

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE POSGRADO

EVALUACION GENETICA Y AMBIENTAL DE CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON LA
EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN GENOTIPOS LECHEROS Y DE CARNE, BAJO
CONDICIONES DE TROPICO HUMEDO

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del
Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y de los Recursos Naturales
del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar
al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

por

EDUARDO CASAS CARRILLO

Turrialba, Costa Rica
1990

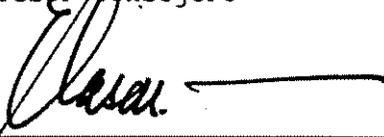
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación de Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

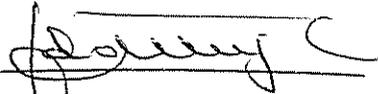
COMITE ASESOR:



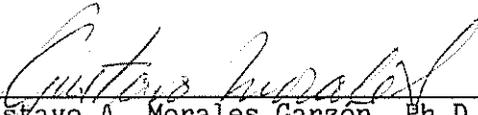
Assefaw Te wolde Medhin, Ph.D.
Profesor Consejero



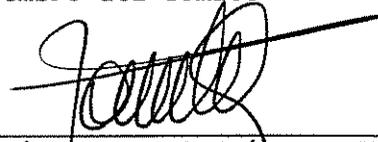
Eduardo Casas Díaz, Ph.D.
Miembro del Comité



Fernando Mujica Castillo, Ph.D.
Miembro del Comité



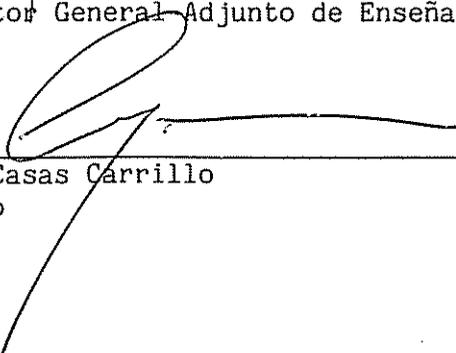
Gustavo A. Morales Garzón, Ph.D.
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisí
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



Eduardo Casas Carrillo
Candidato

EL PRESENTE TRABAJO ESTA DEDICADO EN PRIMER LUGAR A MI ESPOSA, ADRIANA VELEZ DE CASAS, QUIEN HA SIDO MI APOYO EN LOS MOMENTOS DIFICILES Y QUIEN ME HA IMPULSADO A SEGUIR ADELANTE EN TODO LO QUE HEMOS EMPRENDIDO JUNTOS.

ESTE TRABAJO TAMBIEN ESTA DEDICADO A MI HIJA, KARLA MARIA CASAS VELEZ, QUIEN ESPERO ALGUN DIA PUEDA ENTENDER LO MUCHO QUE SIGNIFICA PARA MI, ASI COMO AL HIJO QUE ESPERAMOS EN UN FUTURO CERCANO.

TODO LO QUE HE REALIZADO EN MI VIDA, HA SIDO CONSECUENCIA DEL EJEMPLO QUE ME HAN INCULCADO LOS SERES A QUIENES MAS RESPETO: MIS PADRES, POR LO QUE QUISIERA TOMARAN ESTE TRABAJO COMO MUESTRA DEL CARIÑO QUE SIENTO POR ELLOS.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente deseo agradecer a mi esposa, el apoyo y sacrificio que me brindó durante la maestría. A mi hija, por los momentos tan agradables que me hizo pasar en Costa Rica.

A mis padres, por haber tenido la oportunidad de convivir con ellos en una etapa tan significativa para mí.

Al Dr. Assefaw Tewolde, profesor consejero, por el tiempo que me dedicó, y por los conocimientos que me brindó. Espero algún día corresponder con un poco, lo mucho que compartió conmigo.

A los Doctores Gustavo Morales, Fernando Mujica y Eduardo Casas, por las sugerencias hechas a mi trabajo, por los aportes que le hicieron y por la amistad que tengo con ellos. En especial al Dr. Eduardo Casas, quien nunca pensé que colaborara conmigo.

Al M.Sc. Denis Salgado, por haber aprendido de él mucho de lo que sé y por ser un gran compañero y amigo.

A mis compañeros del Area de Ganadería Tropical, quienes espero algún día volver a ver. A mis compañeros de Mejoramiento Animal, quienes desafortunadamente terminaron sus trabajos antes que yo.

A todos los trabajadores del Area de Ganadería Tropical, y en especial a Don Julio Marschall, por permitirme conocer la historia de la finca, aunque fuera por "episodios".

A mis compañeros y amigos: Zaritza, Maria Amable, Lilliam, Rose Mary, Guillermo, Miguel y aquellos que de alguna forma me permitieron compartir con ellos momentos alegres en el CATIE.

A la familia Domínguez-Martínez, por haber pasado con nosotros momentos agradables.

BIOGRAFIA

El autor nació en México, D.F., México, el 30 de Noviembre de 1959. Realizó sus estudios primarios en Tezcoco, Edo. de México.

En 1979 ingresó a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México, graduándose el 14 de Agosto de 1985 como Médico Veterinario Zootecnista.

A partir de 1985, se incorporó al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de su país. Desempeña labores de Auxiliar en Investigación en el Departamento de Genética Animal, a donde regresará una vez concluido sus estudios.

En Octubre de 1988, ingresó al Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en el Area de Ganadería Tropical, haciendo estudios en Mejoramiento Animal. Se graduó de Magister Scientiae en Septiembre de 1990.

CONTENIDO

RESUMEN	ix
SUMMARY	xi
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xvii
1.-INTRODUCCION	1
2.-REVISION DE LITERATURA	4
2.1.-Factores genéticos que afectan las características relacionadas con la eficiencia reproductiva.	8
2.2.-Factores ambientales que afectan las características relacionadas con la eficiencia reproductiva.	12
2.3.-Relación entre eficiencia reproductiva y producción.	15
3.-MATERIALES Y METODOS	19
3.1.- LOCALIZACION DEL ESTUDIO.	19
3.2.- ORIGEN Y DESARROLLO DE LOS HATOS.	19
3.2.1.- Hato de carne.	19
3.2.2.- Hato lechero.	21
3.3.- MANEJO DE LOS HATOS.	22
3.3.1.- Manejo del hato de carne.	22
3.3.2.- Manejo del hato Lechero.	24
3.4.- Descripción de la información utilizada en el presente estudio.	25
3.4.1.- Hato de carne.	25
3.4.2.- Hato lechero.	26
3.5.- Procedimientos analíticos.	28
3.5.1.- Procedimiento analítico utilizado en el hato de carne.	28
3.5.2.- Procedimiento genético utilizado en el hato de carne.	31

3.5.3.- Procedimiento analítico utilizado en el hato lechero.	34
3.5.4.- Procedimiento genético utilizado en el hato lechero.	36
3.5.5.-Relación entre las características relacionadas con la eficiencia reproductiva (EPP e IEP) y características de producción (producción de leche ajustada a 305 días).	38
4.-RESULTADOS Y DISCUSION.	41
4.1.-Hato de carne.	41
4.1.1.- Edad al primer parto.	41
4.1.1.1.- Efectos ambientales.	43
4.1.1.2.- Efectos genéticos.	44
4.1.2.- Intervalo entre partos.	46
4.1.2.1.- Efectos Ambientales.	48
4.1.2.2.- Efectos genéticos.	52
4.1.3.- Indices de eficiencia reproductiva.	56
4.1.3.1 Efectos Ambientales.	57
4.1.3.2.- Efectos genéticos.	58
4.2.-Hato de leche	64
4.2.1.-Edad a primer parto.	64
4.2.1.1.- Efectos ambientales.	66
4.2.1.2.- Efectos genéticos.	68
4.2.2.- Intervalo entre partos.	73
4.2.2.1.- Efectos ambientales.	73
4.2.2.2.- Efectos genéticos.	74
4.2.3.- Indices de eficiencia reproductiva.	77
4.2.3.1 Efectos ambientales.	78
4.2.3.2.- Efectos genéticos.	78

4.2.4.-Número de servicios por concepción y concepciones por servicio.	83
4.2.4.1 Efectos ambientales.	84
4.2.4.2.- Efectos genéticos.	85
4.2.5.- Relación entre características relacionadas con la eficiencia reproductiva y de producción.	86
4.2.5.1.- Relación entre EPP y la producción de leche ajustada a 305 días en la primera lactancia (1PL305).	86
4.2.5.2.- Relación entre IEP y producción de leche ajustada a 305 días (PL305).	89
5.-CONCLUSIONES.	91
6.-LITERATURA CITADA	93
APENDICE	105

CASAS C., E. 1990. Evaluación genética y ambiental de características relacionadas con la eficiencia reproductiva en genotipos lecheros y de carne, bajo condiciones de trópico húmedo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p.

Palabras clave: Eficiencia reproductiva, trópico húmedo, reproducción, Criollo Lechero Centroamericano, Romosinuano, parámetros genéticos.

EVALUACION GENETICA Y AMBIENTAL DE CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN GENOTIPOS LECHEROS Y DE CARNE, BAJO CONDICIONES DE TROPICO HUMEDO.

RESUMEN

Registros reproductivos de los hatos lecheros (n=4695, de los años 1952-1990) y de carne (n=1593, de los años 1959-1989), de la Finca Experimental del Area de Ganadería Tropical del CATIE, fueron analizados con los objetivos de evaluar las características relacionadas con la eficiencia reproductiva; estimar parámetros genéticos para los índices de eficiencia reproductiva y cuantificar la relación fenotípica y genética entre la eficiencia reproductiva y la producción de leche, así como recomendar la forma de evaluar la eficiencia reproductiva, asociado con el manejo de los hatos. Los grupos raciales considerados en este estudio fueron aquellos con menor o igual al 50% de herencia Romosinuano (GR2; n=535) y con mayor del 50% de herencia Romosinuano (GR3; n=1057), en el hato de carne, mientras que en el hato lechero fueron el Criollo (C; n=1495), Jersey (J; n=739), CxJ (F1; n=325), CxF1 (n=111), JxC (F1; n=303), JxF1 (n=140), CxOtro (n=505), JxOtro (n=357) y otros (n=628). Las características estudiadas para ambos hatos fueron la edad a primer parto (EPP), intervalo entre partos (IEP) y tres índices de eficiencia reproductiva (IER1, IER2 e IER3). En el hato lechero se estudió además, el número de servicios por concepción (NUSER), el porcentaje de preñez a primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3) y la relación existente entre EPP con la producción de leche en primera lactancia ajustada a 305 días, así como la relación entre IEP con la producción de leche ajustada a 305 días de la siguiente lactancia. Las medias de mínimos cuadrados para EPP, IEP, IER1, IER2 e IER3 fueron 38 ± 0.8 meses, 410 ± 6 días, $44 \pm 0.4\%$, $83 \pm 0.3\%$ y $46 \pm 0.6\%$, respectivamente en el hato de carne, mientras que estas fueron de 36 ± 0.2 meses, 387 ± 1 días, $46 \pm 0.2\%$, $86 \pm 0.1\%$ y $47 \pm 0.3\%$ en el hato lechero. De los efectos estudiados en el hato de carne, los que mostraron influencia significativa fueron el año ($p < 0.05$), sobre EPP e IEP y el grupo racial ($p < 0.05$), sobre IEP y los índices. En el hato lechero, el año mostró efecto significativo ($p < 0.05$) para EPP, IEP, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1 y SER2. El número de parto solo tuvo efecto significativo ($p < 0.05$), sobre IEP en el hato Criollo Lechero Centroamericano (CLC). El nivel de consanguinidad (F) fue importante en el hato CLC, donde por cada aumento porcentual en F, EPP se incrementa por 5.5 días. Los índices de constancia (r), estimados en el presente estudio en el hato de carne, variaron entre .07 y .72 para IEP, IER1, IER2 e IER3, mientras en el hato lechero variaron entre .09 y .69 PARA IEP, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1, SER2 y SER3. Las h^2 en el hato de carne estuvieron entre -.04 y .38 para EPP, IEP, IER1, IER2 e IER3, mientras en el hato lechero

fluctuaron entre $-.14$ a $.20$ para EPP, IEP, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1, SER2 y SER3. Las correlaciones genéticas entre los diferentes índices de eficiencia reproductiva fluctuaron entre $-.004$ y $.57$ para ambos hatos. La relación entre EPP con la producción de leche en la primera lactancia, así como entre IEP y la producción de leche a 305 días de la siguiente lactancia, ya sea genética o fenotípica, resultó ser nula. Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se confirma que las características de reproducción, como los índices que se pueden generar de ellas, tienen una base genética aditiva muy baja, por lo que el manejo de carácter ambiental en estos hatos debe jugar un papel significativo y determinante. Asimismo los resultados revelan que los criollos como *Bos taurus*, han evolucionado en forma significativa bajo las condiciones tropicales como las de Turrialba.

CASAS C., E. 1990. Genetic and environmental evaluation of traits related with reproductive efficiency in dairy and beef genotypes, under humid tropic conditions. Mag. Sci. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE, p.

Key words: Reproductive efficiency, Criollos, humid tropics, reproduction, Central American Milking Criollo, Romosinuano, genetic parameters.

GENETIC AND ENVIRONMENTAL EVALUATION OF TRAITS RELATED WITH REPRODUCTIVE EFFICIENCY IN DAIRY AND BEEF GENOTYPES, UNDER HUMID TROPIC CONDITIONS.

SUMMARY

Records on reproductive traits from CATIE's dairy herd (n=4695) collected over the years 1952-1990 and beef herd (n=1593) collected over the years 1959-1989, at Turrialba, Costa Rica, were analyzed with the objective of undertaking genetic and non-genetic evaluation of the reproductive efficiency related traits. The genetic evaluation involved the comparison of genetic groups produced from the Romosinuano cattle and the Central American Milking Criollo for their reproductive performance, obtain estimates of heritabilities, repeatabilities (where pertinent) and genetic and phenotypic correlations involving these traits. Also the relationship between reproductive efficiency and milk production was evaluated. The genetic groups included in the beef herd were those with 50% or less of Romosinuano inheritance (GG2; n=535) and with more than 50% of Romosinuano inheritance (GG3; n=1057), while in the dairy herd were included the Central American Milking Criollo (CC; n=1495), Jersey (J; n=739), CCxJ (F1; n=325), CCxF1 (n=111), JxCC (F1; n=303), JxF1 (n=140), CCxOther (n=505), JxOther (n=357) and others (n=628). The traits considered in both herds were age at first calving (AFC), calving interval (CI) and three reproductive efficiency indices (REI1, REI2 and REI3). In addition the number of services per conception (NUSER), the percentage of conception at first (SER1), second (SER2) and third service (SER3), were considered in the dairy herd. The relationship between AFC with the first lactation milk yield and between CI and the following lactation milk yield were also studied in the dairy herd. Results showed least square means for AFC, CI, REI1, REI2 and REI3 to be 38 \pm .8 months, 410 \pm 6 days, 44 \pm .4%, 83 \pm .3% and 46 \pm .6%, respectively in the beef herd, while in the dairy herd there were 36 \pm .2 months, 387 \pm 1 days, 46 \pm .2%, 86 \pm .1% and 47 \pm .3%. Year of birth for AFC and year of calving for all other traits showed an important influence (p<.05) on AFC and CI, while the effect of GG was important (p<.05) on CI and the reproductive indices in the beef herd. In the dairy herd, year had an important influence (p<.05), on the CC herd. The level of inbreeding (F), was important in the CC herd, in that each percentage increase in F was associated with an increase in AFC by 5.5 days. Repeatabilities estimates in the beef herd in the present study ranged from .07 to .72, while in the dairy herd ranged from .09 to .69. The h² in the beef herd for the traits studied ranged between -0.04 to 0.38 while in the dairy herd this ranged from -0.14 to 0.20. The genetic correlations among the different indices fluctuated between -.004 and .57 in both herds. No relationship of importance was found between AFC with the first

lactation yield and CI with the the following lactation milk yield. The results of this study confirms that reproductive traits have a very low additive genetic variance, so such that it is largely the management of these herds that should play an important and determinant role. Moreover, from what has been observed in the present study the criollo genes (be they from Romosinuano or Dairy Criollo), being of *Bos taurus* origin have evolved to have adaptation to the tropical environment as that of Turrialba. For that reason it is quite feasible to think of them as viable gene pool for tropical livestock production systems.

LISTA DE CUADROS

No.		
1	Análisis de varianza para la estimación de efectos genéticos de edad a primer parto.	32
2	Análisis de varianza para la estimación de componentes de variación para intervalo entre partos.	33
3	Análisis de varianza para la estimación de repetibilidad en los índices de eficiencia reproductiva.	33
4	Medias mínimo cuadráticas y errores estándar generales y por grupo racial, para las diferentes características reproductivas analizadas en el hato Romosinuano.	42
5	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para edad a primer parto en el hato de carne del CATIE.	46
6	Índices de constancia (r), de herencia (h^2) y errores estándar para EPP, IEP IER1, IER2 e IER3, en el hato de carne.	46
7	Análisis de varianza para la estimación de componentes de varianza en el intervalo entre partos.	55
8	Análisis de varianza de mínimos cuadrados utilizados para estimar componentes de varianza para IER1, IER2 e IER3.	62
9	Correlaciones genéticas y fenotípicas para los índices de eficiencia reproductiva en el hato de carne que consideran IER1, IER2 e IER3.	63
10	Medias mínimo cuadráticas y errores estándar para las características estudiadas en el hato lechero del CATIE.	65
11	Medias mínimo cuadráticas por grupo racial para EPP en el hato productor de leche.	70
12	Índices de constancia (r), de herencia (h^2) y sus respectivos errores estándar, estimados para EPP, IEP, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1, SER2 y SER3, en el hato lechero.	72
13	Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para IEP en días por grupo racial del hato lechero del CATIE.	76
14	Medias de mínimos cuadrados y sus errores estándar por grupo racial para IER1, IER2 e IER3, en el hato	

	lechero del CATIE.	81
15	Correlaciones genéticas y fenotípicas entre los índices de eficiencia reproductiva considerados en el hato lechero del CATIE.	82
16	Correlaciones genéticas (r_g), fenotípicas (r_f) y ambientales (r_A), entre EPP y 1PL305 e IEP y PL305 en el hato lechero del CATIE.	88

APENDICE

1A	Número de registros, por edad de la vaca a parto (EDADVPAR), en el hato de carne del CATIE.	106
2A	Número de registros por año de nacimiento en el hato de carne del CATIE.	107
3A	Número de observaciones por grupo racial de la vaca en el hato de carne del CATIE.	108
4A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para intervalo entre partos, utilizado para generar factores de ajuste por edad de la vaca al parto en el hato de carne del CATIE.	109
5A	Medias mínimo cuadráticas, errores estándar y factores de ajuste multiplicativos por grupo racial y edad de la vaca al parto para IEP en el hato de carne del CATIE.	110
6A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para la edad a primer parto (EPP), en el hato de carne del CATIE.	111
7A	Medias de mínimos cuadrados y sus errores estándar por año de nacimiento de la vaca (ANACV), para edad a primer parto (EPP), en el hato de carne del CATIE.	112
8A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos en el hato de carne del CATIE.	113
9A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER1, IER2 e IER3, en el hato de carne del CATIE.	114
10A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para la edad a primer parto en el hato lechero del CATIE.	115
11A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para la edad a primer parto en el hato Criollo.	116

12A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para para la edad a primer parto en el hato Jersey.	117
13A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos en el hato lechero del CATIE.	118
14A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos del hato Criollo y Jersey del CATIE.	119
15A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos del hato lechero del CATIE.	120
16A	Medias mínimo cuadráticas, errores estándar y factores de ajuste (valores en paréntesis), para IEP en días por número de parto dentro de grupo racial considerados en el presente estudio.	121
17A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para intervalo entre partos en el hato Criollo.	122
18A	Medias de mínimos cuadrados, errores estándar y factores de ajuste (FA), para intervalo entre partos por número de parto en el hato Criollo.	123
19A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IEP que se usó para estimar los componentes de varianza en el hato lechero del CATIE.	124
20A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IEP que se usó para generar los componentes de varianza en el hato Criollo Lechero Centramericano.	125
21A	Componentes de varianza para las características estudiadas en el hato productor de leche del presente estudio.	126
22A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER1 en el hato lechero del CATIE.	127
23A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER2 en el hato lechero del CATIE.	128
24A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER3 en el hato lechero del CATIE.	129
25A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para IER1 en el hato lechero del CATIE.	130
26A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para IER2 en el hato lechero del CATIE.	131

27A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para IER3 en el hato lechero del CATIE.	132
28A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el número de servicios/concepción (NUSER), tasa de preñez a primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3), en el hato lechero del CATIE.	133
29A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para número de servicios/concepción (NUSER), gestación a primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3), en el hato lechero del CATIE.	134
30A	Análisis de varianza para estimar la correlación genética entre EPP y 1PL305, en el hato lechero del CATIE.	135
31A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar el efecto de EPP sobre 1PL305, en el hato lechero del CATIE.	136
32A	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar la correlación entre PL305 e IEP en el hato lechero del CATIE.	137

LISTA DE FIGURAS

No.	Página
1 Distribución de los grupos raciales mantenidos en el hato de carne del CATIE, durante el periodo 1959-1989.	20
2 Distribución de los grupos raciales mantenidos en el hato lechero del CATIE, durante el periodo 1951-1990.	22
3 Comportamiento del IEP en el hato de carne del CATIE, a lo largo de los años 1959-1989.	49
4 Comportamiento del IEP de acuerdo a la edad de la vaca al parto.	51
5 Comportamiento del IEP en el transcurso del tiempo por grupo racial.	54
6 Comportamiento del IER1 durante el transcurso de los años 1969-1989.	59
7 Comportamiento del IER2 durante el transcurso de los años 1969-1989.	59
8 Comportamiento del IER3 durante el transcurso de los años 1969-1989.	60
9 EPP por año de nacimiento en el hato lechero del CATIE.	67
10 Medias por año para NUSER, SER1, SER2 y SER3, en el hato lechero del, CATIE.	85

1.-INTRODUCCION

La eficiencia reproductiva (ER), es una característica esencial en la producción animal, misma que puede definirse como la expresión de diversos componentes del proceso reproductivo, los cuales se encuentran relacionados con diferentes eventos fisiológicos sexuales en la hembra y el macho. La productividad y la eficiencia reproductiva, expresan distintas características del comportamiento productivo animal. El primero expresa la capacidad del animal de generar bienes de consumo (leche y carne), mientras el segundo expresa su capacidad de producir descendencia. Ambas están en estrecha relación y sujetas a diferentes influencias ambientales, fisiológicas y genéticas (González, 1984).

Entre las condiciones ambientales imperantes en climas tropicales que inciden directa e indirectamente en la eficiencia reproductiva se encuentran: temperaturas ambientales altas, distribución irregular de la precipitación, humedades relativas altas, alta irradiación solar, niveles nutricionales y disponibilidad de pastura fluctuante a lo largo del año y alta incidencia de enfermedades infecto-contagiosas y parásitarias (Vercoe y Frisch, 1984; Johnson, 1987). Es en respuesta a este medio que los animales reducen su comportamiento general, y es en parte a esto que la eficiencia reproductiva y la productividad en el trópico sea baja (Deaton, 1980; Tewolde, 1986). Sin embargo, los animales bovinos que se encuentran en el medio tropical muestran diferentes grados de adaptabilidad, dependiendo del grupo racial que se trate.

Entre los grupos raciales existentes en los trópicos para la producción de leche se pueden contar: razas especializadas de origen europeo y con antecedentes de selección significativo, como Holstein, Jersey y Pardo Suizo, sus cruces con cebú y razas criollas como el Criollo Lechero Centroamericano, el Barroso Salmeco y el Costeño con cuernos, todas de origen Bos taurus. Para la producción de carne, los

grupos raciales presentes en los trópicos, son aquellos llamados comunmente Cebúes (Bos indicus), los europeos (Bos taurus), los Criollos (Bos taurus) y cruces que involucran a los tres (Tewolde, 1986; Tewolde, 1989; Tewolde et al., 1990). De todas las anteriormente señaladas, las razas europeas especializadas, sean para carne o leche, han tenido problemas de adaptabilidad (Cunningham y Syrstad, 1987), pero no los genotipos locales como los Criollos y el Cebú.

Los Criollos fueron introducidos a América en el siglo XVI, logrando desarrollar una alta rusticidad y adaptación al medio tropical (Molina, 1978; Plasse, 1982), sin embargo, el papel que han jugado en la producción animal no ha sido relevante (Tewolde et al., 1990). En aquellos trabajos donde se considera el componente reproductivo, el ganado criollo, muestra una fertilidad alta, bajo condiciones tropicales adversas (Medina et al., 1974; Molina et al., 1979; Hernández, 1979; Molina et al., 1982; Hernández et al., 1982). Pero los estudios de la capacidad reproductiva de los criollos o cruces de ellos con otro ganado han sido mayoritariamente descriptivos (Hernández et al., 1971; Hernández, 1979; De Alba, 1984; De Alba, 1985).

