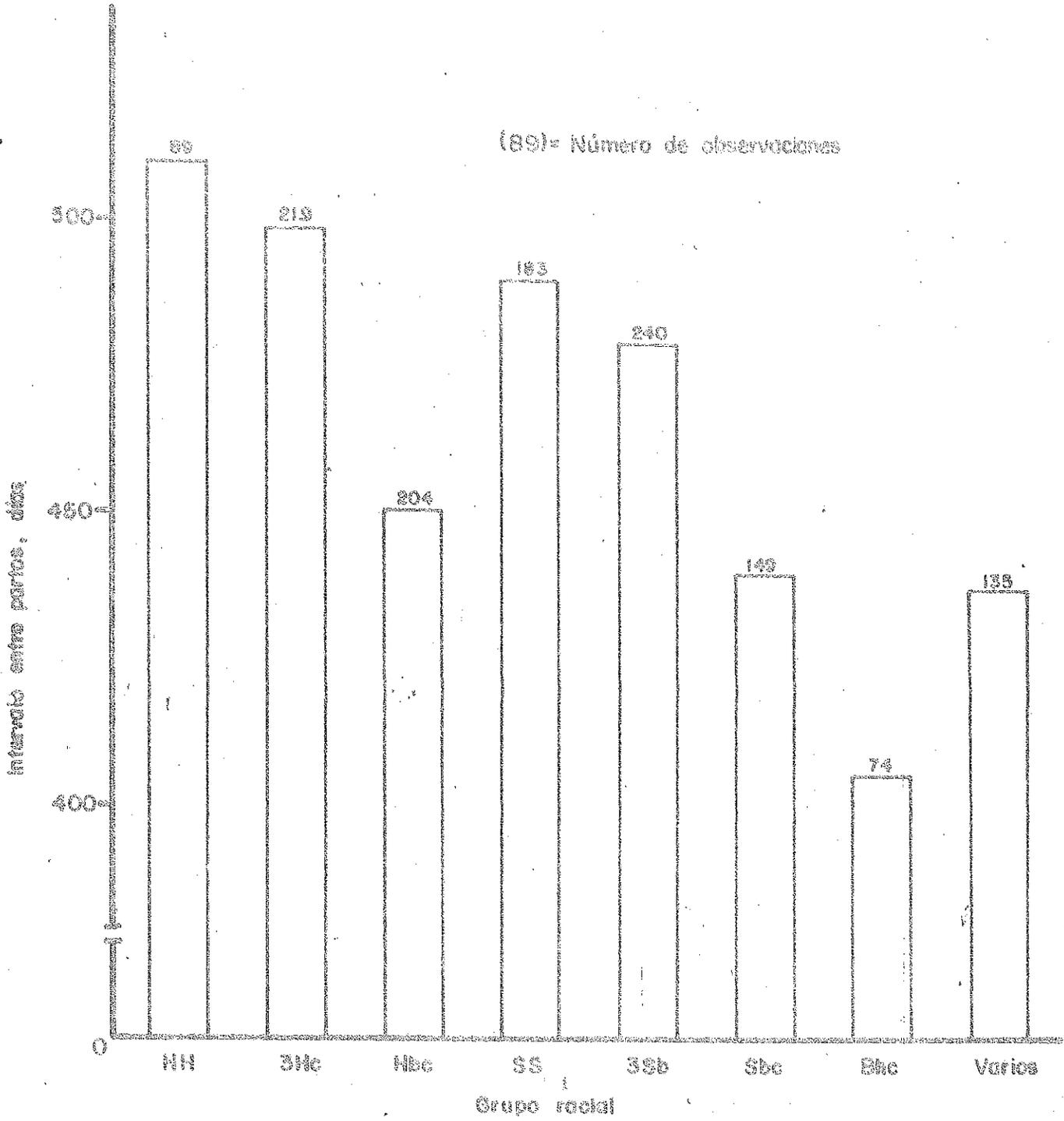


Fig. 2 Intervalo entre partos en los grupos raciales

mejoramiento, así como de manejo relacionado con los servicios post-partum, con el fin de mejorar la producción de leche y reducir los intervalos entre partos.

4.2.3 Índices de herencia para IEP

El índice de herencia para IEP por grupo racial, en su mayoría negativos (Cuadro 14) se pueden considerar como ceros. Están dentro de los valores presentados en otros trabajos (20, 43). El h^2 combinado para IEP fue de $-0,11 \pm 0,15$, valor que se interpreta como cero.

Cuadro 14. Índices de herencia para IEP

Grupo Racial	Nº de observaciones	h^2	EE
HH	89	-0,80	1,50
3Hc	190	0,51	0,39
Hbc	143	-0,28	0,40
SS	171	-0,37	0,40
3Sb	198	-0,04	0,10
Sbc	103	-0,13	0,58
Combinado	894	-0,11	0,15

Los valores de h^2 para IEP fueron comparados con 0 (cero), que según la literatura viene a ser el promedio de este índice (20, 43), no se encontraron diferencias significativas. Los resultados obtenidos se

relacionan con la tesis de que la variación que existe en el comportamiento reproductivo de los animales se debe a factores ambientales (65).

4.2.4 Índices de constancia (R) para IEP

La estimación del índice de constancia para IEP del hato fue de $0,22 \pm 0,03$, valor que resultó diferente significativamente ($P < 0,05$) a $0,15$ que es el valor considerado como promedio para índice de constancia (67). Los valores encontrados para este índice en los diferentes grupos raciales (Cuadro 15), variaron desde $0,17 \pm 0,15$ hasta $0,41 \pm 0,15$, resultando el grupo 3Sb con un valor de R diferente estadísticamente ($P < 0,05$) al promedio general. Tanto el valor del índice de constancia para el hato en general, así como de los grupos raciales indican que los intervalos entre partos tienen una asociación apreciable entre los IEP de la misma vaca.