La eficiencia reproductiva en el ganado, es medida de diferentes maneras como: edad a primer parto, número de servicios por concepción, intervalo entre partos, índices de parición basado sobre la producción de un ternero por año e índices de eficiencia reproductiva (Anta et al., 1989; Vogt, 1990; Deshpande e Ingole, 1986) Aquellas características, como las de reproducción, no han sido candidatas a selección por contar con grados de herencia bajos (Duarte et al., 1988; Sequeira, 1986, Abubakar et al., 1986). La eficiencia reproductiva determina en gran medida las ganancias de una empresa ganadera pues, ya sea en producción de leche o de carne, estas ganancias dependen de la magnitud del período de reproducción de las hembras, ya que la productividad depende de la frecuencia de parición a lo largo de la vida del animal. Lo óptimo es que las hembras se reproduzcan anualmente. Por otra parte, la ER juega un papel indirecto en la presión de selección que se podría ejercer a un hato, con el fin de aumentar los niveles de producción por medio del mejoramiento genético.

Algunos índices que se pueden generar con base a la combinación de estas características reproductivas han sido utilizados para definir el manejo de hatos. Los índices también han sido estudiados con el fin de estimar la existencia y magnitud de variación genética. De esta manera el uso de índices podría ser útil en los programas de mejoramiento genético y podrían ser útiles para determinar la efectividad de los esquemas o programas de mejoramiento animal. La mayoría de los índices han sido elaborados para animales no tropicales, ya sea para producción de leche o de carne (Dohy, 1961; Wilcox et al., 1957; Deshpande e Ingole, 1986).

Por otra parte, las características que miden ER, han sido relacionadas con características de producción. De lo anterior se ha podido establecer la existencia de una asociación entre ellas en la mayoría de los casos, por lo que es posible incrementar la producción animal, mejorando la reproducción (Everett et al., 1966; Kragelund et al., 1979; Morris, 1980; Seykora y McDaniel, 1983; Cardona, 1989).

Con base en lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- 1.- Realizar evaluaciones genéticas de las características relacionadas con la eficiencia reproductiva (Edad a primer parto, intervalo entre partos, número de servicios por concepción y porcentaje de preñez a primero, segundo y tercer servicio), del hato lechero (Criollo Lechero Centroamericano, Jersey y cruces entre ellos) y del hato de carne (Romosinuano y Romo x Brahman), del CATIE.
- 2.- Estimar la variabilidad genética aditiva y no aditiva de los índices de eficiencia reproductiva generados con base en algunas de las características anteriormente señaladas, en los genotipos de carne y de leche.
- 3.- Establecer la relación fenotípica y genética entre la eficiencia reproductiva y la producción de leche.
- 4.- Comparar índices reproductivos para poder proponer un manejo genético que contribuya hacia el mejoramiento de la productividad.

2.-REVISION DE LITERATURA

La fertilidad es uno de los aspectos de mayor importancia, por afectar en forma directa a la producción animal. En climas templados es común considerar adecuada la fertilidad animal cuando se obtiene una cría por vaca por año, haciendo uso de genotipos especializados bajo condiciones de manejo óptimo, ya sea en producción de leche ó de carne. En estudios realizados (M.A.F.F., 1984), se ha podido constatar que una fertilidad baja, esto es, un intervalo entre partos de 14 o mas meses, produce perdidas de 70 Libras Esterlinas (USD \$171.50), por vaca por año en Inglaterra, por concepto de venta de leche, menor número de terneros, mayor depreciación del hato e incremento en los requerimientos de mantenimiento. En el trópico, la importancia se hace más evidente al no contar con la eficiencia productiva y reproductiva que se tiene en otros climas, por lo que el productor ha visto la necesidad de recurrir al uso de material genético no adaptado a las condiciones propias de estos ambientes (Vaccaro, 1984).

En climas tropicales, el uso de razas de origen europeo se ha extendido debido al déficit de alimentos de origen animal que impera en los países en vías de desarrollo y por la falta de recursos para implementar programas de mejoramiento animal en estas zonas, con resultados desastrosos en lo que a reproducción se refiere. Esto es principalmente debido a las condiciones ambientales adversas con que se enfrentan y como consecuencia, los animales tienden a disminuir su eficiencia reproductiva y por consiguiente, su productividad se ve disminuida (Román et al., 1983). Los genotipos de origen europeo más utilizados en la producción de leche en clima tropical, incluyen a razas como la Holstein, Jersey, Pardo Suiza y sus cruces con ganado cebuino (Vaccaro, 1974).

Por otra parte, también es cierto que en el trópico se cuenta con recursos genéticos importantes que no han sido explotados eficientemente a nivel de los productores pecuarios (Tewolde, 1988). Este es el caso del ganado Criollo, el cual ha sido comparado productivamente con otros

genotipos. Por ejemplo Muñoz y Martín (1969 a b), han mostrado, aunque fue a nivel de finca experimental, que los cruces que se producen de Criollo (en este caso fue el Lechero), a base de Brahman ó Santa Gertrudis, cuentan con mejores niveles de crecimiento, peso final al sacrificio y rendimiento en canal. Recientemente Cardona (1989), sugiere avances genéticos estimados en la producción total para el ganado Romosinuano, si la selección fuese dirigida hacia el peso al destete ó al promedio de kilos destetados por vaca.

Por otro lado De Alba y Kennedy (1985), analizando los registros correspondientes al período 1954-1981, del hato Criollo, Jersey y sus cruces recíprocos F1, encontraron un avance genético positivo en producción de leche de 8.5 ± 8.6 kg/año, encontrando además efectos heteróticos, donde los animales F1 (CxJ), obtuvieron una mayor producción a diferencia de las razas puras y los retrocruces 3/4. Por su parte, Salgado (1988), sugiere progresos genéticos significativos para producción de leche en el Criollo Lechero Centroamericano mediante el empleo de un índice de selección para ésta característica. Todavía trabajando con los registros de los Criollos, Campos (1989), señala que el ganado Criollo acorta su lactancia antes que la Jersey, lo que se puede interpretar como que la vaca Criolla llega al parto en mejores condiciones físicas y por ende, tener una mejor fertilidad posterior, medido por el intervalo parto-concepción. Sin embargo, Casas et al. (1990), encuentran que el peso al parto de la vaca no tiene influencia sobre el intervalo parto-concepción.

En otro orden de estudios, Martínez (1986), analizó la mortalidad de hembras desde el nacimiento a primer parto en el hato lechero del CATIE. En este estudio se encontró que el año de parto y edad de la vaca al parto, fueron los efectos más importantes en la sobrevivencia al nacimiento, mientras que a los 2 meses de edad los efectos de año y peso al nacimiento de la cría fueron los únicos importantes. El grupo racial influyó significativamente en la sobrevivencia a los 12 meses y al parto de la cría. El ganado Criollo mostró un comportamiento similar al de los cruces 3/4 (0.90 ± 0.02 y 0.92 ± 0.04 , respectivamente), por lo que la habilidad materna para estas características, es superior en el ganado

Criollo, a diferencia de la Jersey y las cruizas F1. Asimismo, con anterioridad Magofke (1964), encontró que el ganado Criollo presenta una precocidad similar a la raza Jersey, considerando la precocidad como edad al primer parto. Al mismo tiempo determina que a mayor edad al primer parto, mayor será la producción en la primera lactancia, pero, menor será la producción en la lactancia siguiente. Posteriormente, Alvarez (1975), determina que la raza Jersey es más precoz a diferencia del Criollo, por presentar la primera una edad a primer parto menor, a diferencia de la segunda. Como se aprecia, la información incluyendo características reproductivas es escasa, además de ser inconsistente, por lo que se hace necesario hacer estudios para determinar la factibilidad de su inclusión en programas de mejoramiento.

Todos los trabajos procedentes del CATIE, aún cuando enfatizan características productivas, de crecimiento y mortalidad, sugieren que los genes criollos (sean estos Romosinuano ó Criollo Lechero Centroamericano), tienen un grado de adaptabilidad al medio tropical húmedo como el de Turrialba. Por ello se puede pensar que los criollos, como recursos genéticos locales son fuentes viables de genes adaptados (Tewolde, 1986).

Sin embargo, se debe destacar en que muy poco se ha hecho en cuanto a la evaluación genética de características relacionadas con la eficiencia reproductiva involucrando los criollos, particularmente los del CATIE.

La mayoría de los trabajos reportados en cuanto a reproducción se refiere, proceden de climas templados ó subtropicales y en su mayoría involucran genotipos que no son como los del CATIE. En este sentido, aún cuando se ha trabajado con varias características relacionadas con la reproducción animal, no todos tienen la misma capacidad de definir la eficiencia reproductiva. Por ejemplo, Everett et al. (1966), señalan el número de servicios por concepción como mejor medida de la diferencia en fertilidad entre las vacas que el intervalo entre partos. Pero también mencionan varias de las características además de las arriba listadas, como el porcentaje de no retorno al celo después del primer servicio.

Para propósitos del presente estudio, se tomará la definición de eficiencia reproductiva propuesta por Gonzalez (1984). El autor considera la eficiencia reproductiva como los eventos fisiológicos sexuales, de la hembra. Ellos incluyen: edad a la pubertad, fertilidad (hembras paridas/hembras servidas), duración de la gestación, intervalo postparto al servicio, al primer celo, a la concepción, entre partos, número de servicios por concepción, así como la inclusión de índices de eficiencia reproductiva (Dohy, 1961; Wilcox et al., 1957; Desphande e Ingole, 1986).

Los índices de eficiencia reproductiva consideran de una manera u otra, diferentes características como la edad al primer parto y el intervalo entre partos en sus propias definiciones. La finalidad de estos, es poder expresar en forma sencilla la fertilidad de un hato y así utilizarlo en su sistema de manejo. Por ejemplo Dohy (1961), indica que haciendo uso del índice propuesto por él, la fertilidad se considera buena cuando el índice es 48 % ó más, promedio cuando se encuentra entre 41 y 47 % y pobre cuando es menor a 40 %. Por otro lado se espera que los bajos índices de herencia observados para edad al primer parto, intervalo entre partos y número de servicios por concepción (Sequeira, 1986; Vaccaro y Vaccaro, 1981; Segura e Hinojosa, 1986), ahora tengan heredabilidades mas altas bajo un concepto de índice de eficiencia reproductiva.

Los índices de eficiencia propuestos por Wilcox et al. (1957) y Dohy (1961), fueron principalmente para ganado de clima templado especializado, mientras que el índice de Desphande e Ingole (1986), fue hecho considerando las características propias de ganado tropical, pues toma como edad a primer parto 900 días (3 años aproximadamente).

Los distintos trabajos hasta ahora revisados señalan claramente que tanto factores genéticos como ambientales inciden también, aunque en proporciones diferentes, sobre las características reproductivas. A continuación se hará revisión de trabajos relevantes dentro de este marco.

2.1.-Factores genéticos que afectan las características relacionadas con la eficiencia reproductiva.

La eficiencia reproductiva, al igual que las características productivas, ya sea en producción de leche, o de carne, se encuentra influenciada por factores genéticos que determinan su comportamiento. Estos incluyen a la variabilidad debida al grupo racial, al semental, individual, etc. No todas las características son influenciadas por los componentes genéticos de magnitud similar. Por ejemplo algunas son más sensibles a diferencias entre grupos raciales, mientras que otras sean para diferencias individuales dentro del grupo racial.

Entre los principales factores que afectan las características reproductivas está el grupo racial. Diversos autores han establecido el efecto significativo que ejerce el grupo racial sobre la presentación de la fertilidad (McDowell, 1985; Roy et al., 1987; Martínez et al., 1988).

La edad al primer parto (EPP), en ganado tropical es alrededor de los 990 días (aproximadamente 3 años). De acuerdo a Alvarez (1975), el ganado Criollo presenta una edad a primer parto, en forma tardía a diferencia de la raza Jersey y las cruza entre ellas, sin embargo, anteriormente Magofke (1964), utilizando la información de los mismos animales, indica no haber encontrado diferencias para esta característica entre los dos grupos raciales. Esto puede ser debido a que Magofke (1964), analizó un número pequeño de registros, por lo que no se pudieron detectar diferencias para EPP, por lo que las conclusiones de Alvarez (1975), serían de mayor importancia. Manriquez et al. (1983), utilizando información de Holstein y Suizo Pardo establecido en el trópico Mexicano, estiman que diversos grupos raciales europeos presentan el mismo comportamiento entre ellas, disminuyendo su precocidad, a diferencia de lo que ocurre en climas templados. En general bajo condiciones tropicales, EPP varía entre grupos raciales desde los 35 a los 38 meses, sin embargo, por el estrés sufrido por los distintos grupos raciales, ésta se puede retrasar hasta los 47 meses (Martínez, 1979; González, 1984).

El intervalo entre partos (IEP), es una característica comunmente usada para definir la eficiencia reproductiva de un hato (González, 1984; Vaccaro, 1984).

Por ejemplo Vaccaro (1984), comparando cruces que involucran las razas Holstein, Pardo Suizo y Cebú en una revisión de literatura del trópico Americano, muestra efectos de grupo racial sobre IEP, donde aquellas con sangre Holstein presentan un menor intervalo entre partos (421 días), a diferencia de el cruce entre Pardo Suizo con Cebú (474 días), siendo este un efecto altamente significativo. McDowell (1985), corrobora los resultados de Vaccaro (1984), pues indica que en el cruzamiento de un raza nativa con una Europea, para producción de leche, los cruces presentan un menor intervalo entre partos, a diferencia de las razas originales, señalando que los individuos F1, presentan un mejor comportamiento que los animales 3/4, ya sean Cebú o Europeo. El mismo comportamiento es apreciado por Martínez et al. (1988), los cuales observan que el menor intervalo entre partos lo presentan aquellos con 50% de raza Europea (444 días), a diferencia del grupo racial Europeo puro (471 días), al ser encastados con Cebú. Sin embargo, Duarte et al. (1988), encuentra que los animales 3/4 de cruce entre Bos indicus y Bos taurus, presentan un comportamiento similar a los F1. El cruzamiento entre los distintos grupos raciales, ejerce un efecto importante sobre el intervalo entre partos. Cunningham y Syrstad (1987), indican la ventaja del uso de cruces en características reproductivas, por el vigor híbrido que se produce para su expresión. Lo anterior señala que el IEP no solo es indicativo de la eficiencia reproductiva, sino que también indica la adaptabilidad al medio que presentan los animales.

Con respecto a número de servicios por concepción, Everett et al. (1966), indican que es la medida más representativa para determinar la eficiencia reproductiva de un animal ó hato, por ser una característica medida al inicio del IEP, guardando una estrecha relación con esta. Poca información es posible recopilar sobre esta característica, por ser una medición poco considerada en programas de mejoramiento animal. Román et al. (1983), señalan que entre grupos raciales Holstein y Suizo Pardo establecidos en trópico de México, la diferencia de servicios por

concepción, favorece a la raza Suizo Pardo (2.9 servicios), a diferencia de la Holstein (2.2 servicios), mientras Manriquez et al. (1983), indican no encontrar diferencia en servicios por concepción entre Holstein y Pardo Suizo.

Esto indica diferencias entre grupos raciales para el número de servicios por concepción, aunque es difícil poder determinar con exactitud ésta diferencia, ya que esta característica se encuentra influenciada grandemente por el ambiente.

Los resultados señalados anteriormente indican la diferencia entre grupos raciales sobre la fertilidad. Sin embargo estas características, presentan variabilidad individual dentro de grupo racial reducida, por lo que los parámetros genéticos para ellas estimadas son bajos (Everett et al., 1966; Vaccaro y Vaccaro, 1981; Segura e Hinojosa, 1986, Duarte et al., 1988).

Los estimadores de parámetros genéticos de características reproductivas se encuentran en general, cercanos a cero, por lo que se considera que son los factores ambientales los que se encuentran incidiendo sobre ellos. Estos parámetros (r y h^2), varían entre 0 y .20 (Everett et al., 1966; Vaccaro y Vaccaro, 1981; Segura e Hinojosa, 1986, Duarte et al., 1988). Ante esta realidad, la estrategia genética que corresponde, es realizar sistemas de cruzamiento dirigido y eficiente. Lo anterior es con el fin de aprovechar el efecto de heterosis.

Los índices de eficiencia reproductiva (IER), aunque poco estudiados, pueden representar una fuente importante de variabilidad genética.

La heredabilidad para el índice de Eficiencia reproductiva ha sido poco estudiado. Uno de los primeros intentos fue hecho por Wilcox et al. (1957), quienes utilizando la información de un hato Holstein-Friesian en los Estados Unidos, reportan una regresión madre-hija, de vacas entre el segundo y sexto parto, para obtener una heredabilidad de 0.32. Al mismo tiempo consideran la longevidad en términos de número de Partos, encontrando una heredabilidad igual a .37. La correlación genética para

ambas características fue de 0.0, por lo que en ese hato bajo estudio, la selección para cualquiera de las características puede ser considerada en forma conjunta por no existir relación entre ellas. En porcinos, Molenaar y Steen (1984), utilizando índices de fertilidad, obtienen heredabilidad que fluctuaron entre 0.07 y 0.4 en características reproductivas por lo que el uso de los índices generados por ellos son útiles en la selección para características reproductivas en esa especie y en el hato estudiado por ellos. Deshpande e Ingole (1986), estiman heredabilidad en un hato cruzado entre Friesian x Sahiwal en la India, a través del método indicado por Wilcox *et al.* (1957), y el índice propuesto por los últimos autores, encontrando un estimador cercano a cero (0.044 ± 0.012 y 0.036 ± 0.1), señalando que en este hato, el índice de eficiencia no es susceptible de ser incluido como herramienta de selección.

El uso de Índices para expresar la eficiencia reproductiva, permite determinar en forma indirecta el estado de fertilidad en el que se encuentra el hato. Aunque la evidencia no es clara, ésta sugiere que los índices se encuentran influidos por efectos aditivos, aunque sean bajos, pues su expresión como propio del genotipo del animal, presenta en ocasiones heredabilidades altas.

A partir de la información expuesta anteriormente, es posible apreciar que existen factores genéticos que afectan las características relacionadas con la eficiencia reproductiva. Esta influencia es debida primordialmente al grupo racial. Sin embargo, aunque la variabilidad individual dentro de grupo racial generalmente es considerada negligible, es necesario conocerla, ya que en algunos casos su magnitud puede ser importante.

2.2.-Factores ambientales que afectan las características relacionadas con la eficiencia reproductiva.

La eficiencia reproductiva se ve afectada por diversos efectos ambientales. Entre los más importantes se consideran: Año y época de nacimiento y de parto, edad y/o número de parto, alimentación y manejo del hato y factores climáticos (Sequeira, 1986).

El año de nacimiento de la vaca es una fuente importante de variación para la eficiencia reproductiva (Martínez, 1979; Segura e Hinojosa, 1986; Duarte et al., 1988; Casas et al., 1990). Por ejemplo, EPP se ve influenciada por la variabilidad entre año, según trabajos realizados por varios autores (Martínez, 1979; Batra et al., 1983; Segura e Hinojosa, 1986; Duarte et al., 1988). Sequeira (1986), al estudiar el efecto de año de nacimiento sobre EPP en un hato de ganado Suizo y Criollo en Nicaragua, encuentra que en general la media de la característica tiende a disminuir conforme transcurre el tiempo. La explicación señalada por Sequeira (1986), se refiere a las condiciones de manejo del hato, las cuales paulatinamente son mejores a través del tiempo, por efecto de la asistencia técnica en la finca en estudio. De la misma forma, el año de parto es una fuente de variación importante para el IEP (Perozo, 1971; Morales, 1972; Martínez, 1979; McDowell, 1985; Hinojosa y Segura, 1986; Sequeira, 1986; Anta et al., 1989; Duarte et al., 1988). De la misma forma, Sequeira (1986), también señala que al igual que EPP, IEP presenta un efecto importante del año, donde al inicio del hato, IEP era mayor a diferencia de los últimos años incluidos en su estudio. La explicación ofrecida por Sequeira (1986), es similar a la expuesta para EPP, donde las condiciones de manejo han sido mejoradas notablemente, viéndose reflejado en la presentación de IEP.

La época de nacimiento de la madre y de parto de la cría, influye sobre la eficiencia reproductiva del ganado. Hinojosa y Segura (1986), en una región tropical del sureste de México, encontraron que hembras nacidas durante la época seca (Noviembre-Abril), tenían una tendencia de EPP mayor que las que nacieran durante la época lluviosa (Mayo-Octubre),

siendo sus medias de $1174_{\pm 13}$ y $1119_{\pm 16}$ días respectivamente. La implicación de este hecho es en realidad la diferencia en cantidad y calidad de forrajes que disponían cuando se encontraban en crecimiento, pues los animales estudiados fueron manejados bajo pastoreo. Resultados similares fueron señalados en Venezuela por Vaccaro y Vaccaro (1982). Estos últimos han corroborado el efecto que ejerce la época sobre EPP, pues al estudiar un hato compuesto por animales Holstein-Friesian y Pardo Suizo en un sistema intensivo, encontraron una diferencia de la presentación de EPP de 1.9 meses para aquellas vacas nacidas en época seca y 1.4 meses para vacas nacidas en época lluviosa. El efecto fue observado porque los animales eran alimentados a base de forraje producido en la finca.

Se ha visto que la época también desempeña un papel considerable sobre el IEP. Román y Flores (1980), en un hato de cruces cebú con Holstein y Pardo Suizo en Veracruz, México, demostraron que cuando los partos ocurrieron en la época calurosa, hubo una tendencia a períodos mayores en el intervalo parto-concepción, mayor número de servicios por concepción e intervalos entre partos más largos, a diferencia de la época donde las temperaturas son menos severas. Otros autores han corroborado los resultados obtenidos por Román y Flores (1980), encontrando que durante la época de lluvias o cuando las temperaturas no son tan extremas, se incrementa la eficiencia reproductiva (Bodisco et al., 1974; Martínez, 1979; Duarte et al., 1988; Shukla et al., 1988; Magaña et al., 1990). Las razones para esto también son las mismas que las señaladas anteriormente.

Igualmente la edad y el número de parto, tienen una influencia importante sobre las características relacionadas con la eficiencia reproductiva. En este sentido Plasse et al. (1972), en un trabajo donde estima la influencia de efectos ambientales sobre un hato Brahman de registro en Venezuela, concluye que el intervalo entre partos presenta una forma hiperbólica en relación a la edad de la vaca al parto. Esto es, en los primeros y en los últimos años de la vida productiva del animal, los intervalos son en general de mayor magnitud (410-450 días), mientras que los partos que ocurren entre el 4^o y el 7^o año de edad

están asociados con IEP menores (380-420 días), en sistemas de producción de carne especializados. La posible explicación es que las vacas alcanzan su madurez fisiológica en los años intermedios, por lo que su comportamiento reproductivo se hace más eficiente. Tal explicación es compartida por Plasse et al. (1972), León (1980) y Silerio y Tewolde (1985), entre otros.

Con respecto a la eficiencia reproductiva entre novillas y vacas, las primeras son más eficientes, pues requieren un menor número de servicios por concepción, al compararlas con las vacas productoras. Esto fue observado por Vaccaro y Vaccaro (1982), quienes al estudiar las características relacionadas con la eficiencia reproductiva de un hato que incluía animales Mestizos y Holstein-Friesian en Venezuela, las novillas requerían 1.8 servicios, mientras las vacas que se encontraban en producción requerían 2.3 servicios por concepción. Este efecto ha sido señalado anteriormente, explicándose como la inhabilidad de la vaca de mantener la temperatura corporal por la producción de calor generada por la lactancia (Dunlap y Vincent, 1971; Collier et al., 1982; Monty, 1984; Thatcher et al., 1984; Badinga et al., 1985).

En zonas calientes con humedades relativas elevadas, como es el caso del trópico húmedo Americano, el comportamiento reproductivo generalmente se ve afectado negativamente en forma significativa. En ganado europeo, los problemas reproductivos se acentúan ya que se ha demostrado que la temperatura tiene una relación inversa con la tasa de concepción (Gwazdauskas et al., 1975). La fertilidad de bovinos expuestos al estrés térmico experimenta una baja. Esta puede ser debida a una falla en la concepción o por muerte embrionaria (Johnson, 1987). Algunos estudios han señalado que animales sujetos a temperaturas ambientales elevadas, se enfrentan con problemas en el momento de la concepción. Estos problemas pueden ser debidos a que no es posible la fecundación, o por una muerte embrionaria temprana. La muerte embrionaria es difícil que suceda por efecto de la temperatura después de los 35 días postinseminación, por lo que su efecto debe suceder en los días alrededor del estro y/o inseminación. De hecho, diversos trabajos indican lo anterior (Dunlap y Vincent, 1971; Collier et al.,

1982; Thatcher et al., 1984; Johnson, 1987). Ingrahim et al. (1974), e Ingrahim et al. (1976), estudiando el efecto del estrés térmico en un hato Holstein establecido en trópico, definen la relación entre la temperatura y humedad con la tasa de concepción. Estos autores encontraron que la relación se encuentra explicada en un 80% por el índice de temperatura-humedad (THI). Vieron que la relación más importante entre el THI con la tasa de concepción se presentaba dos días antes del estro. Sin embargo, otros autores han estimado que son el día anterior, el día y el día posterior al estro, los determinantes en la falla de la concepción debida a la temperatura (Gwazdauskas et al., 1973). La apreciación más importante que se puede señalar, es el efecto que causa el estrés térmico en los días alrededor de la concepción

2.3.-Relación entre eficiencia reproductiva y producción.

El conocimiento de las posibles relaciones funcionales entre características de producción, crecimiento y de reproducción, son importantes en cuanto a la definición apropiada del manejo animal se refiere, incluyendo la estrategia del manejo genético animal.