Cuadro 15. Índices de constancia para IEP en los diferentes grupos raciales

Grupo Racial	Nº de observaciones	R	EE
HH	89	0,31	0,15
3Hc	190	0,20	0,09
Hbc	143	0,17	0,15
SS	171	0,30	0,09
3Sb	198	0,31*	0,06
Sbc	103	0,41	0,15
Combinado	894	0,22*	0,03

* ($P < 0,05$)

5. CONCLUSIONES

La finca El Cañal se puede considerar como representativa de la zona tropical de El Salvador. Consecuentemente los problemas y posibles soluciones de este estudio pueden hacerse aplicables a otras explotaciones lecheras ubicadas en zonas similares.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que:

1. El comportamiento productivo no presenta importantes variaciones estacionales.
2. Por su mejor comportamiento productivo y reproductivo, dentro de un programa de selección, se podría utilizar los grupos media sangre Holstein y Pardo Suizo, adoptando un sistema de cruzamiento preferiblemente con 3 razas con el fin de aprovechar mejor la heterosis.
3. La selección puede hacerse en función de primeras lactancias, pues los valores de los índices de constancia de la producción de leche son suficientemente confiables.
4. Se debe dar más atención en la crianza y manejo de las hembras jóvenes de reemplazo, ya que la edad al primer parto ha ido aumentando durante los años en estudio.

5. La selección debe hacerse usando los valores de heredabilidad más confiables de la literatura porque los encontrados en el presente estudio presentan mucha variabilidad.

6. RESUMEN

El presente estudio se efectuó con datos de producción y reproducción de un hato lechero proveniente de la finca El Cañal, localizada en el Cantón Piedra Pacha, Departamento de San Miguel, El Salvador. La información utilizada procede de los partos producidos del 1° de enero de 1970 al 31 de diciembre de 1977, en cada caso utilizando fechas posteriores que sirvieron para cerrar los intervalos o lactancias. Las observaciones se hicieron en los grupos raciales Holstein (HH), Pardo Suizo (SS) y mestizas de estas razas con Brahamn (B) y Criollo (C). La información recopilada fue de 460 vacas con 1538 lactancias, 374 edades al primer parto, 1293 intervalos entre partos, 1529 pesos metabólicos y 1327 edades al parto.

El promedio de producción de leche por lactancia fue de 2670 ± 763 kg. Afectaron significativamente la producción los años, padres y razas ($P < 0,01$). Los cruces Hbc (1/2 Holstein 1/4 Brahamn 1/4 Criollo) y Sbc (1/2 Pardo Suizo 1/4 Brahamn 1/4 Criollo) obtuvieron las mayores producciones, lo que probablemente incluye manifestación del vigor híbrido. El índice de herencia de la producción de leche para todas las lactancias fue de $-0,10 \pm 0,55$. En los diferentes grupos raciales, varió desde $-0,65 \pm 0,48$ hasta $0,37 \pm 0,43$. El índice de constancia fue de $0,35 \pm 0,04$. La edad al primer parto presentó un promedio de 1010 ± 135 días. Entre grupos raciales varió desde 880 ± 64 para Bbc hasta 1050 ± 156 para HH y 1050 ± 202 para SS. Se encontraron efectos significativos ($P < 0,01$) para años y raza y estación dentro de años ($P < 0,05$). El intervalo entre

partos promedio fue de 468 ± 137 días, se encontraron efectos significativos de los años y de la raza, siendo de los grupos raciales Hbc y Varios los intervalos más cortos (405 ± 86 y 436 ± 117 días respectivamente). El índice de herencia general para IEP fue $-0,11 \pm 0,15$ valor que se considera como cero.

Los efectos lineales y cuadráticos de los factores edad y peso metabólico explican un 7,8% ($R = 0,28$) de la variación en producción de leche. De esta variación, se encontró que la edad explica un 56,1%, el peso metabólico 10,1% y el 33,6% de la interacción de la edad y peso metabólico. Las regresiones intraclase (dentro de vacas) entre producción de leche/peso metabólico y edad, muestran la alta variabilidad de los datos. En los grupos raciales HH y 3Hc se aprecia el efecto de la edad al disminuir la producción de leche/peso metabólico en edades más avanzadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que:

- Los híbridos Hbc y Sbc son los grupos raciales que presentan el mejor comportamiento productivo y reproductivo. Por lo que es conveniente adoptar un sistema de cruzamientos en esta zona, preferiblemente con tres razas con el fin de aprovechar la heterosis.
- Conviene utilizar índices genéticos resultados de varias investigaciones en el trópico con el fin de inferir valores confiables que puedan ser utilizados en programas de selección y mejoramiento.

7. SUMMARY

The present study is based on data of milk production and reproduction from the dairy herd "El Cañal" located in the Canton Piedra Pacha, Department of San Miguel, El Salvador. The information used represented the calvings from 1° January 1970 to 31 December 1977 and the subsequent dates necessary to complete the correspondent intervals or lactations. The observations were grouped according to the following breed-groups: Holstein (HH), Brown Swiss (SS) and crosses of these breeds with Brahman (B) and Criollo (C). The information included observations of 460 cows with 1538 lactations, 374 ages at first calving, 1293 calving intervals, 1529 metabolic weights and 1327 observations of age at calving.

Average milk production per lactation was 2670 ± 736 kg. Significant differences were found for years, sires, and breed-groups ($P < 0,01$). The breed-groups Hbc (1/2 Holstein 1/4 Brahman 1/4 Criollo) and Sbc (1/2 Brown Swiss 1/4 Brahman 1/4 Criollo) demonstrated the highest levels of milk production, probably as a result of hybrid vigor. The combined breed heritability of milk production, utilizing all lactations, was estimated at $-0,10 \pm 0,55$, although in different breed-groups these estimations varied from $-0,65 \pm 0,48$ to $0,37 \pm 0,43$. Repeatability was estimated as $0,35 \pm 0,04$ for milk production. The average age at first calving was 1010 ± 135 days. The different breed-groups average ranged from 880 ± 64 for Bbc to 1050 ± 156 for HH and 1050 ± 202 for SS. Significant effects of years and breed groups ($P < 0,01$) as well as seasons within years ($P < 0,05$) for this trait. Calving interval averaged 468 ± 137 days for

the herd and significant effects of years and breed-groups were noted. Shortest calving intervals were observed in the Bbc and "Undefined" groups (405 ± 86 and 436 ± 117 days, respectively). Heritability of calving interval for herd was estimated as $-0,11 \pm 0,15$ and this considered zero.

Linear and quadratic effects of age and metabolic weight explained 7,8% ($R = 0,28$) of the variation in milk production. Of this variation age accounted for 56,1%, metabolic weight 10,1%, and 33,3% was associated with the interaction age x metabolic weight. An analysis of milk production relative to metabolic weight was made using intraclass regression (within cows). This analysis showed a wide variation in this characteristic. In the breed-groups HH and 3Hc (3/4 Holstein 1/4 Criollo) it was possible to detect notable reduction in the trait (milk/metabolic weight) at advanced ages.

Based on the results obtained in this study the following conclusions were drawn:

- The crosses Hbc and Sbc were the breed-groups most productive considering milk production and reproduction. This suggests the advisability of developing crossbreeding systems, preferably involving three breeds, which takes advantage of heterosis.
- Programs of selection should be based on genetic parameters derived from existing studies from several tropical zones as they are more reliable than the variable estimates noted in this study.

8. LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, J. R. Evaluación de 25 años de selección en un hato lechero del trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1973. 58 p.
2. AMBLE, V. N., KRISHNAN, K. S. y SONI, P. N. Age at first calving and calving interval for some Indian Herds of cattle. *Indian Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry* 28(2): 83-92. 1958.
3. BASU, S. B. y GHAI, A. S. Inheritance of age at first calving and its correlation with first lactation milk production in crossbred cattle. *Dairy Science Abstracts* 40(2):79. 1978.
4. BECKER, W. *Manual of procedures in quantitative genetics*. Pullman, Washington State University, 1968. 130 p.
5. BODISCO, V., et al. Primera lactación de tres generaciones Holstein y Pardo Suiza en Maracay, Venezuela. *In Reunión Latinoamericana de Producción Animal*, 6ta, La Habana, Cuba, 1977. Resúmenes. La Habana, Cuba, 1977. V.I p. 17.
6. _____, VERDE, O y WILCOX, C. J. Producción y reproducción de un lote de ganado Pardo Suizo. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, Memoria (México) 6:81-95. 1971.
7. _____, CARNEVALLI, A., CEVALLOS, E., y GOMEZ, J. R. Cuatro lactancias consecutivas de vacas Criollas y Pardo Suizas en Maracay, Venezuela. *Memoria. Asociación Latinoamericana de Producción Animal* (México) 3:61. 1968.
8. _____, CEVALLOS, E., y CARNEVALLI, A. Influencia de la estación climática sobre la producción de vacas Criollas lecheras. *Memoria. Asociación Latinoamericana de Producción Animal* (México) 1:141. 1966.
9. CARMONA, S. y MUÑOZ, H. Intervalo entre partos y número de servicios por preñez en vacas Criollas, Jersey y Encastadas de Suizo en clima tropical húmedo. *Memoria. Asociación Latinoamericana de Producción Animal* (México) 1:7. 1966.
10. CARNEIRO, G. G. y LUSH, J. L. Reproductive rates and growth of purebred Brown Swiss cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science* 37(10):1145-1157. 1954.
11. CASTAÑEDA, J. T., ESCOBAR, J. A. y BERRUECOS, J. Pérdidas económicas por problemas reproductores. II. Efecto de la edad al primer parto en los espacios interpartos subsecuentes en ganado Holstein. *Técnica Pecuaria en México* 20:5-9. 1967.

12. CASTILLO, L. S., et al. Progress report: six years of Holstein Red Sindhi crossbreeding work. *Animal Breeding Abstracts* 26(2):139-140. 1958.
13. CLARK, R. D. y TOUCHBERRY, R. W. Effect of body weight and age at calving on milk production in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*. 45:1500-1510. 1962.
14. CRICHTON, J. A., AITKEN, J. N. y BOYNE, A. W. The effect of plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. I. Growth to 24 months. *Animal Production* 1(2):145-162. 1959.
15. DE ALBA, J. Reproducción y genética animal. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. México, 1970. 446 p.
16. DICKERSON, G. Techniques for research in quantitative animal genetics. In *Techniques and procedures in animal production research*. Albany. New York, American Society of Animal Production, 1960. 105 p.
17. EVERETT, R. W., ARMSTRONG, D. V. y BOYD, L. J. Genetic relationship between production and breeding efficiency. *Journal of Dairy Science* 49(7):879-886. 1966.
18. FLORES, M. et al. Mejoramiento genético del ganado. Lima. Universidad Nacional Agraria, 1976. 64 p.
19. FLORES, N. Evaluación económica de haciendas lecheras. Quito. Estación Experimental Sta. Catalina. Publicación miscelánea N° 19. 1974. 35 p.
20. FOOTE, R. H. Inheritance of fertility-facts, opinions and speculations. *Journal of Dairy Science* 53(7):936-944. 1970.
21. GEROV, A. Genetic characteristics and selection indices of Bulgarian Brown cattle in south-eastern Bulgaria. I. Heritability coefficients. *Dairy Science Abstracts* 40(10): 561. 1978.
22. GILL, G. S., y ALLAIRE, F. R. Genetic and phenotypic parameters for a profit in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 59(7):1325-1333. 1976.
23. GOPAL, D. y BHATNAGAR, D. S. Effect of age at first calving and first lactation yield on life time production in Sahiwal cattle. *Animal Breeding Abstracts* 41(9):438. 1973.
24. GRIEVE, D. G. et al. Relationship of feed intake and ration digestibility to estimated transmitting ability, body, weight and efficiency in first lactation. *Journal of Dairy Science* 59(7):1312-1318. 1976.