Morris (1980), presentó una revisión en la que relacionó aspectos reproductivos en vacas destinadas a producción de carne, donde se incluían tanto razas Bos taurus como Bos indicus, con su vida reproductiva. Con base en esta revisión, Morris (1980), señaló que es difícil poder generalizar si la fertilidad en la primera y subsiguientes estaciones se relacionaba en forma positiva ó negativa con la vida productiva. Esta relación se encuentra en función de los niveles nutricionales, prácticas de manejo y de el grupo racial. En esta misma revisión, el autor trata de asociar la fertilidad durante la primera época de apareamiento, con la fertilidad posterior, pudiendo establecer que la reproducción a temprana edad, se encontraba ligada con una mayor producción a lo largo de la vida del animal, por presentar una mayor eficiencia reproductiva. Esto se encuentra influido por el hecho que

animales que entran a empadre a temprana edad (2 años), generalmente producen más kilos destetados por vaca, a diferencia de aquellas que entran a los 3 años a gestar su primer producto, teniendo una diferencia en producción a lo largo de su vida productiva.

La relación existente entre la fertilidad y el peso de las vaquillas, no se encuentra bien definida, pues el peso y la edad del animal no es criterio suficiente para predecir la eficiencia reproductiva de las vacas (Morris, 1980). El autor indica que probablemente, la variación en el peso sea más bien un efecto y no una causa, aún cuando este sea utilizado como indicador, por la facilidad de medición.

En el mismo orden, diversos autores han establecido la relación entre la reproducción animal y su productividad. Es así el caso de Everett et al.(1966), quienes al relacionar genéticamente la eficiencia reproductiva (considerada como EPP, IEP, número de servicios por concepción, días a primer servicio, días de primer servicio a concepción), con la producción de leche a 120 días, en animales de raza Holstein y Guernsey, encuentran que las Holstein presentan una mejor eficiencia reproductiva a diferencia de las Guernsey. Los servicios por concepción y los días del primer servicio a la concepción, fueron los mejores indicadores de la eficiencia reproductiva, los cuales son parte intrínseca del intervalo entre partos, así como de los días abiertos. Los días abiertos y el intervalo entre partos fueron mejores indicadores a diferencia de los días del parto a primer servicio, el cual fue el peor indicador.

Con un propósito práctico, la producción de leche a 120 días fue considerada como independiente de las medidas de eficiencia reproductiva. Las correlaciones genéticas entre producción de leche a 120 días y producción de grasa, con las medidas reproductivas, fueron aproximadamente de 0.5. Pero como las heredabilidades de las características reproductivas señaladas anteriormente, fueron cercanas a cero, la selección para producción de leche a 120 días ó para las medidas de fertilidad serán infructuosas para aumentar la selección de éstas últimas. Sin embargo, la regresión de la eficiencia reproductiva

sobre producción a 120 días, fue ligeramente negativa para cada característica reproductiva, excepto para servicios por concepción. Esto indica que, conforme se incrementa la producción de leche a 120 días, la eficiencia en la reproducción se incrementará un poco, aunque de forma no significativa. De cualquier forma queda manifestado el hecho de que las prácticas de selección sobre producción no son antagónicas con la reproducción.

Así mismo, Everett et al. (1966), concluyen que la regresión de las medidas de eficiencia reproductiva, sobre la edad, mostró que conforme las vacas envejecían, la eficiencia mejoraba.

Anteriormente, Gaalaas y Plowman (1963), relacionaron la longevidad de las vacas con su vida productiva, en un total de 3879 hijas de 123 toros, para estudiar la relación entre la producción de leche y la producción de grasa de la primera lactación, con la longevidad en 79 hatos en Estados Unidos. Ellos pudieron establecer que, en promedio, aquellos animales con producciones en primera lactancia superiores, permanecieron en el hato durante un tiempo mayor, por medio de la regresión de edad sobre producción, aunque resultó no muy grande.

Posteriormente, Kragelund et al. (1979), utilizando registros de producción de 7117 lactaciones de Friesian en Israel, trataron de estimar la relación fenotípica y genética entre la eficiencia reproductiva y producción de leche. Las características (IEP y días abiertos) reproductivas se midieron en el período previo a la lactación en la que se midió la producción de leche. La relación fenotípica entre días abiertos y producción de leche en la siguiente lactación fue positiva. La correlación genética entre las dos características fue alta, variando de 0.62 a 0.72, usando un análisis genético en base a 2, 10 y 15 hijas por semental. Los autores encuentran una relación fenotípica negativa entre producción de leche y eficiencia reproductiva, esto es, el coeficiente de regresión de los días abiertos sobre producción de leche varió de 6 a casi 8, por lo que concluyen que como resultado de la selección para producción de leche, por cada kilogramo de leche que se obtenga, se aumentarán los días abiertos entre 6 y 8 días.

Seykora y McDaniel (1983), utilizando 5802 registros de producción de vacas Holstein en producción en Carolina del Norte, encuentran resultados similares a los de Kragelund et al.(1979), indicando que por cada incremento genético de 1000 kg de leche, se aumentarán de 5 a 10 días abiertos.

Tales estudios en condiciones tropicales, particularmente de America Latina, son limitados, más aún si se consideran los recursos genéticos locales como los criollos. De los que se pueden mencionar, incluye el trabajo que se hizo en el ganado Romosinuano (Tewolde, 1988; Cardona, 1989). En dichos trabajos también se vió que los avances genéticos para crecimiento no afectaban la adaptabilidad al medio en forma negativa.

Los trabajos que se revisaron en cuanto a la relación entre características relacionadas con la eficiencia reproductiva y características de producción parecen indicar la inexistencia de antagonismo genético entre ellas. Esto implica que las estrategias de selección para características de producción, siendo efectivas (porque cuentan con variabilidad genética importante), no perjudican las características reproductivas. Pero selección para estas características no es eficiente por contar estas con baja variabilidad genética.

3.-MATERIALES Y METODOS

3.1.- LOCALIZACION DEL ESTUDIO.

El presente trabajo se realizó utilizando los registros productivos de la finca experimental de Ganadería Tropical del CATIE. La misma se encuentra localizada en Turrialba, Costa Rica a $9^{\circ} 53' 21''$ latitud norte y $83^{\circ} 39' 40''$ longitud oeste, con una altitud de 645 msnm. El clima corresponde a un Af, según la clasificación de Koppen (García.1981), presentando una temperatura media anual de 22.5°C , siendo la máxima de 27°C y la mínima de 17.6°C . La precipitación pluvial es de 2609 mm anuales, donde los meses de menor precipitación corresponden a enero, febrero, marzo y abril. La humedad relativa promedio es de 87.4% (Cardona, 1989).

3.2.- ORIGEN Y DESARROLLO DE LOS HATOS.

3.2.1.- Hato de carne.

En 1955, se adquiere un semental Romosinuano, proveniente de Carolina del Norte en los Estados Unidos, aún cuando su origen fuera Colombiano. En 1960, se importan 3 toros más y siete vaquillas, procedentes de Carolina del Norte en Estados Unidos, pues el programa para desarrollar animales aptos para tierras costeras, se discontinuaba en ese país (De Alba, 1984). En la Figura 1, es posible apreciar la distribución de los grupos raciales en el hato productor de carne. En el inicio del hato de carne en CATIE, los vientres fueron de hembras Brangus, Criollo Lechero y Romosinuano, con el objeto de hacer un cruzamiento absorbente para la obtención de animales $7/8$ Romosinuano. A partir de 1969, tratando de evitar consanguinidad en el hato, se cruzaron hembras con sangre predominantemente Romo, con semen de Charolais y Angus Rojo. Los cruces resultantes fueron nuevamente

cruzados con Romosinuano. Posteriormente, para evitar la misma situación, se hizo el mismo esquema de cruzamiento, con semen de Holstein Rojo, Rojo Danés y South Devon. En la actualidad, el hato se encuentra compuesto primordialmente por animales de sangre Romosinuano, así como por cruces de Romo con Brahman en diferentes grados (De Alba, 1984; Cardona, 1989).

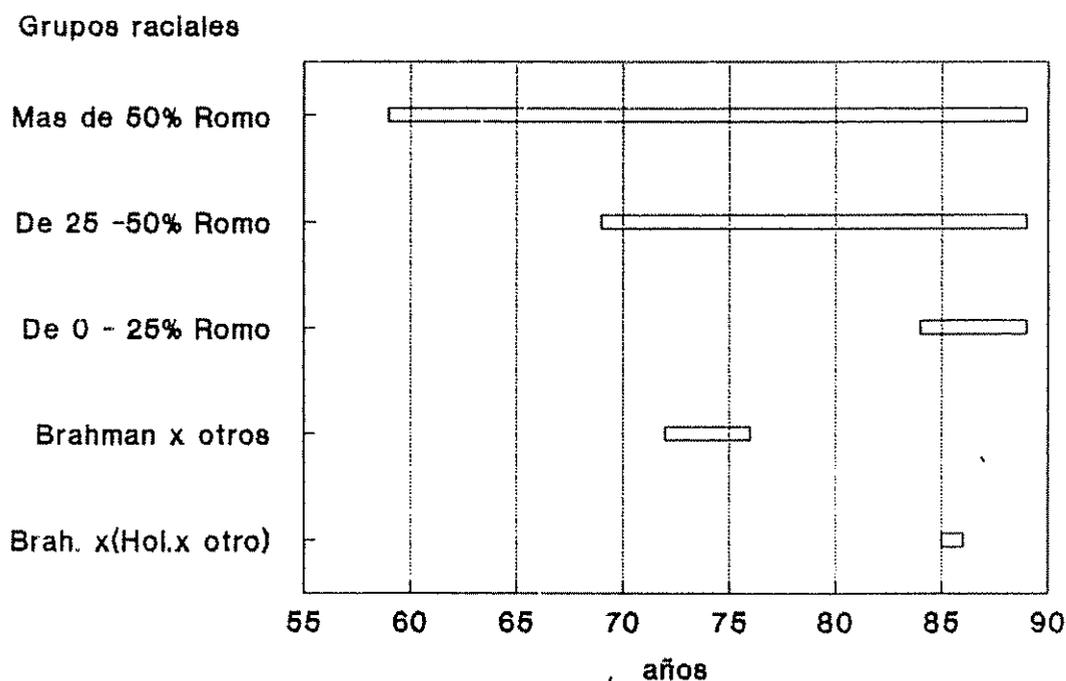
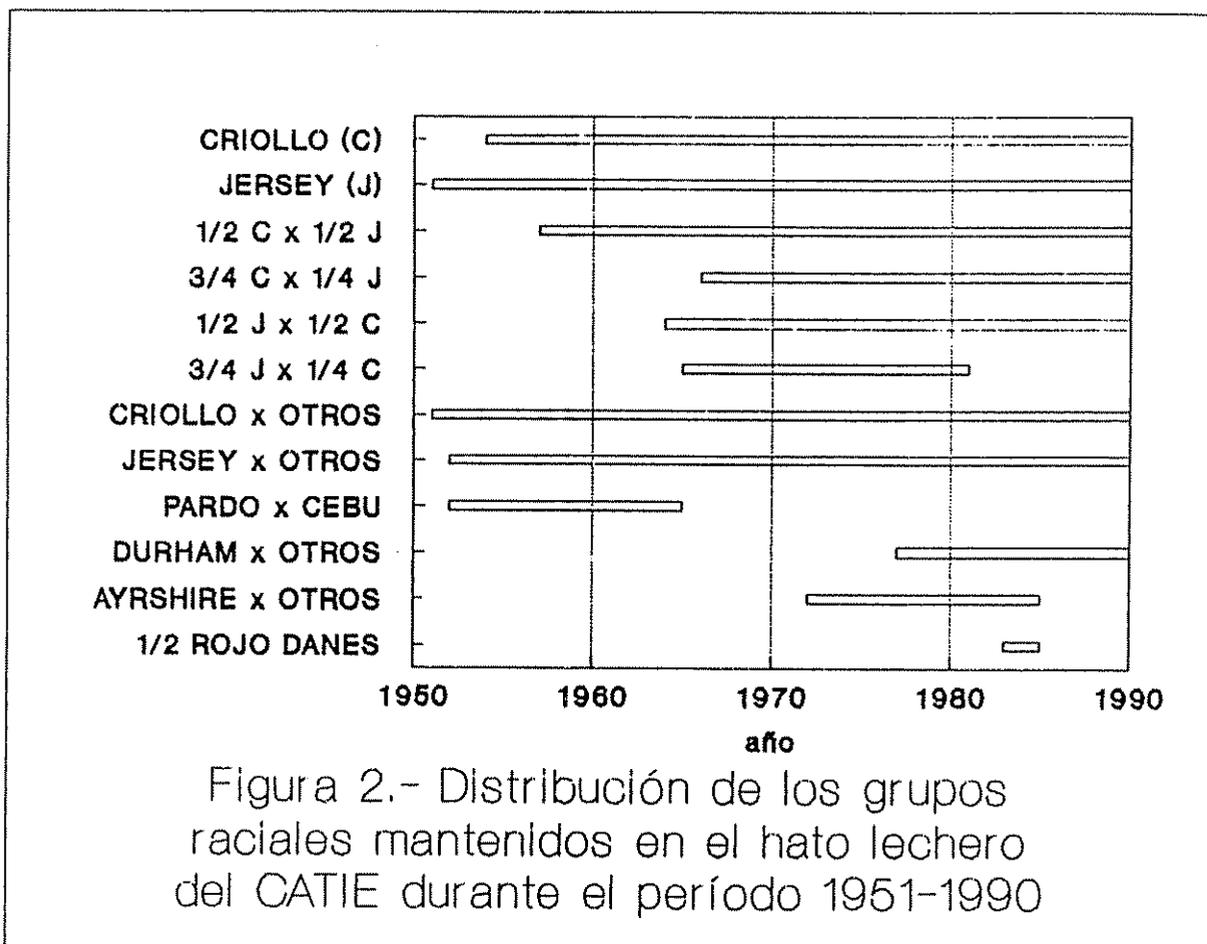


Figura 1.-Distribución de los grupos raciales mantenidos en el hato de carne del CATIE durante el período 1959-1989

3.2.2.- Hato lechero.

En 1947, ingresan a la finca de ganadería del CATIE, 13 vacas Criollas, denominadas comunmente Criollo Lechero Centroamericano, procedentes de Rivas Nicaragua. Dos años después, se importan 7 vacas y 2 toros, del mismo sitio. En 1951, se adquieren 20 vacas y 2 toros de Nicaragua. Hasta 1952 se vuelve a introducir material genético de estos animales, al ser traídos desde Honduras 33 vacas. Después de este año, solo se importaron Criollos procedentes de Nicaragua, siendo estas introducciones de una vaca y un toro en 1955; diez vacas en 1958; 17 vacas en 1965 y 4 sementales en 1983 (De Alba, 1985). Los Jersey se introducen originalmente en el hato en 1951 (Figura 2). El tipo de animales que predomina en la actualidad, es el de Criollo Lechero Centroamericano, Jersey y sus cruces. Sin embargo, los grupos raciales han variado con el tiempo. Al principio, se hicieron cruces entre Jersey y Pardo Suizo con Cebú. Luego, utilizando sementales Pardo Suizo, se trató de absorber hacia esa raza. En 1966, todos estos cruces fueron eliminados para dar lugar al programa de cruzamientos entre Jersey y Criollo, el cual había iniciado en 1959. Entre 1968 y 1970, se utilizan sementales de diversas razas (Ayrshire, Rojo Danés y Holstein rojo). En 1973, se utilizan machos de raza Durham, con el fin de absorber hacia esa raza, sin embargo el plan concluye en 1982. A partir de ese año, el objetivo primordial es conservar, multiplicar y mejorar el Criollo Lechero Centroamericano. De esta forma, quedan en el hato, diferentes grupos raciales, donde predomina el Criollo, el Jersey y sus cruces. En la Figura 2, es posible apreciar la variación de los grupos raciales, en relación al tiempo de permanencia en la finca, del área de ganadería tropical del CATIE.



3.3.- MANEJO DE LOS HATOS.

3.3.1.- Manejo del hato de carne.

El manejo que recibe este hato, es básicamente de pastoreo durante todo el año, con suplementación de sal común y minerales. Los potreros asignados a este ganado presentan una cubierta con base en Estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*), y pasto natural, donde los géneros más predominantes son *Axonopus* y *Paspalum*. Como se indicó anteriormente, el estrella africana fue introducido en 1969, quedando algunas áreas de pasto natural. Como se observará más adelante, los análisis estadísticos consideran el tiempo y manejo de los animales previo a 1969, como un manejo determinado (manejo 1) y el período y los animales posteriores a 1969 se consideran como otro tipo de manejo (manejo 2). Esto fue

principalmente para evitar confusiones entre los ambientes y grupos raciales.

El empadre es a base de monta natural de 90 días (20 de Mayo al 20 de Agosto). A los sementales se les proporciona un kilogramo de melaza diario, un mes antes del inicio del empadre. Las hembras son palpadas a los 2 meses de terminado el empadre, ocurriendo los partos entre febrero y marzo del siguiente año. Aquellas hembras que por alguna razón no quedan gestantes, son desechadas del hato, a menos que sean de primer parto, las cuales reciben otra oportunidad de producir cría en el siguiente empadre. El desecho también se realiza por edad ó enfermedad.

El hato compuesto por cruces de Romosinuano con Brahman, en un sistema de cruzamiento alterno, es inseminado artificialmente con semen de Brahman, a menos que se determine su cruce con el Romosinuano, donde entrarían en el empadre a base de monta natural.

Las crías permanecen con la madre desde el nacimiento hasta el destete. El destete se realiza a los 7 meses de edad, entrando tanto los machos, cómo las hembras, a una prueba de comportamiento en pastoreo durante 140 días después del destete. Esta práctica se realiza en la finca desde 1982. Aunque anteriormente, el hato se seleccionaba en base a peso a destete, el criterio ha cambiado. El criterio de selección en la actualidad, es seleccionar hembras en base a peso a destete, mientras los machos son seleccionados por medio de un índice, el cual considera, además del peso a destete, la ganancia postdestete en pastoreo y el peso a los 12 meses de edad. Sin embargo, basándose en un trabajo documentado en el mismo hato (Cardona, 1989), donde se concluye que el posible antagonismo genético entre el efecto genético directo y materno no existe, se ha uniformizado la política de selección en este hato. Esto es, el criterio de selección genética es con base en peso al destete ajustado por la edad de la cría y de la madre.

3.3.2.- Manejo del hato Lechero.

La alimentación del hato lechero, compuesto de Criollo Lechero Centroamericano ó Reyna, Jersey y cruces entre ellos, se basa en pastoreo, a excepción de las primeras etapas de crianza de las terneras. El suelo se clasifica como Inceptisol Typic distropepts.

El pasto estrella (Cynodon nlemfluensis), predomina en los potreros a partir de 1965, aunque todavía existen pequeñas áreas de pasto natural, Guinea (Panicum maximum), Jaragua, Brachiaria y Pasto amargo (Paspalum conjugatum) (Salgado, 1988).

La lechería consta de tres unidades de producción. La primera corresponde al sistema intensivo, iniciada en 1977 y que ocupa una extensión de 4.45 ha, soportando una carga de 6.0-7.0 UA/ha, dependiendo de la época del año. El segundo sistema es el demostrativo, iniciado en 1983. Ocupa 12 ha de terreno, soportando 3.0-4.0 UA/ha. El tercero, denominado como lechería general, fue el que dió origen a los dos anteriores. Se encuentra en un área de 58 ha, siendo el que se maneja en forma más extensiva y con cargas más bajas, a diferencia de los anteriores.

La política de manejo de los machos, es su eliminación a los pocos días de nacidos, si no son seleccionados. Las hembras de reemplazo son criadas básicamente en tres etapas: 1) Al momento de nacer son separadas de la madre, y alimentadas durante 5 días con calostro (4 kg/animal/día, distribuidos en dos tomas). 2) Luego son introducidas en jaulas individuales, hasta los 2 meses de edad, alimentándolas con leche entera (4 kg/animal/día, en dos tomas), concentrado a libre acceso y 6 horas diarias de pastoreo. 3) Posteriormente se llevan a jaulas comunales, ofreciéndoles 1 kg/día de concentrado y 6 horas diarias de pastoreo, hasta alcanzar 80 kg de peso. Posteriormente pasan a pastoreo continuo, aunque se les sigue suministrando la misma cantidad de concentrado, hasta alcanzar 150 kg de peso (14 meses aproximadamente). En este momento, las terneras pasan al grupo de novillas de reemplazo. Solo se les ofrece sal común, y harina de hueso una vez al mes. En esta etapa se

lleva a cabo la marcación. A partir de 1983, las hembras son pesadas mensualmente desde el nacimiento, hasta el primer parto.

Se considera que una vaquilla está en condiciones de ser inseminada, al alcanzar 250 kg de peso si es criolla y 240 kg si es Jersey. En la lechería del CATIE se utiliza inseminación artificial casi en forma exclusiva. El semen proviene de sementales Criollos y Jersey puros. En la historia del hato, se ha usado semen de Ayrshire, Pardo Sulzo, Durham, Rojo Danés y Holstein rojo, como se señaló, aunque esto ocurrió en lapsos cortos de tiempo. Las razones para su introducción no se conocen por no haberse documentado. Únicamente el semen de Criollo es colectado y procesado en la finca. En la actualidad las vacas, e inclusive las vaquillas, son desechadas después de 4 servicios no aprovechados, mismo que ha variado con el tiempo. Son palpadas 2 meses después del servicio y a los 5 meses de gestación se transfieren al grupo de vacas secas. Ocho días antes del parto, son conducidas a los parideros, hasta que se incluyen en el grupo de productoras.

El ordeño es mecánico desde 1962, siendo dos ordeños al día (3:00 A.M. y 3:00 P.M.). En el ordeño, cada vaca recibe 1 kg de melaza. La producción de leche es medida cada 14 días y se muestrea para determinar grasa y proteína mensualmente. La producción de leche es ajustada a 305 días (producción por corte), donde aquellas lactancias con menos de 305 días se les aumenta hasta esos días y si la lactancia es mayor, se recorta la producción (Salgado, 1988; Campos, 1989).

3.4.- Descripción de la información utilizada en el presente estudio.

3.4.1.- Hato de carne.

Para el estudio de características reproductivas del hato, se codificaron los registros de producción de la finca del área de Ganadería Tropical del CATIE, entre los años de 1959 a 1989. Las variables codificadas fueron:

- 1.- Identificación de la vaca.
- 2.- Grupo racial de la vaca.
- 3.- Fecha de nacimiento de la vaca (día, mes año).
- 4.- Padre de la vaca.
- 5.- Grupo racial del padre de la vaca.
- 6.- Madre de la vaca.
- 7.- Grupo racial de la madre de la vaca.
- 8.- Consanguinidad de la vaca.
- 9.- Ambiente.
- 10.- Número de parto.
- 11.- Peso al parto.
- 12.- Fecha de nacimiento de la cría (día, mes año).
- 13.- Identificación de la cría.
- 14.- Grupo racial de la cría.
- 15.- Sexo de la cría.
- 16.- Peso al nacer de la cría.
- 17.- Fecha de destete de la cría (día, mes año).
- 18.- Peso al destete de la cría.
- 19.- Causa de salida de la vaca.

A partir de la información anterior, se generó la edad a primer parto por vaca en días (EPP), el intervalo entre partos de cada registro de ella en días (IEP), la edad de la vaca al parto (EDADVPAR, en años) e índices de eficiencia reproductiva publicados por Dohy (1961), Deshpande e Ingole (1986) y Wilcox et al. (1957).

3.4.2.- Hato lechero.

Para el estudio se utilizaron los registros de producción del hato lechero del CATIE, colectados entre 1951 y 1989, codificándose las siguientes variables:

- 1.- Identificación de la vaca.
- 2.- Grupo racial de la vaca.
- 3.- Fecha de nacimiento de la vaca (día, mes año).
- 4.- Tipo de manejo: 1)Intensivo. 2)Demostrativo. 3)General.
- 5.- Padre de la vaca.
- 6.- Grupo racial del padre de la vaca.
- 7.- Madre de la vaca.
- 8.- Grupo racial de la madre de la vaca.
- 9.- Fecha de servicio efectivo (día, mes, año).
- 10.- Número de servicios por concepción.
- 11.- Fecha de parto de la vaca (día, mes año).
- 12.- Peso al Parto.

- 13.- Número de parto.
- 14.- Producción total de leche.
- 15.- Producción de leche ajustada a 305 días.
- 16.- Largo de lactancia.
- 17.- Tipo de lactancia.
- 18.- Causa de desecho de la vaca.
- 19.- Consanguinidad de la vaca.

A partir de esta información se generó la edad a primer parto por vaca en días (EPP), el intervalo entre partos en días (IEP), y los índices de eficiencia reproductiva para cada parto por vaca.

En ambos hatos los índices de eficiencia reproductiva que se generaron fueron los siguientes:

$$\text{IER1} = 100 - (K + 2i) \quad (\text{Dohy, 1961}) \quad (1)$$

donde, IER1 es el índice de fertilidad, K es la edad a primer parto en meses, e i el promedio entre partos en meses;

$$\text{IER2} = \frac{(n * 365 + 900) * 100}{\text{TCD}} \quad (\text{Deshpande e Ingole, 1986}) \quad (2)$$

donde, IER2 es el índice de la eficiencia reproductiva, n es el número de intervalos entre partos que ha tenido la vaca y TCD son los días totales desde el nacimiento hasta el último parto de la vaca e

$$\text{IER3} = \frac{365 * (n - 1) * 100}{D} \quad (\text{Wilcox et al., 1957}) \quad (3)$$

donde, IER3 es el índice de la eficiencia reproductiva de la vaca, n es el número total de partos y D son los días totales del primero al último parto.