25. HAFEZ, E. S. E. Adaptación de los animales domésticos. La Habana. Editorial Pueblo y Educación, 1973. 563 p.
26. HARDIE, A. R., JENSEN, E. L., y TYLER, W. J. Genetic and economic complications of single trait selection for protein and solids - not-fat. *Journal Dairy Science* 61(1):96-101. 1978.
27. HARVILLE, D. A. y HENDERSON, C. R. Interrelationships among age body weight and production traits during first lactations of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 49:1254-1261. 1966.
28. HERNANDEZ, P. A. Estudio de las características de mayor repercusión económica en la reproducción de bovinos de leche y mestizos. Zona Central de Venezuela. *Revista Veterinaria Venezolana* 18(104):153-175. 1965.
29. HICKMAN, C. G. et al. Influence of body during lactation on level of milk production. *Canadian Journal of Animal Science*. 51:317-325. 1971.
30. HINTZ, R. L., EVERETT, R. W., y VAN VLECK, L. Estimation of genetic trends from cow and sire evaluations. *Journal of Dairy Abstracts* 40(11):653. 1978.
31. INFANTE, P. H. Potencial nutritivo de los pastos tropicales para la producción de leche. In *Reunión Latinoamericana de Producción Animal 6ta.*, La Habana, Cuba, 1977. Resúmenes. La Habana, Cuba, 1977. VI. p. 26.
32. JANICKI, C. Milk and fat yields of cows with long herd life. *Dairy Science Abstracts* 37(1):3. 1975.
33. JOHANSSON, I. The relation between body size, conformation and milk yield in dairy cattle. *Animal Breeding Abstracts* 32(4):421-435. 1964.
34. JONMUNDSSON, J. V., STEFANSSON, O. E. y JOHANSSON, E. The influence of age and calving date of cows in production. *Dairy Science Abstracts* 41(1):1. 1979.
35. _____, STEFANSSON, O. E. y JOHANSSON, E. A study of data from the cattle breeding associations. II. The heritability of the traits and their correlations. *Dairy Science Abstracts* 41(1):1-2. 1979.
36. JOVIANO, R. et al. Establishment of a crossbred Jersey herd and its reproductive efficiency. *Arquivos da Escola de Veterinaria (Brasil)* 15:101. 1963.

37. KIWUWA, G. H. Production characteristics and environmental influences on some dairy traits of *Bos indicus*, *Bos taurus* and *Bos indicus*, *Bos taurus* cross breed cattle in East Africa. Dissertation Abstracts International B 33(4):1334. 1972.
38. KOSTOV, S. E. ILIEVA, P. Effect of calving season on milk production of cows. Dairy Science Abstracts 36(1):2. 1974.
39. KOTSYUBA, V. Y., YTRETYAK, M. M. Heritability and repeatability of milk yield and milk fat percentage in some dam lines at the Obroshine Breeding farm. Dairy Science Abstracts 41(1): 2. 1979.
40. KRISHNA, R. C. Studies on reproduction Ongole cattle; a preliminary note. Indian Veterinary Journal 44(11):981-985. 1966.
41. LA HOZ, E. y ROSEMBERG, M. Capacidad productiva de las razas Holstein y Brown Swiss en el trópico peruano. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal 6ta., La Habana., Cuba, 1977. Resúmenes. La Habana, Cuba, 1977. VI. p. 34.
42. LAMB, R. C. y KOPLAND, D. V. Influence of age at first calving and calving intervals on production per day of life and total life time production. Journal of Dairy Science 46(6): 628-629. 1963.
43. LEGATES, J. E. Genetic variation in services per conception and calving interval in dairy cattle. Journal of Animal Science 13(1):81-88. 1954.
44. LEMKA, et al. Reproductive efficiency and viability in two *Bos indicus* and two *Bos taurus* breeds in the tropics of India and Colombia. Journal of Animal Science 36(4):644-652. 1973.
45. LIN, C. Y. y ALLAIRE, F. R. Relative efficiency of selection methods for profit in dairy cows. Journal of Dairy Science 60(12):1970-1978. 1977.
46. McDOWELL, R., FLETCHER, Y. y JOHNSON, S. Gestation length, birth weight and age at first calving of crossbred cattle with varying amounts of Red Sindhi and Jersey breeding. Journal of Animal Science 18(4):1430-1437. 1959.
47. MAGOKKE, J. C. Estimación del mejoramiento genético en producción de leche, grasa y largo de lactancia en el ganado Criollo lechero de Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1964. 110 p.

48. MAGOKKE, J. C. y BODISCO, V. Estimación del mejoramiento genético del ganado Criollo lechero en Maracay, Venezuela, entre los años 1955-64. ALPA. Memoria 1:105. 1966.
49. MAHADEVAN, P. Variation in performance of European dairy cattle in Ceylan. Journal of Agricultural Science 48(2):164-170. 1957.
50. _____. Breeding for milk production in tropical cattle. London, England, Commonwealth Bureau of Animal Breeding. Technical communication N° 17. 1966. 154 p.
51. MALTOS, J. Genetic and environmental trends of growth and production in an experimental herd under humid conditions in Costa Rica. Tesis Ph.D. Texas A & M University. College Station. 1968. 108 p.
52. _____. y CARTWRIGHT, T. C. Producción de leche bajo condiciones de trópico húmedo. Hatos fundadores de Jersey y Criollo en Turrialba. Costa Rica. Memoria. Asociación Latinoamericana de Producción Animal (México). 6:187. 1971.
53. MANRIQUE, V. y WILCOX, C. J. Estudio de gestaciones y pesos al nacer en ganado Jersey. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal 6ta., La Habana, Cuba. 1977. Resúmenes. La Habana, Cuba, 1977. VI. p. 10.
54. MARTINEZ, N., VERDE, O., y PEÑA, M.S. Duración de gestación y peso al nacer en ganado lechero en la zona alta de Venezuela. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal 6ta., La Habana, Cuba, 1977. Resúmenes. La Habana, Cuba, 1977. VI. p. 19.
55. MATSOUKAS, J. y FAIRCHILD, T. D. Effects of various factors on reproductive efficiency. Journal Dairy Science 58(4): 540-544. 1975.
56. MORALES, J. C. Características de producción y reproducción en un hato Guernsey en la zona alta de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA; 1972. 46 p.
57. MORRIS, C. A. y WILTON, J. W. Influence of body size on the biological efficiency of cows: a review. Canadian Journal of Animal Science 56(4):613-647. 1976.
58. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirement of dairy cattle. Washington, D. C. National Academy of Science, 1970. 55 p.

59. NEGRON, A. T. Características de producción y reproducción de un hato lechero en la zona húmeda de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 58 p.
60. NGERE, L. O., McDOWEL, R. E., BHATTACHARYAS, S. y GUHA, H. Factors influencing milk yield of Harijana cattle. *Journal of Animal Science* 36(3):457-465. 1973.
61. OLDS, D. y SEATH, D. M. Repeatability, heritability and the effect of level of milk production on the occurrence of first estrus after calving in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 12(1):10-14. 1953.
62. OPREA, I. Results for the first generation crossbreeds from Holstein-Friesian bulls and Romanian Simmental cows. *Animal Breeding Abstracts* 41(3):126. 1973.
63. OTERO, J. M. Efecto de los factores, reproducción, mortandad y precocidad sobre el comportamiento biológico y económico de una explotación lechera. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1978. 63 p.
64. PEARSON, L. Some aspects of the performance of purebred and crossbred dairy cattle in the tropics. I. Reproductive efficiency in females. *Animal Breeding Abstracts* 41(12): 571-589. 1973.
65. PEROZO, T. Características de reproducción y producción de un hato Holstein en la zona de altura del trópico. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 39 p.
66. PLASSE, D., KOGER, M. y WARNICK, A. Reproductive behaviour of *Bos Indicus* females in a subtropical environment. III. Calving intervals, intervals from first exposure to conception and intervals from parturition to conception. *Journal of Animal Science* 27(1):05. 1968.
67. PROGRAMA DE PRODUCCION ANIMAL, UCR-CATIE. Curso de Mejoramiento Animal. Turrialba, Costa Rica. 1979. 50 p.
68. RAKES, J. M., STALLCUP, O. H. y GIFFORD, Relationship between certain factors and maximum daily production. *Journal of Dairy Science* 42(5):923. 1959.
69. REDDY, C. E. y BHATNAGAR, D. S. Inheritance of breeding efficiency and first lactation yield. *Animal Breeding Abstracts* 41(8):383. 1973.
70. RODRIGUEZ, A. R. Producción de leche y reproducción de un hato Jersey en la zona alta de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1976. 47 p.

71. RONNINGEN, K., LAMPKIN, R. y GRAVIR, K. Zebú cattle in East Africa. I. The influence of environmental factors on some traits in Boran cattle. Dairy Science Abstracts 35(5):156. 1973.
72. SALAZAR, J. J. et al. Factores ambientales en la producción de leche en Colombia. ALPA. Memoria. Asociación Latinoamericana de Producción Animal (México) 6:189. 1971.
73. SMITH, V. R. Fisiología de la lactancia. Trad. Melchor Cadena (Textos y Materiales de Enseñanza 12). Turrialba, Costa Rica. IICA, 1962. pp. 164-203.
74. SCHMIDT, G. H., VAN VLECK, L. D. Bases Científicas de la producción lechera. Trad. del inglés por Pedro Ducar Moluenda Ia. Zaragoza, España. Acribia. 1975. 583 p.
75. SCHULTZ, L. H., Relationship of rearing rate of dairy heifers to mature performance. Journal of Dairy Science 52(8):1321-1329. 1969.
76. SIMON, L. y HERNANDEZ, I. Efecto de diferentes sistemas de alimentación para hembras bovinas en pastoreo sobre la edad al parto y la producción de leche en la primera lactancia. Revista Cubana Científica Agrícola. 11:149. p. 1977.
77. SLAMA, H. et al. Factors Affecting calving interval in dairy herd. Journal of Dairy Science. 59(7):1334-1339. 1976.
78. STEEL, R. y TORRIE, J. H. Principles and Procedures of Statistics. New York. McGraw Hill Book Company, Inc. USA. 1960. 481 p.
79. STRADTMANN, H. Comparative studies on the fertility and milk production of German Black Pied and Holstein Friesian in a practice in the stade district. Dairy Science Abstracts 40(2):79. 1978.
80. SWIGER, L., et al. The variance of intra class correlation involving groups with one observation. Biometrics 20:818-826. 1964.
81. SYRSTAD, O. Estimating genetic change in dairy cattle populatins. World Review of Animal Production 8(1):58-62. 1972.
82. TANEJA, V. K., y BHAT, B. N. Performance of Sahiwal x Holstein crossbreeds in India: first lactation yield. Dairy Science Abstracts 37(5):225. 1975.

83. TOMAR, S. P. S. Least-squares analysis of some environmental factors affecting first lactation milk yield in Haryana cattle. *Indian Journal of Animal Science* 41(9):780-783. 1971.
84. _____ . Effect of year, herd and age at first calving on lactation and service periods on Haryana cattle. *Dairy Science Abstracts* 36(2):37. 1975.
85. TORRES, B. Comportamiento reproductivo de varios grupos raciales de ganado lechero en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 52 p.
86. VEIGA, J. S. y BARNABE, R. C. Eficiencia reproductiva de un rebanho de ganado Jersey criado no vale do Paraíba (Estado de Sao Paulo) Brasil. *Revista da Faculdade de Medicina Veterinaria (Brasil)* 7(2):389-400. 1965.
87. VERDE, O. et al. Influencias genéticas, ambientales y sus interacciones sobre la producción lechera en Venezuela. ALPA. Memoria. Asociación Latinoamericana de Producción Animal (México) 7:117-135. 1972.
88. VERMA, R. N. et al. A study on the performance of the crossbred grades of Friesian and Sahiwal. *Indian Veterinary Journal* 50(3):251-256. 1973.