El IEP en los índices fue ajustado por la edad de la vaca al parto en el caso del hato de carne y por número de parto en el hato lechero, como se verá mas adelante.

3.5.- Procedimientos analíticos.

Todos los análisis estadísticos en el presente estudio, fueron realizados utilizando el programa de mínimos cuadrados y máxima verosimilitud, en versión para computadora personal (Harvey, 1987). La edición de los datos se hizo por medio del paquete estadístico SAS (SAS, 1986).

3.5.1.- Procedimiento analítico utilizado en el hato de carne.

En total se codificaron 1865 registros de producción de hembras. Aquellas vacas que no disponían de fecha de nacimiento ó de nacimiento de la cría, fueron eliminadas, por no poder estimarse la edad a primer parto e intervalo entre partos. De la misma forma, se eliminaron registros, de hembras cuyo grupo racial era desconocido. También se eliminaron registros de hembras cuya edad a primer parto fue de 1 y 2 años, por haber corroborado que fueron partos debidos a error en manejo, y por encontrarse en baja frecuencia. Las vacas con edad a primer parto mayor a 4 años fueron incluidos en este grupo, ya que la frecuencia era relativamente baja.

En el Cuadro 1A, se aprecia el número de registros de acuerdo a la edad de la vaca al parto, incluyendo tanto edades a primer parto, cómo intervalo entre partos. Se aprecia que el máximo parto se registró a los 18 años. Debido al sesgo que pudiera ejercer la falta de información con edades a primer parto avanzadas, se decidió agrupar edades al parto mayores ó iguales a 11 años, en la edad de la vaca de 10 años.

Con respecto al año de nacimiento de la vaca (Cuadro 2A), los registros muestran un incremento gradual de observaciones, a excepción

de 1965, donde las observaciones fueron escasas. Este efecto puede ser atribuido a que en ese año, el número de hembras seleccionadas como reproductoras fue reducido (comunicación personal). Debido al número reducido, para edad a primer parto se agruparon los años anteriores a 1965 dentro de ese año de nacimiento. En el caso de intervalo entre partos, los registros correspondientes a los años entre 1962 y 1968, se agruparon dentro de 1969. Cabe señalar que este agrupamiento se debió a que a partir de 1969 existen registros de crías del grupo racial con menos del 50% sangre Romosinuano, lo que permite estimar en forma no sesgada la interacción entre año y grupo racial.

En el Cuadro 3A, se presenta el número de registros obtenidos para cada grupo racial, observando que la mayoría de la información corresponde a aquellos animales con más del 50% sangre Romosinuano (1045 registros), siguiéndole los animales con 25-50% sangre Romosinuano (496 registros). Para evitar sesgo en la información obtenida en el análisis, se decidió unir el grupo racial con menos de 25% sangre Romo, con el anteriormente citado, debido al bajo número de registros. De manera tal que quedaron definidos animales con proporción menor ó igual a 50% (Grupo racial 2) y animales con proporción mayor al 50% sangre Romosinuano (Grupo racial 3). Los registros correspondientes a Brahman x Criollo y Brahman x (Holstein x otro), fueron eliminados por ser de baja frecuencia.

De la misma forma, no fueron utilizados en el estudio registros de vacas que no contaban con la identificación del semental, por ser una fuente importante de variación.

De los 1865 registros codificados, se obtuvieron 1593 registros disponibles para ser analizados. De ellos, 365 correspondieron a registros donde se generó la edad a primer parto y 1228 donde se estimó el intervalo entre parto. Se eliminaron en total 272 registros (14.58%).

Para la estimación de efectos ambientales que inciden sobre la edad a primer parto (EPP), se empleó el siguiente modelo fijo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + G_j + M_k + AG_{ij} + AM_{ik} + GM_{jk} + \varepsilon_{(ijk)l} \quad (4)$$

donde,

Y_{ijkl} = Edad a primer parto,
 μ = Media general como si las frecuencias fueran iguales,
 A_i = Efecto del i -ésimo año de nacimiento de la vaca;
 $i = 1959, \dots, 1989$,
 G_j = Efecto del j -ésimo grupo racial; $j = 1, 2$,
 M_k = Efecto del k -ésimo ambiente; $k = 1, 2$,
 AG_{ij} = Interacción año de nacimiento x grupo racial,
 AM_{ik} = Interacción del año de nacimiento x ambiente,
 GM_{jk} = Interacción del grupo racial x ambiente,
 $\varepsilon_{(ijk)l}$ = Error aleatorio $\sim NID(0, \sigma^2)$

El mismo modelo (1), fue utilizado para estudiar los efectos ambientales sobre el intervalo entre partos (IEP), excepto que en este caso la edad de la vaca al parto e interacciones correspondientes fueron incluidas.

Al corroborar la existencia de efectos ambientales que inciden sobre el intervalo entre partos, se procedió a realizar un análisis encaminado a la generación de factores de ajuste por la edad de la vaca al parto. El modelo con este propósito fue el siguiente:

$$Y_{ijklmn} = \mu + V_i + G_j + M_k + A_l + E_m + I_n + \varepsilon_{(ijklm)n} \quad (5)$$

donde,

Y_{ijklmn} = Intervalo entre partos,
 μ = Media poblacional,
 V_i = Efecto aleatorio de la i -ésima vaca; $i = V_1, V_2, \dots, V_n$,
 G_j = Efecto fijo del j -ésimo grupo racial,
 M_k = Efecto fijo del k -ésimo ambiente,
 A_l = Efecto fijo del l -ésimo año de nacimiento de la cría,
 E_m = Efecto fijo de la m -ésima edad de la vaca al parto,
 I_n = Interacciones entre algunos efectos fijos que hayan dado significancia en análisis previos,
 $\varepsilon_{(ijklm)n}$ = Error aleatorio $\sim NID(0, \sigma^2)$.

Para realizar este análisis, fue necesario absorber el efecto de la vaca hacia los años, según el procedimiento descrito por Harvey

(1970). El propósito fue estimar las constantes de edad necesarias para la obtención de factores de ajuste multiplicativo (Cuadro 5A).

Una vez obtenidos los intervalos entre partos ajustados por edad de la vaca al parto, se generaron los índices de eficiencia reproductiva para cada vaca en los registros.

Un modelo similar al modelo (1), fue utilizado para estudiar los efectos ambientales que inciden sobre IER1, IER2 e IER3. En el modelo se omitió el efecto del tipo de manejo y sus interacciones, por resultar poco importante en análisis preliminares.

3.5.2.- Procedimiento genético utilizado en el hato de carne.

Con el fin de obtener la estimación de los componentes genéticos de las características reproductivas en el estudio (EPP, IEP, IER1, IER2 e IER3), éstas fueron expresadas como una desviación del promedio del año. Este procedimiento fue necesario dado las particularidades en la utilización de los sementales a través de los años. También se hizo con la finalidad de evitar la dependencia que produce la falta de contemporaneidad de las vacas (Cardona, 1989).

Una vez establecidas las desviaciones, se consideró el siguiente modelo mixto para la estimación de heredabilidad para edad a primer parto de las vacas:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + S(i)j + \epsilon_{ijkl} \quad (6)$$

donde,

Y_{ijkl} = Observaciones de edad a primer parto,

μ = Media general de observaciones,

G_i = Efecto fijo del i -ésimo grupo racial; $i=1,2$,

$S(i)j$ = Efecto aleatorio del j -ésimo padre de la vaca; $j=1,2,\dots, s$,

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

En el Cuadro 1, se presenta el análisis de varianza estimado a partir de este modelo.

En el caso del intervalo entre partos, el modelo fue el mismo que el anterior, excepto que ahora se incluyó en el modelo el efecto de la vaca dentro del semental y grupo racial.

A partir de este modelo (6), se obtuvieron los componentes de varianzas necesarios para estimar los índice de constancia (r para todas las características) y de herencia (h^2 para IEP) (Becker, 1984). En el Cuadro 2 se muestra el análisis de varianza correspondiente para IEP.

En el caso de la estimación del índice de constancia (r), para los índices de eficiencia reproductiva, se utilizó el mismo modelo sin incluir el efecto aleatorio del padre de la vaca $S(i)j$.

En el Cuadro 3 se muestra el análisis de varianza para estimar componentes de varianza necesarios para estimar la repetibilidad de los índices de eficiencia reproductiva.

Cuadro 1.- Análisis de varianza para la estimación de efectos genéticos de edad a primer parto.

FV	gl	CM	ECM
Grupo racial (G)	$i-1$	CM_G	Irrelevante
Padre/ G (P)	$i(j-1)$	CM_P	$\sigma^2 + 6.37\sigma^2$
Error	$ij(k-1)$	CM_E	σ^2

Cuadro 2.- Análisis de varianza para la estimación de componentes de variación para intervalo entre partos.

FV	gl	CM	ECM
Grupo racial (G)	i-1	CM _G	Irrelevante
Padre/G (P)	i(j-1)	CM _P	$\sigma^2 + 2.62\sigma_v^2 + 25.58\sigma_p^2$
Vaca/P/G (V)	ij(k-1)	CM _V	$\sigma^2 + 4.26\sigma_v^2$
Error	ijk(l-1)	CM _e	σ^2

Cuadro 3.- Análisis de varianza para la estimación de repetibilidad en los índices de eficiencia reproductiva.

FV	gl	CM	ECM
Grupo racial (G)	i-1	CM _G	Irrelevante
Vaca / G (V)	i(j-1)	CM _V	$\sigma^2 + K_1\sigma_v^2$
Error	ij(k-1)	CM _e	σ^2

La heredabilidad para los índices de eficiencia reproductiva, fueron obtenidos a través de regresión madre-hija, utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + B(x) + GA_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (7)$$

donde,

- Y_{ijk} = Promedio de los índices reproductivos producidos por cada hija en su vida productiva,
 μ = Media general,
 G_i = Efecto fijo del i-ésimo grupo racial,
 A_j = Efecto fijo del j-ésimo año de parto,
 B = Coeficiente de regresión asociado al promedio de los índices reproductivos producidos por cada madre en su vida productiva (x),

ϵ_{ijk} = Error aleatorio \sim NID(0, σ^2).

En el análisis anterior se espera que la regresión madre-hija, estime la mitad de h^2 para cada índice reproductivo.

El procedimiento establecido para los índices de eficiencia reproductiva difirió de aquellos empleados para la edad a primer parto e intervalo entre partos, por la dificultad de su estimación a través de un análisis de medios hermanos paternos, pues en este caso, se trata de características compuestas, donde la variación del semental no es de importancia.

Se estimaron las covarianzas genéticas entre los distintos índices reproductivos, a través del modelo (6). Posteriormente se procedió a obtener las correlaciones genéticas entre cada uno (Becker, 1984).

3.5.3.- Procedimiento analítico utilizado en el hato lechero.

En el hato lechero se codificaron en total 5086 registros de reproducción en hembras, correspondientes a los años 1952 hasta 1989. De estos registros fueron eliminadas aquellas vacas que no disponían de fecha de nacimiento ó de parto; cuyo grupo racial era desconocido. Salgado (1988) y Campos (1989), describen la distribución y frecuencia de los registros de producción del hato correspondientes a los grupos raciales establecidos en la finca Experimental de Ganadería Tropical del CATIE, de donde originaron los registros para el presente estudio. Asimismo los registros de hembras cuya edad al primer parto fue mayor de cuatro años fueron eliminados, por encontrarse en baja frecuencia (menos del 1%), y por corresponder a novillas utilizadas en algunos estudios, por lo que llegaban al primer parto muy tarde.

Después de la imposición de las restricciones antes mencionadas, los registros reproductivos se redujeron a 4695. De ellos, 1288 correspondieron a registros de edad a primer parto, 3406 a intervalo

entre partos, y 4455 a número de servicios por concepción. En total fueron eliminados 391 registros reproductivos, correspondiendo al 8% de los registros totales.

Una vez que los registros estaban en condiciones de ser analizados, se procedió a emplear el siguiente modelo cuyos propósitos principales fueron el de estudiar los efectos genéticos y ambientales sobre EPP (para este caso no se incluyó el efecto de número de parto, así como tampoco interacciones que involucran a este), IEP, número de servicios por concepción (NUSER), porcentaje de concepción a primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3).

$$Y_{ijklmn} = \mu + G_i + N_j + E_k + T_l + A_m + GN_{ij} + GE_{ik} + GA_{im} + NE_{jk} + NA_{jm} + EA_{km} + B(\text{ci-c.}) + \epsilon_{ijklmn} \quad (8)$$

donde,

Y_{ijklmn} = EPP, IEP, NUSER, SER1, SER2 y SER3,

μ = media general del conjunto de observaciones si existieran frecuencias iguales entre las subclases,

G_i = efecto del i -ésimo grupo racial; $i=1,2,\dots,9$,

N_j = efecto del j -ésimo número de parto; $j=1,2,\dots, 10$,

E_k = efecto de la k -ésima época de nacimiento; $k=1,2,$

T_l = efecto del l -ésimo tipo de manejo; $l=1,2,3$,

A_m = efecto del m -ésimo año; $m= 1952,\dots,1989$,

GN_{ij} = efecto de la interacción grupo racial por número de parto,

GA_{im} = efecto de la interacción grupo racial por año,

GE_{ik} = efecto de la interacción grupo racial por época,

NE_{jk} = efecto de la interacción número de parto por época,

NA_{jm} = efecto de la interacción número de parto por año,

EA_{km} = efecto de la interacción época por año,

B = coeficiente de regresión parcial asociado al coeficiente de endogamia (c_i)

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

Se estimaron también los efectos fijos sobre la edad a primer parto e intervalo entre partos de las vacas Criollo y Jersey. El modelo (8), fue empleado para realizar análisis dentro de Criollo y Jersey por separado. Para tal efecto se eliminó el efecto de grupo racial y las interacciones que involucra del modelo (8). Además no se consideró el

efecto de endogamia cuando se hizo el análisis dentro de Jersey, por razones de no considerarse importante en el hato.

Al corroborar la existencia de un efecto del número de parto significativo sobre el intervalo entre partos del hato lechero y del hato Criollo, se procedió a realizar un análisis encaminado a la generación de factores de ajuste para este efecto. Para ello se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + G_j + N_k + GN_{jk} + \epsilon_{ijkl} \quad (9)$$

donde,

Y_{ijkl} = el intervalo entre partos del hato lechero,

μ = la media general de observaciones si las frecuencias fueran iguales,

V_i = el efecto aleatorio de la i -ésima vaca; $i=V_1, V_2, \dots, V_n$,

G_j = el efecto fijo del j -ésimo grupo racial; $j=1, 2, \dots, 9$,

N_k = el efecto fijo del k -ésimo número de parto; $k=1, 2, \dots, 10$,

GN_{jk} = el efecto de la interacción grupo racial por número de parto,

ϵ_{ijkl} = el error aleatorio \sim NID $(0, \sigma^2)$.

Para realizar este análisis fue necesario absorber el efecto de vaca hacia los años. Una vez ajustado el IEP por el número de parto, se generaron los índices de eficiencia reproductiva (IER1, IER2 e IER3). Posteriormente, para el análisis de las eficiencias reproductivas se realizó a través del modelo 8, sin incluir el efecto del número de parto. Esto fue debido a que los índices fueron generados con el intervalo entre partos ajustado, por lo que se consideró que no existía su efecto, ni sus interacciones.

3.5.4.- Procedimiento genético utilizado en el hato lechero.

La estimación de los parámetros genéticos (h^2 , r y r_g), para las características reproductivas en el estudio (EPP, IEP, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1, SER2 y SER3), fue necesario expresarlas como desviación del promedio del año para evitar el posible problema de contemporaneidad de

las vacas (Salgado, 1988). Una vez obtenidas las desviaciones, se empleó el siguiente modelo de medias hermanas paternas:

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + P(i)j + V(ij)k + E_l + \epsilon_{ijklm} \quad (10)$$

donde,

- Y_{ijklm} = cualquiera de las características en estudio,
 μ = media general del conjunto de observaciones si existieran frecuencias iguales entre las subclases,
 G_i = efecto fijo del i -ésimo grupo racial; $i=1,2,\dots,9$,
 $P(i)j$ = efecto aleatorio del j -ésimo padre de la vaca dentro del i -ésimo grupo racial; $j=1,2,\dots,s$,
 $V(ij)k$ = efecto aleatorio de la k -ésima vaca dentro de semental y grupo racial; $k=1,2,\dots,v$,
 E_l = efecto fijo de la l -ésima época de parto; $l=1,2$,
 ϵ_{ijklm} = error aleatorio $\sim NID(0, \sigma^2)$.

En este modelo hay que recordar que no se incluyó el efecto aleatorio de la vaca para la EPP, ya que la vaca produce un registro para esta característica en su vida (Becker, 1984). El índice de herencia para número de servicios por concepción (NUSER), así como de las concepciones a primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3), fueron estimados por correlación intraclase, a partir del modelo (10). En el caso de SER1, SER2 y SER3, el índice de herencia obtenido se encuentra en base binomial por ser estimado a partir de una característica de esta naturaleza, por lo que fue necesario hacer una transformación del estimador generado para ellas, según ha sido indicado por diversos autores (Lush et al., 1948; Van Vleck, 1971; Martínez, 1986).

El h^2 para las características primordiales de estudio (EPP, IEP, IER1, IER2 e IER3), fue obtenido a través de la regresión madre-hija dado que dos veces esta regresión es el índice de herencia. El procedimiento parece más sensible que la correlación intraclase (Harvey y Lush, 1952), sobre todo cuando la procedencia de los sementales es desconocida o dudosa en cuanto a los antecedentes de selección se refiere, como fue el caso del ható en algunos años, o los sementales no fueron usados para producir crías de su propio genotipo (como el ser

usados para producir cruces), o bien el hecho de que gran parte de los sementales fueron usados un solo año.

En la estimación de h^2 solo se consideraron registros del primer parto, pareando las hijas de una vaca con el primer registro de ésta. Esto se hizo para evitar que algunos componentes ambientales introduzcan sesgo, así como para manejar información que se exprese en el mismo ciclo de vida de las vacas. En la obtención del coeficiente de regresión se empleó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B(x_i - x_{\cdot}) + \epsilon_{ij} \quad (11)$$

donde,

- Y_{ij} = cada una de las características bajo estudio (EPP, IEP, IER1, IER2 e IER3),
- μ = media general del conjunto de observaciones cuando $B(x_i - x_{\cdot})$ es igual a cero,
- A_i = efecto fijo del i -ésimo año,
- $B(x_i - x_{\cdot})$ = coeficiente de regresión parcial asociado con cada una de las características de interés en las madres,
- ϵ_{ij} = error aleatorio \mathcal{N} NID $(0, \sigma^2)$

A través del procedimiento descrito por Harvey (1987), se estimaron las correlaciones genéticas entre los distintos índices de eficiencia reproductiva. Para ello se utilizó un modelo similar al modelo (15).

3.5.5.-Relación entre las características relacionadas con la eficiencia reproductiva (EPP e IEP) y características de producción (producción de leche ajustada a 305 días).

Para estimar la relación existente entre los dos tipos de características, el estudio fue separado en dos partes.

Primeramente se trató de establecer la relación existente entre la edad a primer parto, con la producción de leche ajustada a 305 días en la primera lactancia de las vacas. Se utilizó el modelo descrito por Salgado (1988), incluyendo en este caso a la edad a primer parto como covariable. El modelo fué:

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + A_j + E_k + T_l + GA_{ij} + GE_{ik} + B_{yx} + \epsilon_{ijklm} \quad (12)$$

donde,

- Y_{ijklm} = producción de leche ajustada a 305 días,
- μ = media de observaciones cuando las subclases son iguales,
- G_i = efecto del i -ésimo grupo racial,
- A_j = efecto del j -ésimo año de parto,
- E_k = efecto de la k -ésima época de parto,
- T_l = efecto del l -ésimo tipo de manejo,
- B = coeficiente de regresión asociado con la edad a primer parto (x)
- ϵ_{ijklm} = error aleatorio \sim NID ($0, \sigma^2$).

Se estableció la correlación genética entre la edad a primer parto y la producción de leche ajustada a 305 días, utilizando un modelo similar al (10), sin incluir el efecto de época ni de vaca dentro de padre y grupo racial.

La segunda relación se estableció entre el intervalo entre partos y la producción de leche ajustada a 305 días del subsecuente parto. La finalidad fue el tratar de establecer alguna relación que permitiera predecir la producción sin esperar a que la lactancia ocurriese. La producción de leche se ajustó por grupo racial dentro de número de parto (Salgado, 1988), al igual que el intervalo entre parto, por los resultados de análisis previos. El modelo al cual se atribuyó el total de la variación, fue establecido por Salgado (1988), siendo de la siguiente forma:

$$Y_{ijklmn} = \mu + G_i + A_j + T_k + N_l + E_m + GA_{ij} + GE_{im} + AE_{jm} + B_{yx} + B^2_{yx} + \epsilon_{ijklmn} \quad (13)$$

donde,

- Y_{ijklmn} = producción de leche ajustada a 305 días,
los efectos fijos son similares al modelo (12),
 N_1 = efecto fijo del 1-ésimo número de parto,
 B = coeficiente de regresión asociado al intervalo entre
partos de la lactancia anterior,
 B^2 = coeficiente de regresión cuadrático asociado a intervalo
entre partos de la lactancia anterior.

A partir de este modelo, fue posible establecer la relación fenotípica entre las dos características.

Posteriormente, a través del uso del modelo (10) se estableció la correlación genética entre la producción ajustada a 305 días y el intervalo entre partos.

4.-RESULTADOS Y DISCUSION.

Registros reproductivos fueron analizados en este trabajo considerando EPP, IEP, IER1, IER2, e IER3 en el hato de carne y EPP, IEP, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1, SER2 y SER3 en el hato lechero, con el fin de realizar un análisis genético de las mismas. Los resultados obtenidos se presentan por hato.

4.1.-Hato de carne.

Con el fin de cumplir con los objetivos del estudio, se analizaron los registros reproductivos del hato productor de carne de la finca Experimental del Area de Ganadería Tropical del CATIE. Este hato está compuesto por Romosinuano y cruces entre Romosinuano y Brahman. Las características incluidas fueron la edad a primer parto (EPP), el intervalo entre partos (IEP), así como los índices de eficiencia reproductiva derivados de ellas (IER1, IER2 e IER3). Los grupos raciales fueron el grupo racial con menor ó igual porcentaje al 50% de herencia Romosinuano y aquel con mayor al 50% de herencia Romosinuano. En el cuadro 4 se pueden apreciar las medias de mínimos cuadrados de las características estudiadas en el presente trabajo para el hato de carne por grupo racial.

A continuación se presentan los resultados y discusión de cada característica en forma individual.

4.1.1.- Edad al primer parto.

A través del análisis de mínimos cuadrados se estudiaron los posibles efectos del grupo racial, año de nacimiento, ambiente, y las

interacciones entre estos. En el Cuadro 4, es posible apreciar que la media para EPP fue de 1159 ± 24 días (38 ± 0.8 meses). La EPP, se encuentra dentro de lo reportado por diversos autores bajo condiciones tropicales (Vaccaro y Vaccaro, 1981; Duarte *et al.*, 1988). Segura e Hinojosa (1986), señalan como la edad a primer parto de un hato cebuino en Yucatán, México, de 1146 ± 9.6 días. Asimismo Duarte *et al.* (1988), en la misma región, obtuvieron una media de 1226 días con otro hato cebuino. Otros Investigadores han estudiado el efecto del sistema de cruzamiento Bos taurus x Bos indicus sobre la edad a primer parto, encontrando que esta característica se presenta entre los 30 y 48 meses bajo condiciones tropicales (Willis y Wilson, 1974; Plasse *et al.*, 1968; Cunningham y Syrstad, 1987).

Cuadro 4.- Medias mínimo cuadráticas y errores estándar generales y por grupo racial, para las diferentes características reproductivas analizadas en el hato Romosinuano.

	Gpo. racial 2		Gpo. racial 3		General	
	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$
EPP	113	1169 ± 39	252	1149 ± 26	365	1159 ± 24
IEP	422	$418^a \pm 8$	806	$402^b \pm 7$	1228	410 ± 6
IER1	532	$45^a \pm 0.7$	1035	$43^b \pm 0.4$	1567	44 ± 0.4
IER2	532	83 ± 0.5	1035	83 ± 0.3	1567	83 ± 0.3
IER3	419	$44^a \pm 1.1$	783	$47^b \pm 0.6$	1202	46 ± 0.6

^{a, b} Características con distintas literales por renglón, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Es posible apreciar que estos autores indican que la edad a primer parto se mantiene en los rangos señalados en los trópicos, independientemente del grupo racial en que se estudie. La EPP obtenida en el presente estudio, aún cuando se estudiaron genotipos criollos, no

difiere de lo encontrado por otros autores, por lo que es necesario considerar que las condiciones ambientales (manejo, alimentación, etc.), juegan un papel importante en la presentación de esta característica (Plasse et al., 1968; Duarte et al., 1988).

Se consideraron como efectos ambientales, para la edad a primer parto, el año de nacimiento y el ambiente en el cual se crió el animal, mientras que el grupo racial y los padres de la novilla fueron tomados como efectos genéticos.