9. A P E N D I C E

Cuadro A-1. Composición del concentrado para vacas lecheras*

Ingredientes	Porcentaje
Harina de algodón	8,7
Harina de maíz	8,7
Olote molido	29,0
Melaza	46,6
Minerales	7,0

* Preparado en la finca

Cuadro A-2. Promedios de producción de leche por lactancia por estación*,
(todos los grupos raciales combinados).

Años	Estación	Nº de observaciones	Leche/lact. kg	D.E. kg
1970	1	13	3091	1149
	2	62	2872	888
1971	1	50	2658	734
	2	80	2756	830
1972	1	75	2724	713
	2	83	2915	960
1973	1	84	2856	800
	2	105	2821	926
1974	1	72	2667	677
	2	166	2457	787
1975	1	75	2518	690
	2	167	2484	673
1976	1	123	2421	579
	2	123	2450	725
1977	1	144	2794	692
	2	116	2995	812
Total		1538	2670	736

* 1 = estación seca

2 = estación lluviosa

Cuadro A-3. Producción de leche por grupo racial de acuerdo a la estación de parto (kg/lactancia).

Grupo racial	Estación	Nº observaciones	Leche/lact. kg	D.E. kg
HH	1	49	2759	523
	2	69	2815	505
3Hc	1	99	2790	597
	2	177	2774	783
Hbc	1	105	2856	693
	2	134	2821	808
SS	1	87	2682	693
	2	126	2574	754
3Sb	1	113	2689	600
	2	165	2746	764
Bhc	1	55	2150	929
	2	30	1780	1117
Sbc	1	56	2878	763
	2	113	2784	661
Varios	1	72	2369	744
	2	88	2226	1107
Total		1538	2670	736

Cuadro A-4. Análisis de varianza para producción de leche para todas las lactancias (modelo simple)

Fuentes de Variación	G.L.	CM	F
Raza	7	10434952	31,7**
Vaca/Raza	459	1152067	3,5**
Residuo	1071	328259	
Total	1537	30094	

** (P < 0,01)

Cuadro A-5. Análisis de varianza para producción de leche (modelo con interacción Año x Estación)

Fuentes de variación	G.L.	CM	F
Raza	7	11034310	25,2**
Padres	61	2694644	6,1**
Años	7	4960492	11,3*
Estación	1	4903	0,1 ^{n.s.}
Años x Estación	7	889911	2,0 ^{n.s.}
Residuo	1198	437438	
Total	1281		

**
(p < 0,01)

*
(P < 0,05)

n.s. = no significativo

Cuadro A-6. Análisis de varianza de la producción de leche en todas las lactancias (modelo con estación/años)

Fuentes de variación	G.L.	CM	Fc
Años	7	7388532	13,6**
Raza	7	10434952	19,2**
Estación/Años	8	900326	1,6 ^{n.s.}
Residuo	1515	542206	
Total	1537		

** (P < 0,01)

n.s. = no significativo

Cuadro A-7. Análisis de varianza para edades al primer parto

Fuentes de variación	G.L.	CM	Fc
Años	7	451276	24,5***
Raza	7	97769	5,3***
Estación/Años	8	46919	2,5*
Residuo	351	18361	
Total	373	28589	

*** (P < 0,01)

* (P < 0,05)

n.s. = no significativo

Cuadro A-8. Análisis de varianza para intervalo entre partos (IEP)

Fuentes de variación	G.L.	CM	Fc
Años	7	78736	4,2***
Raza	7	154746	8,2***
Estación/Años	8	36408	1,9 ^{n.s.}
Residuo	1270	18858	
Total	1292	20027	

*** (P < 0,01)

n.s. = no significativo

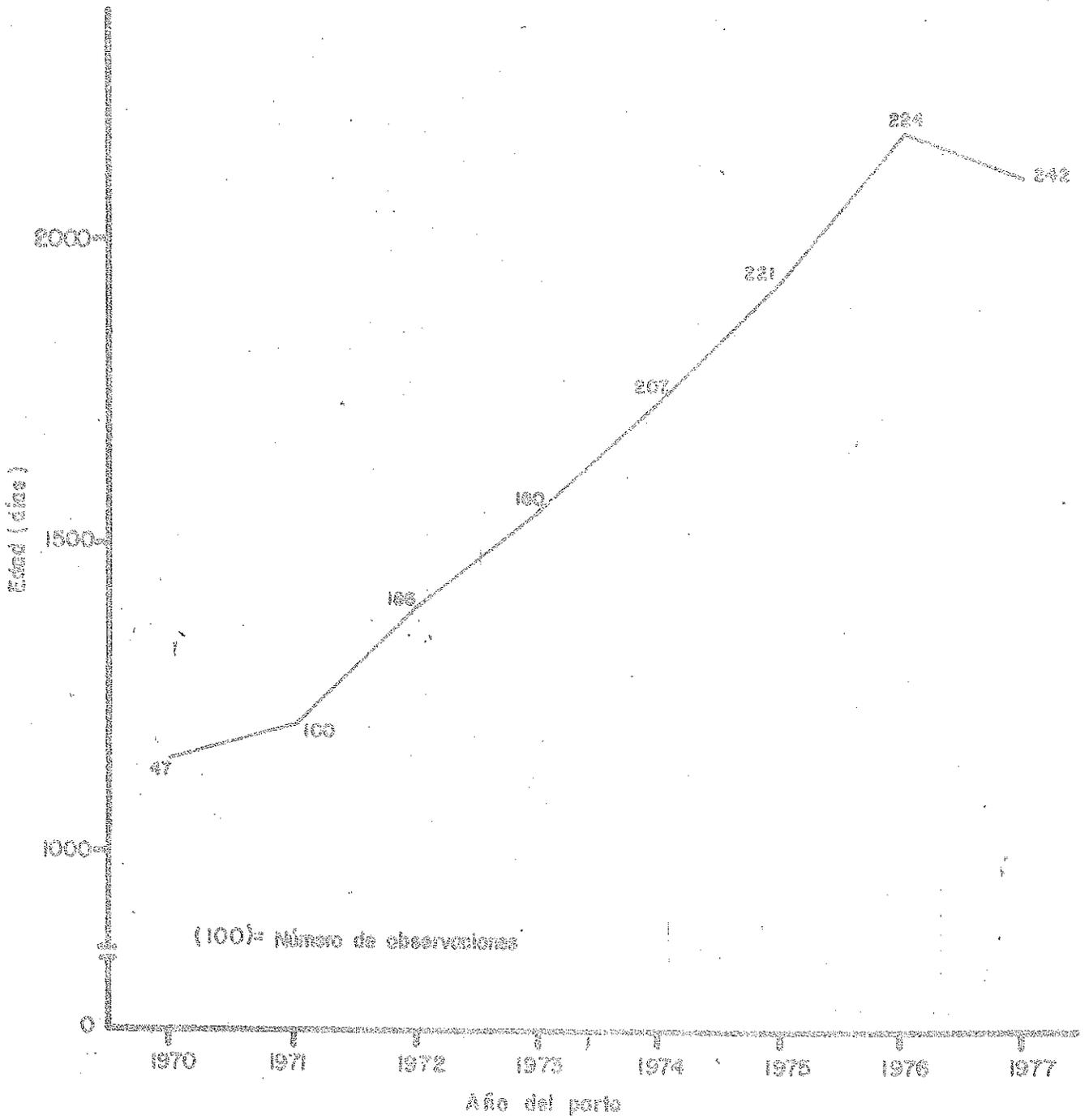


Fig.A-1 Promedio de edad de las vacas según año del parto

Cuadro A-9. Índices de herencia para producción de leche en la primera lactancia

Grupo racial	Nº de observaciones	h^2		
Holstein	34	-1,1	±	1,2
3/4 H	55	0,23	±	0,58
1/2 H	49	0,18	±	0,66
Pardo Suizo	59	0,68	±	0,59
3/4 S	54	-1,00 ^{***}	±	0,26
1/2 S	21	1,90	±	1,10
Combinado	272	0,03	±	0,50

(P < 0,01)

Cuadro A-10. Análisis de componentes de varianza para la determinación de los índices de herencia (h^2) para producción de leche en los grupos raciales

Grupos Raciales	G.L.			CM			Componentes de Varianza		
	Padres	Vacas/Padres	Lact/hijas	Padres	Vacas/Padres	Lact/hijas	Padres	Vacas/Padres	Lact/hijas
Holstein	20	19	49	16737	37450	12905	-3700	9755	12904
3/4 H	18	47	124	35773	36455	14620	-81	7628	14620
1/2 H	17	37	88	43601	38585	17215	186	8716	17215
Pardo S.	17	44	109	39169	28992	15831	912	5017	15831
3/4 S	16	42	139	15095	42304	11325	-2695	9339	11325
1/2 S	14	10	78	50758	38599	11115	1848	6761	11115

Cuadro A-11. Coeficiente de regresión estandarizados en los diferentes grupos raciales, con base a 1273 lactancias con datos de producción, edad y peso metabólico.

Raza	Edad b'1	Peso Met. b'2	Edad ² b'3	Peso Met. ² b'4	E x PM b'5	Correlación Múltiple R
HH	0,5229	-0,7279	-0,9760	0,6852	0,5614	0,243 ^{n.s.}
3Hc	1,7836	-1,28114	-0,7262	1,7570	-1,1987	0,342**
3Hb'	-2,2541	6,2668	-0,0431	-6,3930	2,3434	0,421 ^{n.s.}
Hbc	2,9965	0,8506	-0,1422	-0,0126	-3,2273	0,345**
SS	1,5641	0,5871	0,1334	-0,1934	-1,7124	0,273**
3Sb	1,3052	-0,1737	-0,3645	0,5394	-0,9993	0,242**
Bhc	0,1908	-0,3323	-0,3496	0,2539	0,3597	0,179 ^{n.s.}
Sbc	1,6921	-1,8483	-0,7536	1,9321	-0,8248	0,235 ^{n.s.}
Varios	0,9060	1,3354	-0,3136	-1,3849	-0,4413	0,239 ^{n.s.}
Total	1,4449	-0,0111	-0,3866	0,3165	-1,0925	0,279

% de

Variac. 44,43 0,34 11,89 9,74 33,60

% Total de Variación

(Lineal más cuadrática) Edad 56,30 Peso Metab. 10,00

** (P < 0,01)

n.s. = no significativo

Cuadro A-12. Análisis de regresión intraclase en los diferentes grupos raciales

Grupo Racial	Fuentes de Variación	G.L.	CM	F
HH	Regresión	2	3331940	5,05**
	Desviación	60	609054	
3Hc	Regresión	2	2721079	4,22**
	Desviación	127	644591	
3Hb	Regresión	2	105568	0,19 ^{n.s.}
	Desviación	20	561121	
Hbc	Regresión	2	2531116	2,69 ^{n.s.}
	Desviación	107	854590	
SS	Regresión	2	666141	0,79 ^{n.s.}
	Desviación	127	840036	
3Sb	Regresión	2	3069504	5,38**
	Desviación	145	569592	
Bhc	Regresión	2	842998	1,71 ^{n.s.}
	Desviación	63	493762	
Sbc	Regresión	2	1743537	2,88 ^{n.s.}
	Desviación	97	605019	
Varios	Regresión	2	524385	0,62 ^{n.s.}
	Desviación	108	842690	