4.1.1.1.- Efectos ambientales.

En el Cuadro 6A, se presenta el análisis de varianza de mínimos cuadrados para la edad a primer parto, generado a partir del modelo (4). De los efectos estudiados en este modelo, solo el efecto de año de nacimiento de la vaca fue importante ($p < .05$). En el Cuadro 7A, se muestran las medias mínimo cuadráticas y sus errores estándar para EPP por año de nacimiento. Se aprecia que las vacas nacidas en 1971 tuvieron una mayor edad (1282 ± 39 días), mientras aquellas vacas nacidas un año después (1972), presentaron la menor edad para presentar su primer parto (999 ± 39 días).

Es evidente que la característica presenta fluctuaciones (999 a 1282 días), a lo largo de los años, sin que haya existido una posible disminución de EPP debido a las condiciones de manejo de la finca. Lo encontrado en este trabajo, con respecto a EPP en el hato de carne, está en concordancia con lo que algunos investigadores han encontrado. Por ejemplo, Segura e Hinojosa (1986), trabajando con un hato cebuino en México, observaron una disminución progresiva de EPP, conforme se fueron mejorando las condiciones de manejo del hato. Este mejoramiento consistió básicamente en la introducción de pastos mejorados en la finca. De la misma forma, Martínez et al. (1988) y Duarte et al. (1988), encontraron un efecto del año de nacimiento sobre la edad de la vaca al primer parto en condiciones tropicales.

Una de las razones por la que la edad a primer parto se ve mejorada en otros hatos, a diferencia del presente, es por el manejo y la alimentación ofrecida a las novillas durante su fase de crecimiento. La alimentación se encuentra en función de la época del año. Se ha visto que animales nacidos durante la época de lluvias (Mayo-Octubre), presentan una edad menor al primer parto, a diferencia de aquellas novillas nacidas durante la época de sequía, la cual ocurre entre Noviembre y Abril (Segura e Hinojosa, 1986; Martínez et al., 1988). Como fue indicado anteriormente, la época de nacimiento del hato Romosinuano en el CATIE, se produce entre Enero-Abril, lo cual se puede considerar como la estación seca, por lo que una forma de mejorar EPP sería suplementando con concentrados a las novillas antes de entrar al primer empadre. Por lo que, el efecto de época en realidad refleja el estado de regimen alimenticio que disponen las hembras durante su desarrollo y crecimiento.

4.1.1.2.- Efectos genéticos.

El efecto de grupo racial sobre EPP, no fue un efecto importante de variación (Cuadro 4A). Sin embargo, en el Cuadro 4, se puede apreciar la tendencia de EPP asociado con el grupo racial que tiene mayor concentración de sangre Romosinuano (1149 ± 26 días), a diferencia del grupo racial con igual o menor porcentaje de Romosinuano (1169 ± 29 días). Diversos autores han corroborado las ventajas del uso de cruces Bos taurus x Bos indicus en climas adversos para mejorar la edad a primer parto. Teodoro et al. (1984) mostraron que este tipo de cruzamientos reducen el lapso del nacimiento al primer parto, debido a la existencia de heterosis para la edad a la pubertad y edad a primera concepción. En el mismo sentido, Duarte et al. (1988), indican un mejor comportamiento de animales F1, a diferencia de hembras Brahman

La importancia de la EPP, estriba en la influencia que pudiera ejercer sobre la productividad total, entendiéndose ésta, como el total de kilogramos totales destetados a lo largo de la vida productiva del animal. (Morris, 1980). En este sentido, Cardona (1989), trabajando con

Romosinuano en el CATIE, no encontró diferencias importantes en los kilogramos destetados por vaca al comparar diversas edades a primer parto (de 2 a 5 años de edad). Esto implica que la edad al primer parto, independientemente del grupo racial del que se trate, no influye en la productividad total del hato, por lo menos en forma significativa. La proporción de sangre Romosinuano presente en ambos grupos raciales, permite la expresión tanto de EPP, así como de la productividad total en forma similar. Asimismo, esto permite indicar que en sistemas de cruzamientos bien diseñados, el cruce con ganado Criollo puede tener un comportamiento apreciable para incrementar la producción para otras características como los kilogramos totales destetados por vaca, lo cual ha sido indicado oportunamente por Tewolde (1986).

Haciendo uso del análisis de varianza señalado en el cuadro 5, se obtuvo el estimador de h^2 para EPP, el cual fue de 0.28 ± 0.2 (Cuadro 6). Este valor de h^2 , indica que su valor real es prácticamente nulo, ya que el intervalo de confianza al 90% de este parámetro fue de: 0.05, ya que solo se estimó el límite inferior del intervalo, de acuerdo a lo señalado por Becker (1984). Esto es, $P(0.05 < h^2) = 0.90$

El índice de herencia para EPP obtenido en el presente estudio, en general es similar al estimado y discutido por otros autores (Segura e Hinojosa, 1986; Duarte et al., 1988). Por ello, es posible sugerir que edad a primer parto como característica de importancia, no es candidata a ser seleccionada y esperar avances genéticos. Pues las características que se pueden seleccionar y esperar avances genéticos, son aquellas que cuentan con h^2 apreciables (Falconer, 1981)

Cuadro 5.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para edad a primer parto en el hato de carne del CATIE.

FV	gl	CM	ECM
Grupo racial (G)	1	1590.5	Irrelevante
Padre/G (P)	53	19547.3	$\sigma^2 + 6.37\sigma_p^2$
Error	310	13157.3	σ^2

Cuadro 6.- Índices de constancia (r), de herencia (h^2) y errores estandar para EPP, IEP IER1, IER2 e IER3, en el hato de carne.

	$r \pm \sigma^2$	$h^2 \pm \sigma^2$
EPP	-----	0.28 \pm 0.16
IEP	0.07 \pm 0.0015	0.004 \pm 0.0001
IER1	0.32 \pm 0.028	0.11 \pm 0.16
IER2	0.71 \pm 0.019	0.38 \pm 0.16
IER3	0.32 \pm 0.031	-0.038 \pm 0.22

4.1.2.- Intervalo entre partos.

El intervalo entre partos, ha sido considerado como el mejor indicador de la eficiencia reproductiva de un hato (González, 1984). En el presente estudio, la media para el intervalo entre partos fue de 409.9 ± 6.5 días (Cuadro 4). Este valor se encuentra en el rango indicado por diversos autores bajo condiciones tropicales. En México, Anta et al. (1989), haciendo una revisión de literatura de los trabajos más relevantes hechos en ese país, señalan que en las regiones tropicales el intervalo entre partos se encuentra alrededor de los 447

días. Por su lado, Duarte et al. (1988), al estudiar los efectos que inciden sobre un hato productor de carne, compuesto por Bos indicus, Bos taurus y cruces en Yucatán, México, encuentran una media del IEP de 489 días. Por su parte Hinojosa y Segura (1986) encuentra una media de 445 ± 3.1 días en un hato productor de carne, compuesto por Bos indicus en el trópico de México.

Una diferencia importante se presenta al comparar la media de intervalo entre partos encontrado en el presente estudio, y aquella reportada por Hernández et al. (1971), en ganado Romosinuano. Estos últimos autores encontraron una media de 373 días de vacas Romosinuano bajo condiciones de Colombia. Esta diferencia puede ser debida al tipo de explotación en que se determinó el IEP, ya que estos últimos autores lo estimaron en un hato puro en condiciones semiestabuladas.

Es posible notar que, aún cuando el promedio del intervalo entre partos es sustancialmente distinto al intervalo para ganado Bos indicus, no es tan reducido como un hato de raza pura Romosinuano. Esto da indicios del efecto que puede producir el vigor híbrido. En esto se debe recordar que los grupos raciales utilizados en el presente estudios tienen un porcentaje de otras razas, las cuales se ven beneficiadas al incluir sangre Romosinuano en su genotipo, por lo que disminuyen el intervalo entre partos. De la misma forma, el Romosinuano aumenta el intervalo al incluirle sangre de otro grupo racial. Este mismo efecto ha sido discutido por Escobar et al. (1982), el cual encuentra que el ganado Bos indicus presenta un menor intervalo, a diferencia de la cruce Bos taurus x Bos indicus, y del Bos indicus. Desde el punto de vista de la eficiencia reproductiva, los resultados de otros autores dan evidencia que es posible alcanzar niveles óptimos de IEP, aún bajo las condiciones ambientales adversas como es el trópico, haciendo uso estratégico de los recursos genéticos existentes. Quizá a través de un sistema de cruzamiento dirigido y junto con un manejo adecuado.

4.1.2.1.- Efectos Ambientales.

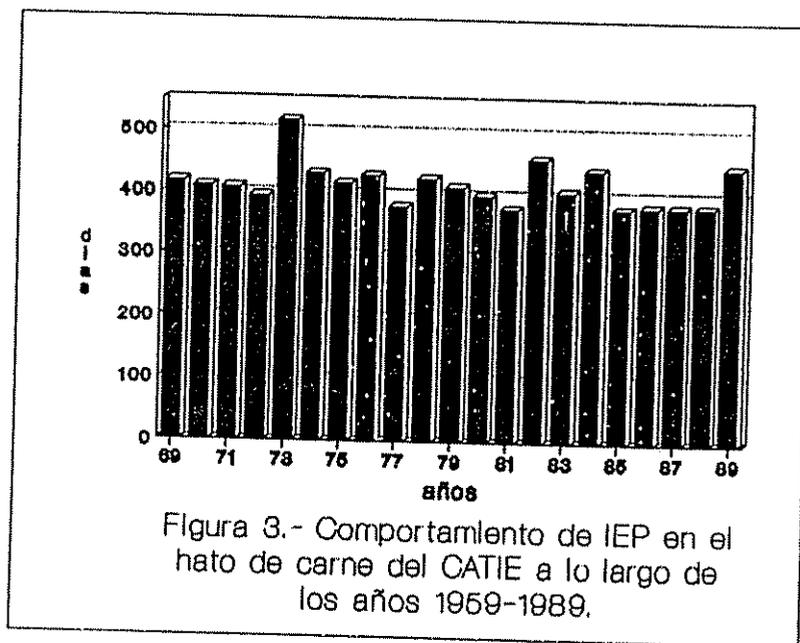
Los efectos ambientales considerados para el intervalo entre partos fueron, el ambiente en el cual se crió la vaca, el año de parto de la vaca (año de nacimiento de la cría), y la edad de la vaca al parto. Esta última se incluyó en el modelo con el fin de estimar factores de ajuste en el caso de resultar importante en el análisis.

En el Cuadro 8A, se presenta el análisis de varianza de mínimos cuadrados para el IEP. El año de parto tuvo un efecto significativo ($p < .01$), sobre IEP (Cuadro 8A). En la Figura 3, se puede apreciar la fluctuación (de 383 a 512 días), que se ha presentado a lo largo de los años de la historia del hato de carne estudiado. En términos generales, el IEP ha disminuido paulatinamente desde el inicio del hato, a excepción de algunos años en los que aumenta en forma considerable.

Se nota que desde 1985, se observa una drástica disminución del intervalo entre partos a diferencia de años anteriores (367 ± 14 días). Sin embargo, en el año 1989, se incrementa nuevamente, (a 444 ± 14 días). La diferencia estriba en el uso de los animales de los grupos raciales del hato para ser utilizados en un programa de trasplante de embriones a partir de 1987. Aquellas vacas que no pudieron generar descendencia en el programa, fueron nuevamente incluidos en el empadre al año siguiente, dejando una cría en 1989, por lo que se aumentó este parámetro.

El efecto del año de parto ha sido discutido ampliamente por otros autores. Hinojosa y Segura (1986), indican que este efecto fue importante debido al mejoramiento en el manejo y la alimentación del hato que estudiaron, a través del tiempo, ya que disminuyó de los años iniciales a los años finales incluidos en su estudio. Este mismo efecto fue señalado anteriormente por Hinojosa et al (1980), así como por Wilson y Willis (1974), en hatos productores de carne en zonas tropicales. Estos investigadores indican que el mejoramiento en el manejo fue la causa de una disminución en el intervalo entre partos. Duarte et al. (1988), también señalan un efecto de año de parto en el hato Bos indicus estudiado por ellos, indicando que este efecto

concuenda con lo señalado por otros autores, ya que es difícil tener en forma constante las condiciones de manejo y alimentación de un año a otro.



En el Cuadro 8A, es posible notar que no existe efecto de edad de la vaca al parto, aunque en la Figura 4, se aprecia que el comportamiento que presenta es similar a lo indicado por León (1980). El IEP es largo a edades tempranas (4 y 5 años de edad), minimizándose entre los 6 y 8 años, para nuevamente aumentar cuando la vaca es vieja (9 o más años de edad). Se debe enfatizar que estas tendencias no fueron estadísticamente importantes, aunque es un hecho bien conocido (Plasse *et al.*, 1972; León, 1980). Cardona (1989), indica que el intervalo entre partos es una característica de gran importancia en la productividad total del ganado Romosinuano y encuentra que el IEP no cambia, aún cuando EPP inicia a diferentes edades (3, 4 y 5 años). La diferencia importante estriba en el total de kilogramos totales destetados por vaca, ya que animales con edades a primer parto tempranas, destetan una mayor cantidad de kilogramos a diferencia de aquellas que presentan una

edad a primer parto posterior. Dicho autor indica que en el hato de carne del CATIE, iniciar la producción temprano, no tiene un efecto significativo sobre los subsiguientes IEP de la vaca. Todavía en el cuadro 8A, se puede apreciar que los efectos de la interacción entre grupo racial y año de parto, fueron importantes fuentes de variación ($p < .05$), para IEP. En la Figura 5, se muestra el efecto de la interacción, el cual se produjo en los primeros años de la historia del hato. Esta, posiblemente fue originada por la estructura del hato, ya que hubo pocos individuos del grupo racial con menos del 50% de herencia Romosinuano durante esos años. Después de 1977, el manejo que se le ha dado a ambos grupos raciales ha sido homogéneo, pues no se presentan diferencias importantes en el comportamiento del intervalo entre partos.

En el Cuadro 4A, se aprecia el análisis de varianza, utilizado a partir del modelo (5), del cual se obtuvieron las medias mínimas cuadráticas necesarias para generar los factores de ajuste de los efectos importantes. En el Cuadro 5A, se presentan las medias mínimo cuadráticas, así como los factores de ajustes necesarios para eliminar el efecto de la interacción, la cual fue importante en el estudio.

A partir de los resultados obtenidos sobre los efectos que influyen sobre IEP, podemos indicar que el ganado de carne del presente estudio se ve influido en gran medida por los efectos ambientales. Sin embargo, a pesar de ello, el hato de carne del CATIE presenta en buena medida características de adaptabilidad ya que la productividad no se ve disminuida.

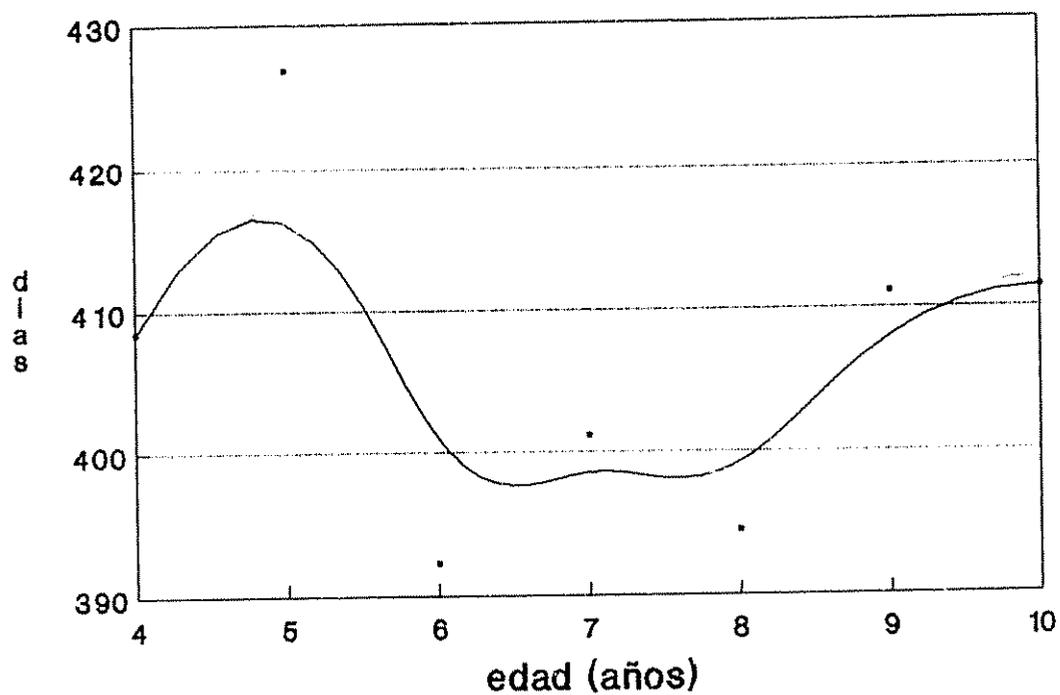


Figura 4.- Comportamiento de IEP, de acuerdo a la edad de la vaca al parto.

4.1.2.2.- Efectos genéticos.

Los efectos genéticos considerados en el presente estudio sobre IEP fueron el de grupo racial de las vacas y la variabilidad entre las vacas.

En el Cuadro 8A, se puede apreciar la existencia de un efecto significativo ($p < 0.05$), del grupo racial para IEP. En el Cuadro 4, se muestran las medias mínimo cuadráticas para el intervalo entre partos por grupo racial. La media para el grupo racial con igual o menor al 50% de herencia Romosinuano fue de 418 ± 8 días, a diferencia de la media del grupo racial con más del 50% de herencia Romosinuano, la cual fue de 402 ± 7 días. Esta diferencia (aproximadamente dos semanas), da indicios de la superioridad del Romosinuano sobre ambientes adversos para mantener su capacidad reproductiva, particularmente si se ve desde el punto de vista de ventaja acumulativa a lo largo de los años de vida de la vaca, al compararlo con otros grupos raciales como genotipos Bos indicus (Duarte et al., 1988). Es posible que los grupos raciales tengan la capacidad de disminuir aún más este intervalo (Hernández et al., 1971).

Diversos autores han señalado la diferencia entre grupos raciales para IEP. Duarte et al. (1988), señalan un resultado importante al utilizar ganado Bos taurus x Bos indicus. Los autores encuentran la existencia de un comportamiento superior de hembras cruzadas Bos taurus x Bos indicus, a diferencia de hembras Bos indicus. Esta diferencia es producida por efecto del vigor híbrido presente en grupos raciales cruzados (Pirchner, 1985; Falconer, 1985).

Con anterioridad, Madalena e Hinojosa (1976), habían indicado el mismo efecto encontrado por Duarte et al. (1988) y Escobar et al. (1982), cuando compararon ganado Charolais, Brahman y sus cruces, encontraron que los cruces presentaban un intervalo entre partos inferior al de Brahman y Charolais (483 vs. 505 días).

Estos resultados concuerdan en señalar que aquellos animales con porcentaje mayor ó igual a 50% de genes Bos taurus, presentan un intervalo entre partos menor que animales con 50% ó mayor de genes Bos indicus, lo cual es similar a lo encontrado en el presente estudio. De manera tal que si el IEP de una forma mide adaptabilidad al medio, en este caso tropical, entonces es factible pensar que el Romosinuano como Bos taurus adaptado al medio es un recurso genético viable e importante en programas de mejoramiento animal bajo las condiciones tropicales. En apoyo a este punto, con anterioridad se han hecho trabajos reproductivos de este hato, sin incluir el intervalo entre partos, para medir su capacidad reproductiva. Por ejemplo Molina (1978), utilizó el índice de parición (número de vacas paridas/número de vacas gestantes), de acuerdo al grado de encaste Romosinuano, teniendo animales desde 2/8 hasta 8/8, de sangre Romosinuano. El mencionado autor encontró que las vacas con un bajo porcentaje de Romosinuano, presentan índices menores (0.64), a diferencia de aquellas con mayor porcentaje (7/8 de sangre Romosinuano, 0.78). En el mismo orden de estudio, Cardona (1989), señala que el grupo racial con menor del 50% de herencia Romosinuano, presentó mayores promedios para las características antes mencionadas, a diferencia del grupo racial con mas del 50% de herencia Romosinuano. Este último tiene posiblemente que ver con el hecho de que para fines productivos, el aporte óptimo de Bos taurus en un sistema de cruzamiento en el trópico oscila entre 50-75% (Cunningham y Syrstad, 1987). Esto pareciera contraria cuando se considera comportamiento reproductivo. En estos casos pareciera evaluar los distintos grupos raciales en función de sus comportamientos productivos o de crecimiento, expresados en términos reproductivos, como lo hizo Rivera (1990), en su análisis bio-económico de los sistemas de doble propósito.

Al comparar los resultados anteriores con los del presente estudio, se puede notar que, aunque las vacas del grupo racial con mas del 50% de herencia Romosinuano presenta menores pesos, el intervalo entre partos es menor. Esto dá indicios de la productividad del grupo racial con mas del 50% de herencia Romosinuano, ya que es posible que el primero presente una mayor cantidad de kilogramos por vaca, bajo las condiciones actuales de manejo. Si el hato tuviera la oportunidad de

reproducirse a lo largo del año, el grupo racial con mas de 50% de herencia Romosinuano, tendría la capacidad de expresar su potencial productivo equivalente al del grupo racial con menos de 50% de herencia Romosinuano, en su vida productiva. Una conclusión similar a esta fue hecha por Morris (1980), en su revisión de literatura sobre la fertilidad de acuerdo a la edad de la vaca.

En el Cuadro 4A, se aprecia el análisis de varianza de mínimos cuadrados, generado para producir factores de ajuste por grupo racial dentro de edad de la vaca al parto. En el Cuadro 5A, se presentan las medias mínimo cuadráticas, errores estándar y factores de ajuste para el intervalo entre partos en el hato de carne, considerado en el presente estudio.

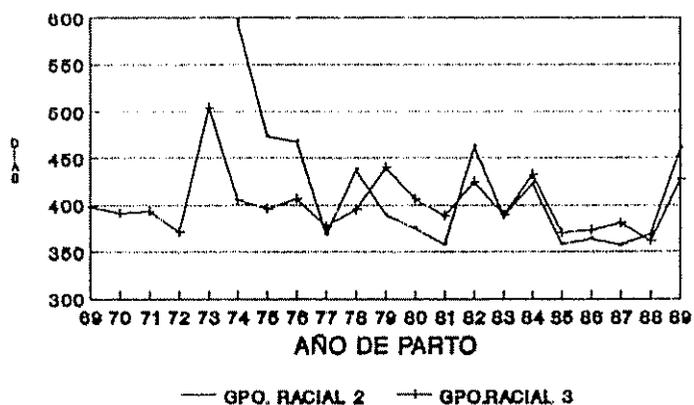


Figura 5.- Comportamiento de IEP, en el transcurso del tiempo por grupo racial.

Una vez ajustado el intervalo entre partos, se procedió a estimar los componentes de varianza necesarios para obtener los parámetros

genéticos para IEP. En el Cuadro 7, se muestra el análisis de varianza, generado a partir del modelo (7).

El índice de constancia (r), estimado para IEP fue de 0.07 ± 0.0015 , (Cuadro 6), indicando que su valor real es prácticamente cercano a cero. Duarte et al. (1988), señala que la r para IEP en una población sin selección se encuentra alrededor de 0.06, conclusión que concuerda con lo encontrado en el presente estudio. Anteriormente otros autores como Wilson y Willis (1974), e Hinojosa et al. (1980), señalaron rangos mínimos de este índice para IEP que varía entre 0.00 a 0.02. Sin embargo, Borsotti et al. (1979), al estimar la r en diez hatos de Brahman en Venezuela, encontraron un rango que va desde 0.05 a 0.50, de los cuales en seis de ellos habían obtenido valores superiores a 0.25.

Cuadro 7.- Análisis de varianza para la estimación de componentes de varianza en el intervalo entre partos.

FV	gl	CM	ECM
Grupo racial (G)	1	10282.1	Irrelevante
Padre/G	(P) 43	10023.1	$\sigma^2 + 2.68\sigma_v^2 + 25.58\sigma_s^2$
Vaca/P/G	(V) 237	10810.5	$\sigma^2 + 4.26\sigma_v^2$
Error	946	8090.9	σ^2

El índice de herencia (h^2), encontrado en el presente estudio para IEP fue de 0.004 ± 0.0001 (Cuadro 6). La variabilidad genética para dicho estimador es similar a lo expuesto por otros autores. Van Vleck et al. (1987), señalan que aún en los bovinos de clima templado, la h^2 para esta característica es baja. Diversos autores han encontrado un rango para este parámetro que oscila entre 0.0 hasta 0.1 (Silerio y Tewolde,

1985; Duarte et al., 1988; Butte y Deshpande, 1986). En el trabajo reportado por Duarte et al.(1988), fue claro que h^2 originalmente bajo, pudiera elevarse al aplicar una política de desecho contra vacas infértiles debido a las condiciones adversas. En este trabajo, estos investigadores pudieron elevar la h^2 , de 0.06 en la población total, a 0.12 en la población donde se le aplicó una política de desecho simulado.

A partir de los resultados encontrados se puede indicar que poco es posible lograr al tratar de seleccionar para el IEP, sin embargo este lapso puede ser mejorado tratando de absorber el hato hacia Romosinuano, a través de un sistema de cruzamiento dirigido.

4.1.3.- Indices de eficiencia reproductiva.

Los índices de eficiencia reproductiva han sido poco estudiados hasta la fecha, por lo que se cuenta con pocos resultados sobre ellos en la literatura. Sin embargo, a pesar de la poca información que se publica, es posible apreciar ciertos contrastes en su uso.

Dohy (1961), señala que la eficiencia reproductiva se considera de buen nivel cuando el índice es superior a 48, es promedio al estar entre 41 y 47 y es pobre al ser igual o inferior a 40, para hatos lecheros especializados, aunque el autor no explica los criterios de cómo llegó a distinguir entre estos niveles. En los trópicos estos valores carecen de veracidad pues la primera diferencia se encuentra en la edad a primer parto. En el trópico se lleva a cabo a los tres años (1159 ± 24 días obtenido en el presente estudio), a diferencia de los dos años, como sucede en clima templado. Esto modifica sustancialmente la apreciación que se tenga del índice, ya que no posible obtener valores tan altos como se pueden obtener en climas templados. En la práctica, este índice es utilizado en la finca del Area de Ganadería Tropical de CATIE. En esta, se considera buena la fertilidad cuando el índice es superior a 41, (comunicación personal del administrador de la finca, Dn. Julio Marschall). La media general para el índice (IER1), propuesto por Dohy

(1961), en el hato de carne de CATIE, es de 44 ± 0.4 (Cuadro 4), por lo que de acuerdo por este último, la fertilidad se considera como promedio. Si se considera la aseveración antes mencionada, la fertilidad podría tomarse como buena, teniendo en cuenta que los animales se desempeñan bajo condiciones adversas.

El IER2 mostrado en el Cuadro 4, presentó una media de 83 ± 0.3 en este hato. Se debe señalar que este índice fue propuesto por autores que trabajan bajo condiciones tropicales, e inclusive contempla una edad a primer parto mayor que en ganado de clima templado, esto es, se propone una edad a primer parto de 900 días, lo que equivale aproximadamente a 2.5 años. Esto muestra un intento por llevar a cabo índices de eficiencia reproductiva bajo condiciones de trópico.

Con respecto a IER3, propuesto por Wilcox et al. (1957), la media fue de 46 ± 0.6 (Cuadro 4). Es posible apreciar la similitud de valores entre este índice y aquel propuesto por Dohy (1961). Se debe tomar en cuenta que este índice fue generado para estimar la eficiencia reproductiva de hatos lecheros y no para hatos de carne, sin embargo, por el tipo de componentes que lo integran, es susceptible de ser usado en este tipo de ganado. La dificultad principal es que no hay patrones con qué compararlos en el trópico, considerando los distintos sistemas de producción existentes.

4.1.3.1 Efectos Ambientales.

En el Cuadro 9A, se presenta el análisis de varianza generado del modelo (6), para los índices de eficiencia reproductiva. En este Cuadro se puede apreciar que el efecto de los años tuvieron influencia significativa ($p < 0.01$), sobre los índices (IER1, IER2 e IER3). Si se observan las gráficas por año para cada índice (Figuras 6, 7 y 8), se aprecia un comportamiento similar en cada una, independientemente del índice que se trate. Sin embargo, al observar las figuras, es necesario notar que IER2 presenta valores más homogéneos, o sea, con menos fluctuaciones, a diferencia de los otros. Esto posiblemente se debe al

hecho de que IER2 está basado en EPP similar a lo encontrado en este estudio, como fue señalado anteriormente.

La literatura no menciona efectos ambientales que influyan sobre este tipo de características, por lo que es difícil hacer comparaciones.

4.1.3.2.- Efectos genéticos.

En el Cuadro 9A, también es posible apreciar el efecto significativo del grupo racial para IER1 ($p < .05$) e IER3 ($p < .01$), pero no para IER2. Esto dá indicios de la tendencia de IER2 de homogenizar la fertilidad en los grupos raciales. En el Cuadro 4, se aprecian las medias por grupo racial. En el caso de IER1, la diferencia entre vacas del grupo racial con menos del 50% de herencia Romosinuano y vacas del grupo racial con mas del 50% de herencia Romosinuano estuvieron a favor del primero ($45 \pm .07$ vs 43 ± 0.4 , respectivamente), indicando con esto que el grupo racial con menor proporción de sangre Romosinuano presentó una eficiencia reproductiva mayor, a diferencia del grupo racial con más de 50% de sangre Romosinuano.

Por otra parte, en el mismo Cuadro 4, se muestran las medias por grupo racial para IER3. En este caso, la diferencia fue a favor de grupo racial con mas del 50% de Romosinuano, en comparación con el grupo racial con menos del 50% de Romosinuano (47 ± 0.6 vs 44 ± 1.1 , respectivamente). Al comparar ambos índices, se nota falta de consistencia en los resultados, ya que por un lado, con un índice un grupo racial es superior, y con otro índice es el grupo racial contrario el que tiene la ventaja en fertilidad. Dicha inconsistencia se debe principalmente al hecho de que IER3, fue generado para hatos lecheros especializados de raza Holstein.

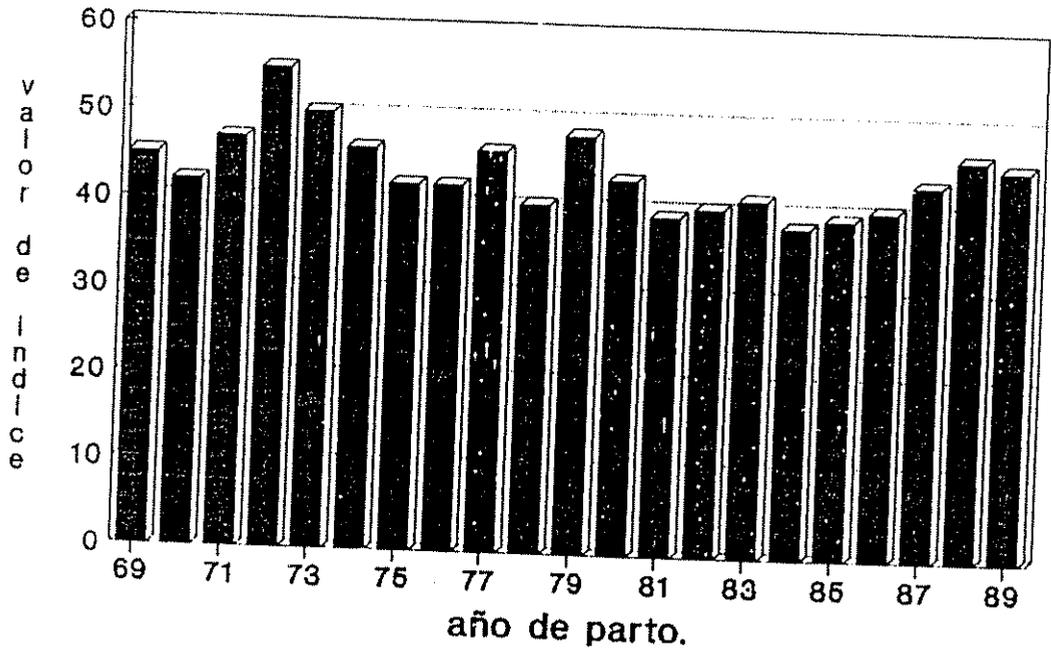


Figura 6.- Comportamiento de IER1, a durante el transcurso de los años 1969-1989.

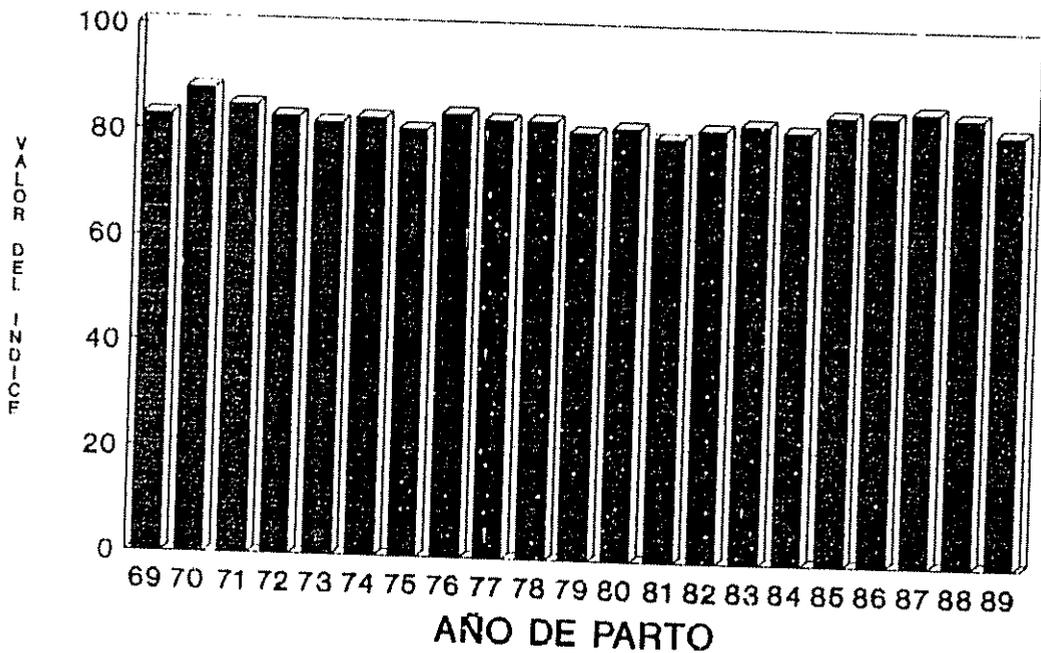


Figura 7.- Comportamiento de IER2, durante el transcurso de los años 1969-1989.

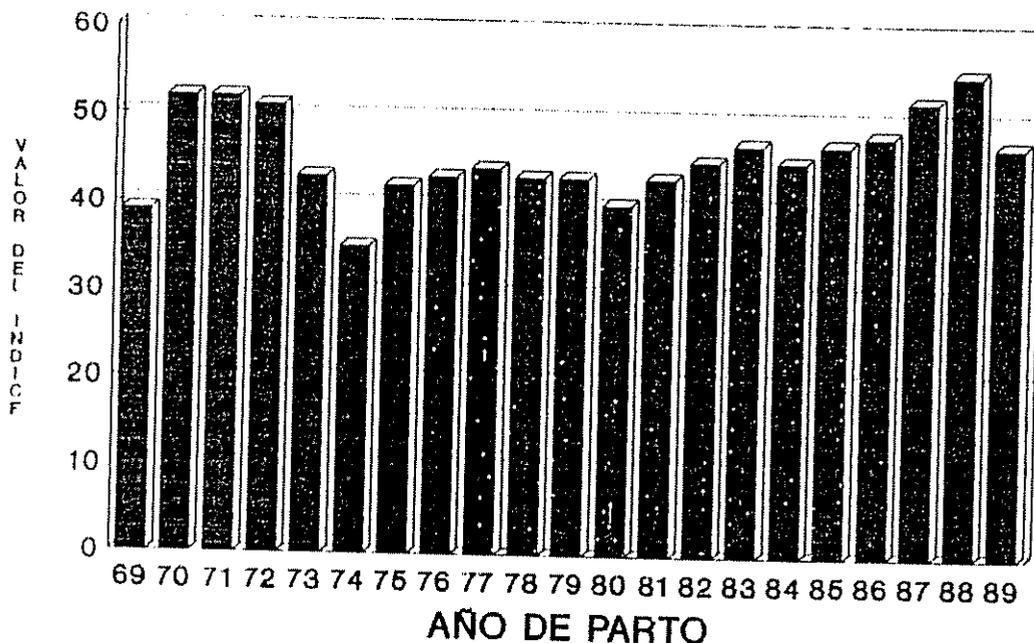


Figura 8.- Comportamiento de IER3 durante el transcurso de los años 1969-1989.

Por otro lado, la interacción entre grupo racial y año de parto de la vaca, solo fue importante ($p < .01$) para IER1 e IER3 (Cuadro 9A).

En el Cuadro 8, se aprecian los resultados del análisis de varianza, necesarios para calcular los componentes de varianza a usarse en la estimación de r . En el Cuadro 6, se presenta el índice de constancia para IER1, IER2 e IER3. En el caso de IER1 e IER3, este índice es muy parecido (0.32 ± 0.028 y 0.32 ± 0.031), sin embargo, la repetibilidad para IER2 fue superior (0.71 ± 0.019). Hohenboken (1985), señala que r es la correlación de registros medidos en el mismo individuo. Esto se aprecia en el estimador obtenido para IER2, pues como se indicó, presenta una tendencia a hacer similares los registros de la eficiencia reproductiva, por lo que no es de extrañarse que el índice de constancia sea tan elevado. La misma explicación que se dió a favor de la utilidad de IER2, pareciera ser todavía vigente para usarlo como un instrumento de manejo genético.

Al estimar el índice de herencia a través de regresiones madre-hija, se observa que este se puede considerar moderado para IER1 e IER2 (0.11 ± 0.16 y 0.38 ± 0.16 , respectivamente) (Cuadro 6), pero es nulo para IER3 (-0.038 ± 0.22). Deshpande e Ingole (1986), obtienen h^2 de 0.008 ± 0.004 y 0.0006 ± 0.0002 para IER2 e IER3 respectivamente. Estos autores señalan la poca variabilidad genética aditiva para estos índices. En este caso, IER3 presentó valores similares a los reportados por Deshpande e Ingole (1986), pero no así IER2.

Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre los índices de eficiencia reproductiva fueron estimados utilizando el método propuesto por Harvey (1987). Los resultados se pueden observar en el Cuadro 9. Aquí se ve la casi nula correlación genética entre IER1 y los otros índices, y a su vez, la correlación fenotípica es baja pero positiva (0.24 a 0.35). Sin embargo, existe una correlación genética y fenotípica significativa entre IER2 e IER3 (0.53 ± 0.1 y 0.57 , respectivamente).

Los resultados expuestos anteriormente inducen a pensar que los índices de eficiencia reproductiva son útiles para estimar en forma general la fertilidad de un hato, pero no para tomarse en cuenta en programas de mejoramiento animal (por eso casi nadie los usa). De cualquier forma, parece que IER2, por razones expuestas anteriormente, sea el que puede ser utilizado como instrumento de manejo del hato, sin que esto necesariamente entre como parte del manejo genético por tener variabilidad genética aditiva baja.

Cuadro 8.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados utilizados para estimar componentes de varianza para IER1, IER2 e IER3.

FV	gl	CM _{IER1}	CM _{IER2}	ECM	gl	CM _{IER3}	ECM
Grupo racial (G)	1	15.8	1.83	---	1	272.3	----
Vaca/G (V)	403	322.0	103262.5	$\sigma^2 + 3.8\sigma_v^2$	270	571.4	$\sigma^2 + 4.4\sigma^2$
Error	1162	115.2	28350.6	σ^2	930	186.4	σ^2

Cuadro 9.- Correlaciones genéticas y fenotípicas para los índices de eficiencia reproductiva en el hato de carne que consideran IER1, IER2 e IER3.

	IER1	IER2	IER3
IER1		-0.067 ± 0.09	0.0021 ± 0.002
IER2	0.24		0.53 ± 0.1
IER3	0.35	0.57	

4.2.-Hato de leche

Se analizaron los registros reproductivos del hato productor de leche del Area de Ganaderia Tropical del CATIE. En este estudio se incluyeron la edad a primer parto de las vacas (EPP), el intervalo entre partos (IEP), los índices de eficiencia reproductiva (IER1, IER2 e IER3), el número de servicios por concepción (NUSER) y el porcentaje de gestación o preñez al primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3). Como características de interés, también se analizó la relación entre EPP con la primera producción de leche ajustada a 305 días de lactancia de la vaca y el IEP de una lactancia con relación a la producción total de la subsiguiente lactación ajustada a 305 días. Los grupos raciales incluidos en el estudio, corresponden a aquellos descritos por Salgado (1988) y Campos (1989).

A continuación se presentan los resultados y discusión de cada característica en forma individual.

4.2.1.-Edad a primer parto.

Por medio del análisis de mínimos cuadrados se estudiaron los efectos de grupo racial, año de nacimiento de la vaca, época de nacimiento, tipo de manejo y sus posibles interacciones (modelo 8). En el Cuadro 10 se aprecia la media general para la característica en estudio, la cual fue de 1096 ± 5.2 días, correspondiente a 36 ± 0.2 meses.

Cuadro 10.- Medias mínimo cuadráticas y errores estándar para las características estudiadas en el hato lechero del CATIE.

Característica	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$
EPP (días)	1288	1096 \pm 5.18
IEP (días)	3406	387 \pm 0.96
IER1 (%)	4081	45.7 \pm 0.19
IER2 (%)	4082	85.8 \pm 0.15
IER3 (%)	2979	47.0 \pm 0.31
NUSER	4455	1.76 \pm 0.04
SER1 (%)	4455	0.59 \pm 0.02
SER2 (%)	1954	0.54 \pm 0.03
SER3 (%)	880	0.49 \pm 0.05

La media para edad a primer parto es la establecida por diversos autores en los trópicos. Sequeira (1986), en un hato de Pardo Suizo y sus cruces con Bos indicus en Nicaragua señala la edad a primer parto de 954 ± 10 días, pero otros autores presentan medias que varían desde 981 hasta 1041 días (Manriquez et al., 1983; Alvarez, 1975; Magofke, 1964). Por su parte Mujica y Tewolde (1990), señalan que la edad a primer parto no es tan importante como el peso a primer servicio, por ser la condición corporal un factor a ser considerado, ya que si no se logra un peso adecuado, se puede afectar la vida productiva de los animales.

Con base en lo indicado, y tomando en cuenta las condiciones actuales de manejo, la edad al primer parto del hato lechero se mantiene en el rango estimado para esta característica en los trópicos.

4.2.1.1.- Efectos ambientales.

Los efectos ambientales considerados en el presente estudio fueron el año y época de nacimiento de la vaca y el tipo de manejo. El análisis de varianza de mínimos cuadrados para EPP obtenido a partir del modelo (8), puede ser apreciado en el cuadro 10A. De los efectos ambientales que mostraron importancia fue el año de nacimiento de la vaca ($p < .01$). En la Figura 9, se aprecia el comportamiento de esta característica a lo largo del tiempo. Durante los primeros años de existencia del hato, la edad a primer parto fue menor, si se comparan estos años con los últimos 15 años de existencia, particularmente entre los años de 1975 a 1980 donde la edad se aumento en forma considerable. Es evidente que aunque la característica ha fluctuado a lo largo de los años de 928 a 1387 días, en los últimos años se ha ido superando, posiblemente porque el manejo haya sido más eficiente. Por otra parte, en los Cuadros 11A y 12A se presentan los análisis de varianza dentro de grupo racial, particularmente dentro de Criollo y Jersey, generados a partir del modelo (8), con el fin de estudiar los efectos ambientales que inciden sobre EPP. En este caso también, solo el año de nacimiento fue importante ($p < .01$).

Diversos autores han reportado el efecto significativo del año de nacimiento (Martínez, 1979; León, 1979), sobre la edad a primer parto. Vaccaro y Vaccaro (1982), señalan que la característica tendía a disminuir con el transcurso del tiempo en un estudio realizado en los llanos occidentales de Venezuela. Estas diferencias son atribuidas a una mejor detección de estros en las novillas. En el caso particular del presente hato en estudio, este efecto puede ser atribuido al efecto de endogamia que se considerará en el siguiente capítulo.

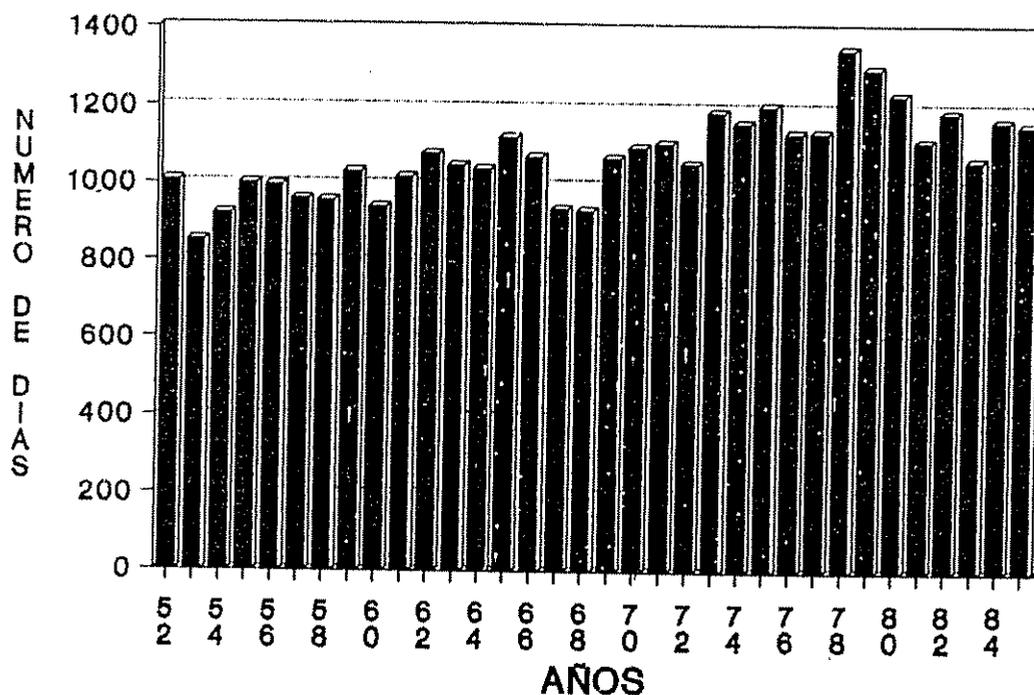


Figura 9.- EPP por año de nacimiento en el hato lechero del CATIE.

4.2.1.2.- Efectos genéticos.

Los que se consideraron como efectos genéticos en el presente estudio, fueron los efectos de grupo racial, variabilidad individual dentro de grupo racial y el efecto de consanguinidad.

Para la presente, el grupo racial mostró un efecto altamente importante ($p < .01$), como se puede apreciar en el Cuadro 11A. En el Cuadro 11, se presentan las medias y errores estándar por grupo racial para EPP. En este cuadro se puede apreciar que los grupos raciales que presentaron una menor edad al primer parto fueron aquellos genotipos que involucraron cruces con Jersey, a diferencia de aquellos donde se involucraba al Criollo en mayor proporción. Así por ejemplo se tiene que el cruce JxC y JxF1 fueron los que menores edades presentaron si se compara con el Criollo, CxF1 y Cx otro. En este estudio se ve la importancia que ejerce el cruzamiento para la manifestación de este tipo de caracteres. Sin embargo, la superioridad de los cruces sobre el promedio de los genotipos puros no es grande (Cuadro 11).

Existe concordancia entre los resultados presentados, con otros autores, quienes indican que los cruces tienden a presentar una edad menor al compararlos con las razas puras (Verma et al., 1973; Salazar y Huertas, 1976; Wilkins et al., 1984).

También es importante hacer notar la existencia del efecto de la interacción grupo racial por año de nacimiento (Cuadro 10A). Esta interacción se debe principalmente al hecho de que no todos los grupos raciales empezaron en el mismo año (Figura 2). Verma et al., (1973) y Wilkins et al., (1984), muestran un efecto similar para la interacción.

En el análisis de la edad a primer parto se consideró el efecto lineal que pudiera ejercer el coeficiente de endogamia en el estudio (CONSA), mismo que se encontró significativo ($p < .05$), en el hato lechero y en el hato Criollo. Esto es posible apreciarlo en los cuadros 10A y 11A. En el hato lechero, el coeficiente de regresión fue de 0.44 (4.4 en términos porcentuales), mientras para el Criollo, el efecto del

coeficiente de endogamia mostró efectos importantes, siendo el coeficiente de regresión parcial de 0.55 (5.5 en términos porcentuales). Esto indica que en hato Criollo, se debe tener cuidado con el uso de sementales producidos en la misma finca, por ser detrimental para EPP. En el caso del hato lechero, la consanguinidad observada es efecto directo de la endogamia del hato Criollo.

Es conocido el efecto negativo que tiene la consanguinidad sobre características relacionadas con la reproducción y adaptabilidad, como es el caso de la EPP (Pirchner, 1985; Falconer, 1981). Esta misma tendencia fue encontrada en el presente estudio para el Criollo Lechero Centroamericano, pues este hato en su mayoría genera sus propios individuos de reemplazo.

Cuadro 11.-Medias mínimo cuadráticas por grupo racial para EPP en el hato productor de leche.

Grupo racial	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$
Criollo (C)	465	1145 \pm 14 ^a
Jersey (J)	203	1049 \pm 16 ^b
C x J	49	1059 \pm 27 ^b
3/4 C x 1/4 J	43	1124 \pm 28 ^a
J x C	69	999 \pm 26 ^c
3/4 J x 1/4 C	24	992 \pm 36 ^c
C x Otro	179	1115 \pm 17 ^a
J x Otro	83	1064 \pm 20 ^b
Durham x Otro	80	1136 \pm 25 ^a
Ayrshire x Otro	93	1071 \pm 22 ^b

a,b,c Distintas literales por grupo racial, son estadísticamente diferentes (p < 0.05)

En el mismo sentido, Mi, et al. (1965), trabajando con hatos productores de leche encontraron un efecto lineal de endogamia que va de 0.03 a 0.11 para edad a primer parto. Este resultado coincide con los resultados del presente trabajo, ya que se obtuvo un coeficiente de regresión para el coeficiente de endogamia de 0.44 (o de 4.4 en términos porcentuales), mientras que para el hato Criollo fue de 0.5 (5.5 en porcentaje).