** (P < 0,01)

n.s. = no significativo

Cuadro A-13. Edad al primer parto, EIP, por año

Año	Nº de observaciones	EIP días	D.E.* días
1970	31	992	199
1971	51	857	109
1972	37	927	124
1973	49	947	136
1974	59	1026	161
1975	48	1044	139
1976	36	1103	148
1977	63	1143	133
Total	374	1010	135

* Desviación estándar

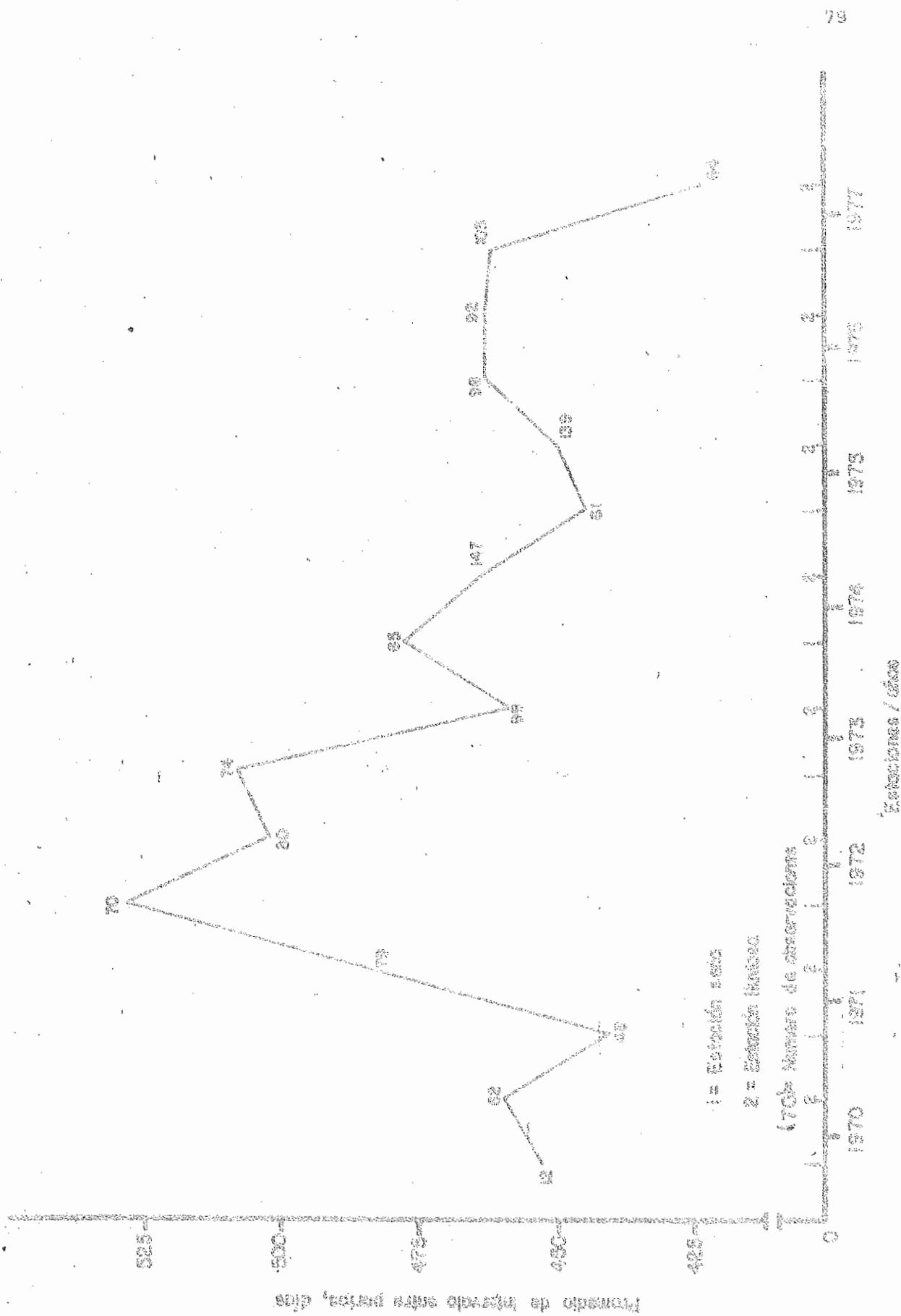


Fig. A-2 Promedios de intervalo entre puertos según la estación y el año de puerto

Cuadro A-14. Intervalo entre partos por grupo racial de acuerdo a la estación de parto

Grupo Racial	Estación	Nº observaciones	IEP días	D.F. días
HH	1	39	493	175
	2	50	520	156
3Hc	1	76	540	196
	2	143	476	135
Hbc	1	91	464	123
	2	113	438	128
SS	1	73	523	181
	2	110	467	122
3Sb	1	100	467	127
	2	140	486	150
Bch	1	48	395	101
	2	26	421	116
Sbc	1	47	448	100
	2	102	435	100
Varios	1	57	439	144
	2	78	433	124
Total		1293	468	137

Cuadro A-15. Análisis de componentes de varianza para la determinación de los índices de herencia (h^2) para
intervalo entre partos en los grupos raciales

Grupo Racial	G.I.			CM			Componentes de Varianza		
	Padres	Vacas/Padres	Lact/hijas	Padres	Vacas/Padres	Lact/hijas	Padres	Vacas/Padres	Lact/hijas
	HR	20	19	49	15675	48453	22880	-6652	10163
3Hb	18	47	124	66584	34244	18053	3473	5656	18053
Hbc	17	37	88	13773	22148	14740	-1246	3021	14740
SS	17	44	109	8899	27723	21980	-2239	2189	21980
3Sb	16	42	139	29896	31505	12603	-198	5698	12603
Sbc	14	10	78	18629	29807	7643	-1739	5452	7643