El índice de herencia para EPP en todo el hato, estimado a través de regresión madre-hija, fue de 0.22 ± 0.30 (Cuadro 12). Este valor fue de 0.14 ± 0.12 y 0.18 ± 0.18 para Criollo y Jersey, respectivamente. En relación a estos estimadores, los errores estándares que los acompañan hacen que su valor real podría estar cercano a cero. De nuevo, al igual que en el hato de carne, aquí también EPP, por no contar con h^2 apreciable, no es candidato como elemento de selección, pero tiende a ser modificado mediante sistemas de cruzamientos dirigidos. Los valores encontrados aquí, concuerdan con algunos en la literatura, mientras con otros no. Por ejemplo, Valle y Amorin (1980), publican un índice de herencia de 0.30 ± 0.28 en un hato durante tres generaciones en vacas Holstein en Brasil. Asimismo, Sequeira (1986), estima un valor para h^2 de 0.30 ± 0.10 en todo el hato estudiado por el, mientras el estimador para el hato Jersey fue de 0.11 ± 0.11 . Por otro lado Seykora y McDaniel (1983), señalan una h^2 de 0.06 ± 0.04 en 5802 registros de producción de un proyecto de ganado Holstein. En general se puede establecer que EPP cuenta con un índice de herencia muy bajo.

Cuadro 12.- Índices de constancia (r), de herencia (h^2) y sus respectivos errores estándar, estimados para EPP, IEp, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1, SER2 y SER3, en el hato lechero.

Característica	$r \pm \sigma^2$	$h^2 \pm \sigma^2$ a	$h^2 \pm \sigma^2$ b
Edad a primer parto			
Todo el hato	-----	.22 \pm .30	
Criollo	-----	.14 \pm .12	
Jersey	-----	.18 \pm .18	
Int. entre partos			
Todo el hato	.12 \pm .08	.10 \pm .20	
Criollo	.12 \pm .05	.20 \pm .15	
Jersey	.09 \pm .10	-.14 \pm .30	
IER1	.22 \pm .06	-.0002 \pm .0002	
IER2	.69 \pm .05	.0004 \pm .0004	
IER3	.12 \pm .07	.0008 \pm .0002	
NUSER	.02 \pm .05	.07 \pm .03	
SER1	.01 \pm .02	.04 \pm .03 ¹	.06 \pm .05
SER2	.02 \pm .10	.05 \pm .12 ¹	.08 \pm .18
SER3	.08 \pm .12	.03 \pm .14 ¹	.05 \pm .14

^a Índices de herencia estimados por regresión madre-hija.

¹ Índices de herencia de SER1, SER2 y SER3 en base binomial.

^b Índices de herencia de SER1, SER2 y SER3 en base normal.

4.2.2.- Intervalo entre partos.

En el estudio, la media del intervalo entre partos fue de 387 ± 9.6 días (Cuadro 10). Los posibles efectos que se estudiaron fueron el grupo racial, padres dentro del grupo racial y vacas dentro de padre y grupo racial como efectos genéticos, y el número, época y año de parto y tipo de manejo como efectos ambientales. En este análisis el posible efecto de endogamia sobre IEP fue considerado.

El valor del intervalo entre partos se encuentra dentro de los límites reportados por otros autores bajo condiciones tropicales. Estudiando el mismo hato, De Alba y Kennedy (1985), obtuvieron un intervalo entre partos de 381 ± 10 días, en vacas J x F1. Vaccaro, (1984), en una revisión de literatura encuentra valores bajo condiciones tropicales que varían entre 375 a 420 días.

Los resultados de los autores antes mencionados indican que es posible disminuir el intervalo en climas adversos hasta niveles prácticamente similares a los establecidos bajo condiciones templadas, siempre y cuando se tengan condiciones de manejo óptimas (alimentación, sanidad, etc.) e instalaciones adecuadas para los animales. El Ministerio de agricultura, pesca y alimentación de la Gran Bretaña (1984), señala que un intervalo entre partos óptimo es aquel que fluctúa entre los 360 y 370 días para la ganadería lechera especializada.

4.2.2.1.- Efectos ambientales.

Se estimaron los efectos ambientales que inciden sobre el IEP, tanto del hato lechero, como del hato Criollo y del Jersey. En el Cuadro 13A, se presenta el análisis de varianza de mínimos cuadrados para estos efectos del hato lechero. En este cuadro es posible apreciar que solo hubo efecto significativo del año de parto, las interacciones entre

grupo racial y año y época y año (ambas $p < .01$). Por otro lado el análisis de varianza de mínimos cuadrados para IEP en el Criollo Lechero Centroamericano muestra efectos significativos de año y número de parto ($p < .05$), así como la interacción entre año y número de parto (Cuadro 14A). En este sentido, en el mismo Cuadro 14A, se aprecia el análisis de varianza de mínimos cuadrados para el ható Jersey, donde no se encontraron efectos importantes a excepción de la interacción entre año y número de parto. Esto fue debido quizá al número bajo de registros de esa raza. Bodisco *et al.* (1974), así como Morales *et al.* (1983), indican resultados similares a los del ható Criollo. De la misma forma, Casas *et al.* (1990), solo encuentran efecto significativo del año de parto sobre el intervalo parto-concepción del ható lechero del CATIE. Se debe recordar que este intervalo juega un papel importante en de la determinación del intervalo entre partos. Sin embargo Vaccaro y Vaccaro (1981), presentan resultados similares a los obtenidos en el presente estudio con respecto al ható lechero, al analizar animales mestizos con Pardo Suizo y Holsten en Venezuela.

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que IEP se encuentra determinado en gran medida por las condiciones del ambiente. El año asociado con otras fuentes de variación son importantes, donde la falta de contemporaneidad en los distintos grupos raciales, juega un papel determinante (Figura 2). En el ható Criollo, se observaron efectos significativos de año, época y la interacción entre ambas, por lo que este ható es susceptible a cambios ocasionados por el ambiente.

4.2.2.2.- Efectos genéticos.

En el mismo Cuadro 14A, es posible notar que no hubo efecto entre los grupos raciales involucrados en el estudio para IEP, habiendo variado de 368 a 395 días. En el Cuadro 13, se muestran las medias y errores estándar por grupo racial. Todos los grupos presentan una media alrededor de 387 días, por lo que es posible suponer que esta

característica aparentemente no está influido por efectos genéticos que cuantifican la diferencia entre grupos raciales. El presente resultado difiere de los resultados reportados por otros autores. Sequeira (1986), analizando el intervalo entre partos de un hato lechero en Nicaragua, encuentra diferencias entre varios niveles de encaste entre Bos indicus y Bos taurus, variando desde 463 hasta 422 días. Magaña et al. (1990), también encuentra efecto de grupo racial, compuesto de animales Bos indicus, Bos taurus y sus cruces, sobre intervalo entre partos. De la misma forma, otros autores encuentran diferencias entre grupos raciales (Martínez, 1979; Wilkins et al., 1984). Estos autores señalan que la ventaja obtenida en la eficiencia reproductiva es debida a vacas cruzadas a diferencia de vacas lecheras puras.

Posteriormente se realizó un análisis encaminado a generar factores de ajuste por grupo racial dentro de número de parto, por haberse encontrado un efecto de la interacción entre grupo racial y número de parto. Se generó el análisis de varianza presentado en el Cuadro 15A a partir del cual se generaron los factores de ajuste que se presentan en el Cuadro 16A. Por otro lado, también se generó el análisis de varianza (Cuadro 17A) para IEP del Criollo Lechero Centroamericano a partir del cual se generaron los factores de ajuste por número de parto, según como se muestran en el Cuadro 18A.

Una vez realizados los ajustes, se procedió a generar un análisis de varianza a través del modelo (12), que permitiera estimar los componentes de varianza necesarios para estimar el índice de constancia (r) para IEP. En el Cuadro 19A y 20A se presentan los análisis de varianza de mínimos cuadrados para IEP en todo el hato lechero y el Criollo Lechero Centroamericano. En el Cuadro 21A se encuentran los componentes de varianza estimados a partir de los análisis correspondientes.

Utilizando el modelo (13), se generaron las regresiones madre-hija del hato lechero, del hato Criollo y del hato Jersey para IEP. Esto con el fin de estimar el índice de herencia (h^2), en forma menos sesgada, según las explicaciones antes señaladas.

Cuadro 13.- Medias de mínimos cuadrados y errores estándar para IEP en días por grupo racial del hato lechero del CATIE.

Grupo racial	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$
Criollo (C)	1030	389 \pm 3
Jersey (J)	536	380 \pm 5
C x J	280	379 \pm 6
3/4 C x 1/4 J	71	384 \pm 14
J x C	234	395 \pm 7
3/4 J x 1/4 C	116	368 \pm 10
C x otro	326	386 \pm 8
J x otro	278	387 \pm 7
Otros	535	388 \pm 4

En el Cuadro 12, se aprecian los parámetros genéticos estimados para el intervalo entre parto, tanto del hato lechero, como del Criollo y del Jersey. El r para IEP fue de 0.12 ± 0.08 en el hato lechero, de 0.12 ± 0.05 en el hato Criollo y de 0.09 ± 0.1 en el hato Jersey. Estos parámetros se encuentran dentro de los límites indicados por diversos autores (Morales et al., 1983; Sequeira, 1986), quienes indican límites entre 0.06 y 0.20 y que se interpretan como moderadamente bajos.

Los h^2 encontrados en este trabajo para IEP a través de la regresión madre-hija fueron de 0.10 ± 0.20 , 0.20 ± 0.15 y -0.14 ± 0.2 , en todo el hato, en el Criollo Lechero Centroamericano y Jersey, respectivamente. En el caso del Jersey, se considera que un h^2 negativo, como se encontró en este estudio, indica la no existencia de

variabilidad genética aditiva. La h^2 obtenida en el hato lechero para IEP es similar a los obtenidos en otros estudios. Por ejemplo, se han encontrado h^2 tan bajos como los reportados por Sequeira (1986) de 0.03 ± 0.04 , y que a su vez son tan similares a los indicados por Katpatal, (1982), de 0.067. Esto muestra la variabilidad existente entre las fuentes de variación como lo son los padres de las vacas, además de las condiciones ambientales y de grupo racial de los individuos. En general, Hohenboken (1985), indica que la variabilidad aditiva para este tipo de características es prácticamente nulo, por ser características relacionadas con la eficiencia reproductiva.

4.2.3.- Índices de eficiencia reproductiva.

Como se comentó en el capítulo sobre índices de eficiencia reproductiva en el hato Romosinuano, estos han sido poco estudiados. Se hicieron consideraciones prácticas sobre IER1, sin embargo, es necesario establecer que el índice propuesto por Wilcox *et al.* (1957), o sea IER3, fue diseñado para ganado productor de leche en clima templado.

En el Cuadro 10, se aprecian las medias obtenidas para los tres índices. Estas fueron 45.7 ± 0.19 , 85.8 ± 0.15 y 47 ± 0.31 , para IER1, IER2 e IER3, respectivamente. Como es posible apreciar son similares a aquellas estimadas en el hato productor de carne ($44 \pm .4$; $83 \pm .3$ y $46 \pm .6$, respectivamente). Esto refleja en general la exigencia del medio a que estos animales han sido sujetos.

Al establecer comparaciones entre los dos hatos, de acuerdo con los índices de eficiencia, ambos presentan la misma fertilidad en términos porcentuales, aunque la tendencia del hato productor de carne es a presentar valores promedios ligeramente menores.

De acuerdo con las indicaciones de Dohy (1961), la fertilidad del hato lechero se considera promedio, pero considerando el razonamiento expuesto en el hato de carne, la fertilidad del hato lechero se puede considerar como buena.

4.2.3.1 Efectos ambientales.

En el Cuadro 22A, se presenta el análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER1, mientras en los Cuadros 23A y 24A, se presentan aquellos correspondientes para IER2 e IER3. Estos análisis fueron generados a partir del modelo (10). En los tres índices es evidente que el efecto de año fue una fuente de variación importante ($p < .01$), mientras que el efecto de manejo fue importante solo ($p < .05$) en IER1 e IER3 (Cuadros 22A, 23A y 24A). Además las interacciones que involucran grupo racial (G) y año de nacimiento (A), G y época de nacimiento (E), así como A y E fueron importantes fuentes de variación para IER1 ($p < .01$), mientras que la interacción entre G y A así como A y E, fueron importantes ($p < .01$) para IER2, en tanto que solo la interacción entre G y A fue importante ($p < .01$) fuente de variación para IEP en el hato lechero del CATIE. El significado e interpretaciones referente a las interacciones que involucran G en relación a A y E, fueron dadas anteriormente. Por otro lado, el efecto de manejo tuvo influencia sobre IER1 ($p < .01$) y en IER3 y no sobre IER2. En este caso, se presentó un efecto similar a lo ocurrido en el hato de carne, donde IER2 tuvo la tendencia de hacer homogéneos los distintos tipos de manejo, por lo que no se detectaron diferencias, lo cual no ocurrió con IER1 e IER3. Tanto para EPP, como IEP, no se encontraron efectos del tipo de manejo, por lo que se puede considerar que IER2 se encuentra en una relación más estrecha con las características relacionadas con la eficiencia reproductiva, bajo condiciones tropicales, no, siendo así para IER1 e IER3.

4.2.3.2.- Efectos genéticos.

En el mismo análisis (Cuadros 22A, 23A y 24A), se aprecia un efecto importante del grupo racial sobre IER1, IER2 e IER3. En el Cuadro

14, se presentan las medias de mínimos cuadrados para IER1, IER2 e IER3 por grupo racial. En el caso de IER1, no existe un patrón que pueda comentarse, sin embargo, con respecto a IER2 e IER3, es posible apreciar que ambos presentan un comportamiento similar, esto es, en términos generales aquellos grupos raciales que presentaban proporciones de Jersey, fueron las que tuvieron mayores índices de eficiencia reproductiva, a diferencia de los grupos raciales que incluían proporciones de Criollo. En ambos casos, los grupos raciales JxF1, JxC y JxOtro, observaron los índices más altos. Este patrón en el comportamiento se vió para EPP. Con respecto a IER1, el grupo racial C x otro fue el que presentó una mejor eficiencia reproductiva, mientras en el cruce C x J la eficiencia reproductiva fue menor que los anteriores. En este caso se puede indicar que, al igual que en el caso de efectos ambientales, tanto IER2, como IER3 son los que presentan una relación más estrecha con las características relacionadas con la eficiencia reproductiva, por lo anteriormente señalado.

En el caso del hato lechero, es necesario señalar que se observaron efectos ambientales y genéticos sobre IER1, IER2 e IER3, lo cual no sucedió en el caso del hato productor de carne. Esto es debido a que en el hato lechero, el sistema reproductivo es a base de inseminación artificial, mientras que en el hato de carne es por monta natural.

Los índices de constancia (r), estimados a través de correlación intraclase, fueron resultado de los análisis de varianza se presentan en los Cuadros 25A, 26A y 27A. Posteriormente se generó el índice de herencia por regresión madre-hija.

En el Cuadro 12, se presentan los parámetros genéticos estimados. Los índices de constancia (r), en el caso de IER1 e IER3 es moderado, mientras en el caso de IER2, nuevamente mostró una alta repetibilidad ($.22 \pm .06$, $.12 \pm .07$ y $.69 \pm .05$, respectivamente). En el mismo Cuadro 12, se aprecian las heredabilidades para cada índice, los cuales son practicamente cero. Wilcox et al. (1957), indican que el índice propuesto por ellos presentaban una heredabilidad de 0.32, sin embargo, Deshpande e Ingole (1986), utilizando el mismo índice, además de aquel

propuesto por ellos, obtienen una h^2 de 0.044 ± 0.012 para el primero y de $0.036 \pm .10$ para el índice propuesto por ellos. La heredabilidad obtenida en el presente estudio señala que los índices de herencia son negligibles para ser usados como componentes en un programa de selección. Fueron obtenidos valores de -0.0002 ± 0.0002 para IER1, 0.0004 ± 0.0004 para IER2 y 0.0008 ± 0.0002 para IER3, los cuales son similares a los presentados por Deshpande e Ingole (1986). Aunque estos últimos autores no indican el índice de constancia, se puede indicar que los efectos que se encuentran influyendo en mayor grado sean los de dominancia y epistasia, ya que, como se indicó anteriormente, la repetibilidad es apreciablemente diferente a cero.

De lo anterior se puede concluir que los índices en realidad no tienen utilidad en el manejo genético del hato lechero del CATIE, sin embargo, hay autores que han reportado h^2 mayores a las encontradas en este estudio, como es el caso de Wilcox et al. (1957).

Ahora bien, en el Cuadro 15, se presentan las correlaciones genéticas y fenotípicas entre cada índice. Aquí es posible notar que IER1 no se encuentra relacionado fenotípicamente con IER2, ($r_f = -0.004$), mientras con IER3 la correlación fenotípica es moderada (0.33). De la misma forma, la correlación genética entre IER1 con los otros índices es ligero y positivo. La diferencia se encuentra al observar la correlación fenotípica y genética entre IER2 e IER3 (0.54 y 0.40 ± 0.08). Las relaciones entre los dos índices, permiten indicar que indirectamente al hacer uso de uno de ellos, en forma indirecta se utiliza el otro. Al considerar el índice de constancia, el uso de IER2 pareciera que es el más adecuado como instrumento de manejo del hato. Esto es similar a lo que se concluyó para el hato de carne, en lo que respecta a IER2.

Cuadro 14.- Medias de mínimos cuadrados y sus errores estándar por grupo racial para IER1, IER2 e IER3, en el hato lechero del CATIE.

Grupo racial	IER1		IER2		IER3	
	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$
Criollo (C)	1357	43.8 \pm .6 ^d	1357	86.7 \pm .4 ^d	946	56.2 \pm .4 ^d
Jersey (J)	589	45.2 \pm .7 ^{bcd}	589	86.6 \pm .4 ^c	436	57.7 \pm .2 ^c
C x J	284	42.2 \pm .9 ^e	284	89.2 \pm .6 ^c	242	57.6 \pm .3 ^c
C x F1	97	46.7 \pm 1.3 ^{ab}	97	87.6 \pm .8 ^d	59	56.3 \pm .5 ^d
J x C	222	44.5 \pm .9 ^{cd}	222	91.9 \pm .6 ^b	178	58.5 \pm .3 ^b
J x F1	86	46.4 \pm 1.5 ^{ab}	86	94.7 \pm 1.0 ^a	71	60.6 \pm .5 ^a
C x Otro	461	48.0 \pm .7 ^a	461	88.4 \pm .5 ^{cd}	293	57.6 \pm .3 ^c
J x Otro	316	45.8 \pm .8 ^{bc}	316	90.6 \pm .5 ^b	248	58.5 \pm .3 ^b
Otros	669	45.7 \pm .6 ^{bcd}	670	89.5 \pm .5 ^c	506	57.8 \pm .2 ^c

a,b,c,d,e Literales distintas son estadísticamente diferentes (p < 0.05)

Cuadro 15.- Correlaciones genéticas y fenotípicas entre los índices de eficiencia reproductiva considerados en el hato lechero del CATIE.

Característica	Característica		
	IER1	IER2	IER3
IER1		.20 ± .10	.14 ± .10
IER2	-.004		.40 ± .008
IER3	.33	.54	

Sobre la diagonal se presentan correlaciones genéticas y bajo la diagonal las correlaciones fenotípicas.

4.2.4.-Número de servicios por concepción y concepciones por servicio.

En el presente trabajo, se estudió el número de servicios por concepción el cual es un dato comúnmente registrado en explotaciones lecheras, ya que este parámetro refleja la eficiencia reproductiva del hato (Everett et al., 1966). De la misma forma, se estimaron el número de concepciones por servicio, el cual, según M.A.F.F. (1984), corresponde a la tasa de preñez ó a la tasa de no-retorno.

En el Cuadro 10, se muestran las medias para el número de servicios por concepción (NUSER), concepciones a primer servicio, (SER1), concepciones a segundo servicio (SER2) y concepciones a tercer servicio (SER3). Para NUSER, la media a lo largo de los años en el hato lechero fue de 1.76 ± 0.04 . Esta información fue obtenida de los registros correspondiente a vacas que son reproductivamente fértiles y no tenían en cuenta aquellas que salen por razones de infertilidad. De Alba (1970), indica que cuando el número de servicios requeridos es menor de 1.5, se considera que el hato presenta una magnífica fertilidad y cuando excede a 2.5 servicios, se puede sospechar la presencia de agentes infecciosos o de inadaptabilidad al medio del hato. Esto permite indicar en términos generales, que el manejo reproductivo del hato lechero ha sido bueno, ya que la diferencia que guarda la media obtenida, se asemeja al límite inferior señalado por De Alba (1970).

Con respecto a concepciones por servicio, la media para SER1, SER2 y SER3 (Cuadro 10), es prácticamente el mismo en cada caso. Es posible notar que a primer servicio, el porcentaje de hembras que quedan gestantes es mayor (0.59 ± 0.02), de aquellas que regresan por un segundo servicio (0.54 ± 0.03). A su vez, en este servicio en un mayor porcentaje quedan gestantes a diferencia de las que regresan por un tercer servicio (0.49 ± 0.05). Esto es reflejo natural del manejo del hato. Al ser inseminadas por primera vez, aquellas vacas que se encuentran en condiciones óptimas de reproducción y que la inseminación es correctamente aplicada, quedan gestantes a primer servicio. Cuando el

animal puede recuperar su capacidad reproductiva y el servicio es correctamente aplicado, al tener un segundo servicio quedarán gestantes. Con un tercer servicio, es menor el porcentaje de vacas que son reproductivamente hábiles para llevar una gestación, quedando generalmente aquellas que por su condición física no lo pueden hacer ya que la probabilidad de que una vaca reciba en tres o más ocasiones un servicio mal aplicado es relativamente baja.

4.2.4.1 Efectos ambientales.

En el Cuadro 28A, se aprecia el análisis de varianza de efectos fijos para NUSER, SER1, SER2 y SER3. En este Cuadro se ve que los únicos efectos importantes fueron el año de parto ($p < .01$), así como el efecto de la interacción entre el año y la época, con excepción a SER3. En la Figura 10, se aprecia la distribución de las características por año a lo largo del período de 1954 a 1988. Aquí es posible observar la relación que guardan los servicios por concepción, con SER1, SER2 y SER3, la cual es inversa. Durante los primeros años de existencia del hato, los servicios por concepción fueron relativamente bajos, tal vez por el número de animales, ó porque en ese tiempo los servicios se realizaban con semen fresco. En la década entre 1970 y 1980, el manejo reproductivo del hato dejó mucho que desear, ya que los servicios por concepción aumentaron de 1.5 a casi 2.5. Por consiguiente las concepciones disminuyeron considerablemente durante ese lapso. En los últimos años estas características han permanecido dentro de límites normales en condiciones tropicales (De Alba, 1970).

En base a estos resultados se puede concluir que el manejo que NUSER tiene una fluctuación a lo largo de su historia según la política de manejo al cual ha estado sometido el hato lechero, sin embargo, es posible apreciar que NUSER se encuentra en los límites inferiores establecidos por la literatura, lo que dá muestras de su adaptabilidad al medio tropical.

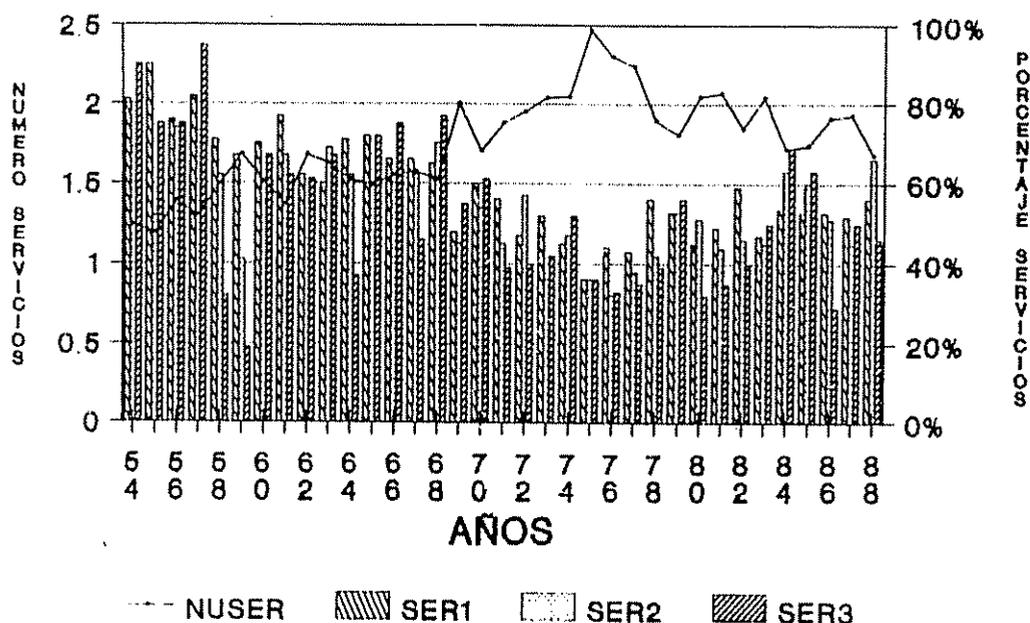


Figura 10.- Medias por año para NUSER, SER1, SER2 y SER3, en el hato lechero del CATIE.

4.2.4.2.- Efectos genéticos.

En el Cuadro 29A, se muestra el análisis de varianza de mínimos cuadrados generado para NUSER, SER1, SER2 y SER3, con el fin de obtener los componentes de varianza, expuestos en el Cuadro 21A. En el Cuadro 12, se presenta la estimación de los índices de constancia (r) y de herencia (h^2), para estas características.

En el caso de SER1, SER2 y SER3, los índices de herencia fueron expresados en las escalas binomial y normal. Lo primero fue necesario hacerlo porque son características expresadas en porcentaje. Martínez (1986), trabajando con el hato lechero, había utilizado una metodología similar a lo empleado en el presente trabajo. Para transformar los parámetros genéticos, h^2 , de la escala binomial a la escala normal, fue necesario usar una transformación probit, como se indicó en la parte de materiales y métodos. Para fines prácticos, son las h^2 con base en

escala normal las que deben tener utilidad. Los índices de constancia obtenidos para NUSER, SER1, SER2 y SER3, muestran que esta característica se encuentra en función del manejo de los animales ya que variaron de 0.01 a 0.08, los cuales son considerados como bajos. Everett et al. (1966), trabajando con un hato Holstein y Guernsey, reportó valores de r mayores a los encontrados en el presente estudio (0.11 ± 0.09 y 0.10 ± 0.01 , respectivamente). Por otro lado, también reportaron h^2 para servicios por concepción que variaba de 0.03 ± 0.02 , en el hato Holstein, a 0.05 ± 0.02 en el hato Guernsey. En este caso se debe reconocer el efecto que ejerce el ambiente, ya que mientras Everett et al. (1966), utilizan registros reproductivos de dos hatos especializados en clima templado, haciendo que r sea mayor, las condiciones ambientales tropicales del presente estudio han hecho que r sea prácticamente cercano a cero (0.02 ± 0.05).

En general, aún cuando el número de servicios por concepción ha sido considerado como indicador de la eficiencia reproductiva de un hato, todavía no puede ser tomada en cuenta como característica sujeta a la selección genética. Esta se debe considerar como un elemento rutinario del manejo del hato.

4.2.5.- Relación entre características relacionadas con la eficiencia reproductiva y de producción.

4.2.5.1.- Relación entre EPP y la producción de leche ajustada a 305 días en la primera lactancia (1PL305).

En el Cuadro 31A, se muestra el análisis de varianza de mínimos cuadrados obtenido a partir del modelo propuesto por Salgado (1988), en el cual se incluyó el efecto de edad a primer parto como covariable para estimar el efecto que puede ejercer esta, 1PL305. Puede notarse que la EPP es una fuente de variación importante ($p < 0.05$). El coeficiente de regresión parcial asociado con EPP fue de 0.24 ± 0.21 , es decir, por cada día en aumento de EPP, se esperaría 0.24 kg de aumento en

producción de leche. Esto puede ser debido a que la novilla llega en buenas condiciones a su primer parto y así no influye negativamente sobre la subsiguiente producción de leche. De cualquier forma este hallazgo pareciera estar en contraposición con lo encontrado en el hato de carne en cuanto a la relación entre EPP y la productividad total subsecuente (Cardona, 1989).

También fue estimada la correlación genética entre EPP y 1PL305, a través de la correlación intraclase, usando los productos del análisis de covarianza que se señala en el Cuadro 30A. Con base en esta estimación, la correlación genética (r_g) y fenotípica (r_f) entre 1PL305 y EPP en este hato, mismas que se presentan en el Cuadro 16. En este cuadro se puede apreciar que la r_g entre 1PL305 y EPP fue de -0.19 ± 0.25 y la r_f fue de 0.01.

Se puede señalar que estos estimadores indican que la presentación de la edad a primer parto no influye sobre la producción de leche en la primera lactación, ya que prácticamente no existe una relación fenotípica entre ellas y la correlación genética de hecho, es negativa aunque cercana a cero.

Seykora y McDaniel (1983), al estudiar este efecto encuentran una correlación genética de -0.21 ± 0.14 y fenotípica de 0.01. Por su parte, McDaniel y El-Sayad (1980), así como Hansen *et al.* (1983), presentan resultados similares, esto es, tendencias negativas y moderadas en la correlación genética y correlaciones fenotípicas cercanas a cero. Los resultados del presente estudio concuerdan con aquellos reportados por los demás autores, quienes concluyen que la relación entre estas características no es de gran importancia.

Cuadro 16.- Correlaciones genéticas (r_g), fenotípicas (r_f) y ambientales (r_A), entre EPP y 1PL305 e IEP y PL305 en el hato lechero del CATIE.

	1PL305	PL305
EPP como covarible	0.24 ± 0.21	-----
IEP como covariable (lineal)	-----	13.33 ± 6.04
IEP como covariable (cuadrático)	-----	-0.016 ± 0.01
r_g	-0.19 ± 0.25	0.17 ± 0.19
r_f	0.01	0.01
r_e	0.14	0.08

4.2.5.2.- Relación entre IEP y producción de leche ajustada a 305 días (PL305).

La relación entre el nivel de producción de leche (PL305), con el IEP de la anterior lactancia puede llegar a cobrar importancia económica y biológica en un determinado hato. Esta relación se consideró en el presente estudio.

El modelo del cual se generó el análisis de varianza de mínimos cuadrados, fue propuesto por Salgado (1988), en el cual se incluyó el efecto del intervalo entre partos en su forma lineal y cuadrática sobre la producción de leche. El efecto lineal del IEP fue importante ($p < .05$), mientras que el cuadrático solo lo fue a un nivel de ($p < 0.10$). En el presente estudio, el coeficiente de regresión asociado con IEP en su forma lineal y cuadrática fue 13.3 ± 6 y $-0.016 \pm .01$, respectivamente. Estos resultados señalan que al incrementarse el IEP de una lactancia, se obtendrán 13.3 ± 6 kg de leche en la siguiente lactación. Campos (1989), indica en su estudio que el nivel de producción determina la persistencia de la curva de lactancia, la cual a su vez se encuentra en estrecha relación con el IEP. Este último autor concluye que las curvas de lactancia presentan persistencias mayores conforme transcurren los partos en la vida productiva de la vaca, por lo que el intervalo entre parto se verá afectado. Esto tiene como consecuencia que el IEP de un parto, indique la PL305 de la siguiente lactancia, por la madurez fisiológica que van adquiriendo las vacas.

Así mismo se establecieron las correlaciones genéticas y fenotípicas entre IEP y PL305 (Cuadro 32A). En el Cuadro 16, se presentan los coeficientes de regresión parcial, así como las correlaciones entre las dos características.

El coeficiente de regresión lineal de 13.3 ± 6 kg, sugiere un efecto proporcional con la producción de leche, esto es, entre mayor sea el intervalo entre partos, mayor será la producción de leche, aunque esto no se puede pensar que sea biológicamente lineal. Sin embargo, la correlación fenotípica entre las dos variables es prácticamente cero.

Esto sugiere la no existencia de una relación entre el intervalo entre partos de una lactancia con la producción de leche de la siguiente, por lo que no es posible definir una producción láctea en base al comportamiento reproductivo previo.

La r_g obtenida en el presente estudio fue de 0.17 ± 0.19 (Cuadro 16), mientras la correlación fenotípica fue, como se indicó anteriormente, prácticamente de cero (0.01). La relación genética encontrada, difiere de aquella señalada por Everett et al. (1966), al indicar que la correlación genética entre el intervalo entre partos y la producción de leche fue de -0.04 ± 0.01 en un hato Holstein bajo condiciones de clima templado, mientras la correlación fenotípica fue cercana a cero. Por otro lado Sequeira (1986), indica que el intervalo entre partos se relaciona genéticamente con la producción de leche en 0.44 ± 0.4 .

Esto permite indicar que la relación genética entre el intervalo entre partos con la siguiente producción de leche no existe, por ser efectos ambientales los que inciden sobre IEP, como fue discutido anteriormente.

Las relaciones entre EPP y 1PL305 así como IEP y PL305 en el presente hato lechero no es de gran importancia, de tal forma que la selección dirigida hacia PL305 no pareciera tener efecto, por lo menos negativo, sobre las características relacionadas con la eficiencia reproductiva. Asimismo, estas características no son sujetas a selección por el simple hecho de que no cuentan con variabilidad genética aditiva de importancia.

5.-CONCLUSIONES.

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo sobre evaluación genética de las características relacionadas con la eficiencia reproductiva en los hatos de carne y de leche compuestos por Romosinuano y sus cruces con Brahman, así como de Criollo Lechero Centroamericano, Jersey y sus cruces, respectivamente, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- 1.- La edad a primer parto e intervalo entre partos son de $1159_{\pm 24}$ y $410_{\pm 6}$ días, respectivamente en el hato de carne, mientras en el hato lechero son de $1096_{\pm 5}$ y $387_{\pm 1}$ días, respectivamente.
- 2.- De los índices de eficiencia reproductiva estudiados en ambos hatos, resulta mas coherente y aplicable como instrumento de manejo de los hatos, el índice propuesto por Deshpande e Ingole (1986). Esto es básicamente porque este se basa en un EPP casi similar a los encontrados en el presente estudio.
- 3.- La mayoría de las características relacionadas con la eficiencia reproductiva no gozan con variabilidad genética aditiva, por lo que su h^2 variaba entre -0.038 y 0.28 para EPP, IEP, IER1, IER2 e IER3, en el hato de carne, mientras que este variaba entre -.14 y .22 para EPP, IEP, IER1, IER2, IER3, NUSER, SER1, SER2 y SER3, en el hato lechero. Esto deja ver que sí hay que mejorar algunos aspectos. De esto se tendría que pensar en algún sistema de cruzamiento como fue evidenciado propiamente en los cruces lecheros del CATIE.
- 4.- Los índices de constancia (con excepción a EPP), si permiten que se pueda considerar un manejo eficiente, pensando en mejoramiento a corto plazo.
- 5.- En el hato lechero en general y en el hato de Criollo Lechero Centroamericano en particular, se encontró un efecto significativo y negativo de endogamia para EPP.

- 6.- Las relaciones entre EPP y 1PL305 e IEP y PL305, realmente no son antagónicas y de hecho son cercanas a cero.
- 7.- Observando el nivel de comportamiento reproductivo de los criollos en general (Ramosinuano y Criollo Lechero Centroamericano), junto a lo que ya se sabe de ellos en la Finca Experimental de Ganadería del CATIE, se afirma una vez más que estos animales poseen una base genética de origen Bos taurus, pero con evolución adaptativa al medio adverso.

Entre las recomendaciones que se pueden hacer son:

- 1.- Que se determine el nivel fisiológico de la pubertad de los hatos de carne y leche del CATIE, particularmente de los criollos.
- 2.- Realizar estudios fisiológicos-genéticos para determinar las razones del porqué el criollo (de origen Bos taurus), ha desarrollado algún grado de adaptabilidad al medio tropical.

6.-LITERATURA CITADA

- ABUBAKAR, B.Y.; MCDOWELL, R.E.; VAN VLECK, L.D. 1986. Genetic estimation of Holstein in Columbia. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 69(4):1081-1086.
- ALBA, J. DE, 1970. Reproducción y genética animal. México, D.F., SIC. 446 p.
- _____. 1984. El bovino Romosinuano en Turrialba. CATIE. Serie técnica. Boletín técnico no. 13. 15 p.
- _____. 1985. El criollo lechero en Turrialba. CATIE. Serie técnica. Boletín Técnico no. 15. 59 p.
- _____; KENNEDY, B.W. 1985. Milk production in the Latin-American milking criollo and its crosses with the Jersey. Animal Production. (G.B.) 41(2):143-150.
- ALVAREZ, J.R. 1975. Evaluación de 25 años de selección de un hato lechero del trópico húmedo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 58 p.
- ANTA, E.; RIVERA, J.A.; GALINA, C.; PORRAS, A.; ZARCO, L. 1989. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. Veterinaria (Mex.) 20(1):11-18.
- BADINGA, L.; COLLIER, J.R.; THATCHER, W.W.; WILCOX, C.J. 1985. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 68(11):78-85.

- BATRA, T.L.; McALLISTER, A.J.; CHESNAIS, J.P.; DARISSE, J.P.F.; EMSLEY, A.B.; LEE, J.A.; ROY, G.L.; VESLEY, J.A.; WINTER, K.A. 1983. Comparison of the heifer reproduction traits of the daughters of several sire groups. *Canadian Journal of Animal Science (Can.)* 63:269-278.
- BECKER, W.A. 1984. *Manual of quantitative genetics*. 4 ed. Pullman, Washington, Academic Enterprises. 190 p.
- BODISCO, V.; VERDE, O.; WILCOX, C.J. 1971. Producción y reproducción de un lote de ganado Pardo Suizo. *Memoria ALPA (Mex.)* 6:81-95.
- BORSOTTI, N.; VERDE, O.; PLASSES, D. 1979. Repeatability of calving intervals in Brahman cows. *Journal of Animal Science*. (EE.UU.)49:374-377.
- BUTTE, S.V.; DESHPANDE, K.S. 1986. Calving interval in Friesian x Sahiwal crossbreds. *Indian Journal of Animal Science (India)* (1986) 56 (7):809-810.
- CAMPOS S., M.S. 1989. Caracterización de la curva de lactancia y utilización de registros parciales en genotipos lecheros bajo condiciones de trópico húmedo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., CATIE. 108 p.
- CARDONA G., J.L. 1989. Efectos directos, maternos, correlación entre ellos, e indicadores de productividad total en ganado Romosinuano bajo condiciones de trópico húmedo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., CATIE 128 p.
- CASAS C., E.; TEWOLDE, A.; SALGADO, D.; MUJICA, F. 1990. Efecto del peso al parto sobre el intervalo parto-concepción en vacas Criollas, Jersey y sus cruces. In *Rueniao da Asociacio Latino-Americana de Producao Animal* (12, 1990, Campinas, Brasil). *Anais. Piracicaba, FEALQ.* p. 217.

- COLLIER, R.J.; DOELGER, S.G.; HEAD, H.H.; THATCHER, W.W. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cows. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 54(2):309-319.
- CUNNINGHAM, E.P.; SYRSTAD, O. 1987. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. FAO. *Animal Production and Health Paper* no. 68. 90 p.
- DEATON, O. 1980. Consideraciones sobre cruzamientos bovinos en el trópico. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Ganadería Tropical. 11 p.
- DESHPANDE, K.S.; INGOLE, G.K. 1986. A new method of estimating breeding efficiency in Friesian x Sahiwal crossbreds. *Indian Journal of Animal Science* (India) (1986) 56 (8) 889-891.
- DOHY, J. 1961. A simple method of expressing fertility of cows. *Allattenyestés* (Hungria) 9:303-306. Compendiado en: *Animal Breeding Abstracts* (G.B.) 29 (3):1406, 1961.
- DUARTE-ORTUNO, A.; THORPE, W.; TEWOLDE, A., 1988. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. *Animal Production* (G.B.) 47:11-20.
- DUNLAP, S.E.; VINCENT, C.K. 1971. Influence of postbreeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 32(6):1216-1218.
- ESCOBAR, J.; FERNANDEZ-BACA, S.; GALINA, C.S.; BERRUECOS, J.M.; SALTIEL, A. 1982. Estudio del intervalo entre partos en ganado de carne en una unidad de altiplano y otra en la zona de trópico húmedo. *Veterinaria* (Mex.) 13:53-60.
- EVERETT, R.W.; ARMSTRONG, D.V.; BOYD, L.J. 1966. Genetic relationship between production and breeding efficiency. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 49:879-886.

FALCONER, D.S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. México, CECSA.

GAALAAS, R.F.; PLOWMAN, R.D. 1963. Relationship between longevity and production in Holstein Friesian cattle. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 46:27.

GARCIA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3a ed. México, UNAM, Instituto de Geografía.

GONZALEZ, S.C. 1984. Comportamiento reproductivo de las razas locales de rumiantes en el trópico americano. In Reproduction des ruminants en zone tropicale, Pointe-à-Pitre, F.W.I. INRA (Les Colloques de l'INRA, no. 20).

GWAZDAUSKAS, F.C.; THATCHER, W.W.; WILCOX, C.J. 1973. Physiological, environmental and hormonal factors at insemination which may affect conception. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 56(7):873-877.

_____ ; WILCOX, C.J.; THATCHER, W.W. 1975. Environmental and managemental factors affecting conception rate in a subtropical climate. Journal of Dairy Science (EE.UU.), 58:88-92.

HARVEY, W.R.; LUSH, J.L. 1952. Genetic correlation between type and production in Jersey cattle. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 35(3):199-213.

_____. 1970. Estimation of variance and covariance components in the mixed models. Biometrics (EE.UU.) 26(3):485-504.

_____. 1987. User's guide for LSMLMW pc-1 version. Mixed model least squares and maximum likelihood computer program, s.l., s.e. 59 p.

HERNANDEZ, G.; KOCH, R.M.; DICKERSON, E. 1971. Influencia de algunos factores en el peso al destete de terneros Romosinuanos. Memoria ALPA, (Mex) 6:180.

_____. 1979. Ganado Romosinuano. In Razas criollas colombianas. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. p. 1-16. (Manual de Asistencia Técnica no. 21).

_____; KOCH, R.; DICKERSON, G. 1982. Influencia de algunos factores en el intervalo entre partos en ganado Romosinuano. Memoria ALPA (Mex.) 17:55-61.

HINOJOSA C., A.; FRANCO, A.; BOLIO, I. 1980. Factores genéticos y ambientales que afectan el intervalo entre partos en un hato comercial en un ambiente tropical subhúmedo. Producción Animal Tropical (R.D.) 5:181-187.

_____; SEGURA C., J.C. 1986. Eficiencia reproductiva de un hato cebú comercial bajo condiciones tropicales. II. Intervalo entre partos. Veterinaria (Méx.) 17(4):255-259.

HOHENBOKEN, W.D. 1985. Heritability and repeatability. In General and quantitative genetics. Ed. A.B. Chapman. Amsterdam, Elsevier p. 77-119. (World Animal Science, A4).

INGRAHIM, R.H.; GILLETE, D.D.; WAGNER, W.D. 1974. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climate. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 57(4):476-481.

_____; STANLEY, R.W.; WAGNER, W.D. 1976. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in Hawaii. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 59(12):2086-2094.

JOHNSON, H.D. 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In Bioclimatology and the adaptation of livestock, Amsterdam, The Netherlands, Elsevier. p. 35-57.

- KATPATAL, B.G. 1982. Breeds and crosses for dairy cattle production in the tropics: experimental results. Jabalpur, India, College of Veterinary Science. 76 p. Presentado en: Brazilian Symposium on Genetic Resources of Cattle for Milk Production in Tropics (1, 1982, Juiz de Flora, M.G., Bra.)
- KRAGELUND, K.; HILLEL, J.; KALAY, D. 1979. Genetic and phenotypic relationship between reproduction and milk production. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 62:468-474.
- LEON V., V.G. 1980. Manejo de sistemas de producción de carne en el trópico. Turrialba, Costa Rica, CATIE 21 p.
- LUSH, J.L.; LAMOREUX, W.F.; HAZEL, L.N. 1948. The heritability of resistance to death in fowl. *Poultry Science* (EE.UU.) 23(4):375-388.
- MCDANIEL, B.T.; EL-SAYED, M. 1980. Associations among genetic values, heart girths, reproductive measures and milk yields. *Journal of Dairy Science*.(EE.UU.) 63 (Suppl. 1):93.
- MCDOWELL, R.E. 1985. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health and fitness. *Journal of Dairy Science*. (EE.UU.) 68(9): 2418-2435.
- MADALENA, F.E.; HINOJOSA, A. 1976. Reproductive performance of zebu compared with Charolais x zebu females in a humid tropical environment. *Animal Production* (G.B.) 23:55-62.
- MAGAÑA, J.; ANDERSON, S.; CHIMAL, P. 1990. Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento reproductivo del ganado , y sus cruces en el trópico sub-húmedo de México. In *Ruênio da Associação Latino-Americana de Produção Animal* (12, 1990, Campinas, Brasil). *Anais. Piracicaba, FEALQ.* p.213.
- MAGOFKE, J.C. 1964. Estimación del mejoramiento genético en producción de leche, grasa y largo de lactancia en el ganado criollo de Turrialba. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., IICA. 110 p.
- MANRIQUEZ, M.Y.; ROMAN P., H.; HERNANDEZ L., J.J.; PADILLA R., F.J.; CASTILLO R., H. 1983. Comportamiento reproductivo de ganado lechero en clima tropical. 2. Características reproductivas de vaquillas Holstein y Suizo Pardo hasta su primera lactancia. *Técnica Pecuaria en México* (Mex.) no. 45:31-35.

- MARTINEZ, H.T. 1979. Análisis productivo y económico de un hato de ganado lechero en el departamento de San Miguel, El Salvador. Tesis Mag. Sci., Turrialba, C.R., UCR-CATIE, 80 p.
- MARTINEZ, J.C. 1986. Mortalidad de hembras desde el nacimiento al primer parto en bovinos de diferentes genotipos lecheros bajo condiciones de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 120 p.
- MARTINEZ, M.L.; LEE, A.J.; LIN, C.Y. 1988. Age and Zebu performance and reproduction in Brazil. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 71(3): 800-808.
- MEDINA, O.; MUÑOZ, H.; DEATON, O. 1974. Productividad de ocho grupos raciales de vacas de carne. Memoria ALPA (Mex.) 9:65.
- MI, M.P.; CHAPMAN, A.B.; TYLER, W.J. 1965. Effects of mating systems on production traits in dairy cattle. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 48:77-84.
- MILAGRES, J.C.; DILLARD, E.U.; ROBINSON, O.W. 1979. Heritability estimates for some measures of reproduction in Herford heifers. Journal of Animal Science (EE.UU.) 49(3): 668-674.
- MOLENAAR, B.A.J.; STEEN H., VAN DER 1984. Fertility parameters in a specialised sow line. In: Annual Meeting of the European Association for Animal Production (34, 1983), Madrid, Spain). Compendiado en: Animal Breeding Abstracts (G.B.) 52 (1/3):106.
- MOLINA, R. 1978. Evaluación del potencial productivo de la raza Romosinuano y su uso en cruzamientos para ganado de carne. Tesis Mag. Sci., Turrialba, C.R., UCR/CATIE 53 p.
- MOLINA, R.; DEATON, O.; MUÑOZ, H. 1979. Una evaluación de la raza Romosinuano y sus cruzamientos para ganado de carne. Memoria ALPA (Mex.) 11:65. 14:152 (conguen su línea)
- _____; DEATON, O.; MUÑOZ, H. 1982. Potencial productivo del Romosinuano y su uso en cruzamientos para ganado de carne. Producción Animal Tropical (R.D.) 7:272-277.
- MONTY, Junior. D.E. 1984. Early embryo death in cattle during thermal stress. In: Reproduction des ruminants en zone tropicale. Pointe-a-Pitre, F.W.I., p.285-300. (Les Colloques de l'INRA, No. 20).

- MORALES, H.T.; AGUILAR, C.A.; HINOJOSA, C.A. 1983. Comportamiento reproductivo de un hato Holstein en la Chontalpa, Tabasco. II. Período de gestación e intervalo entre partos. Veterinaria (Méx.) 14:74-79.
- MORALES, J.C. 1972. Estudio de las características de reproducción y producción en un hato Guernsey en la zona alta de Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA. 46 p.
- MORRIS, C.A. 1980. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production. 1. Associations with fertility in the first joining season and with age at first joining. Animal Breeding Abstracts (G.B.) 48(10):655-676.
- MUÑOZ, H.; MARTIN, T. 1969a. Crecimiento antes y después del destete en ganado Santa Gertrudis, Brahman y Criollo y sus cruces recíprocos. Memorias ALPA (Mex.) 4:7-28.
- _____ ; MARTIN, T. 1969b. Características en canal de las razas Santa Gertrudis, Brahman y Criolla y sus cruces recíprocos. Memorias ALPA (Mex.) 4:29-46.
- PEROZO, Y.T. 1971. Características de reproducción y producción de un hato Holstein en zona de altura del trópico. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA. 39 p.
- PIRCHNER, F. 1985. Genetic structure of populations. 1. Closed populations or matings among related individuals. In General and quantitative genetics. Ed. A.B. Chapman. Amsterdam, Elsevier. p. 227-249.
- PLASSE, D.; WARNICK, A.C.; KOGER, M. 1968. Reproductive behaviour of Bos indicus females in a subtropical environment. I. Puberty and ovulation frequency in Brahman and Brahman x British heifers. Journal of Animal Science (EE.UU.) 27(1):94-100.
- _____ ; PEÑA, O.; VERDE, O.; KOGER, M.; LINARES, T., 1972. Influencias ambientales sobre la varianza de intervalos entre partos en Brahman registrado. Memorias ALPA (Mex.) 7:47-63.

- RIVERA V., M.D.; NUÑEZ D., R.; FERNANDEZ R., S. 1990. Análisis conjunto de producción de leche y peso destetado por vacas de doble propósito. In Rueniao da Associacao Latino-Americana de Producao Animal (12, 1990, Campinas, Brasil). Anais. Piracicaba, FEALQ. p. 243.
- ROMAN, P.H.; FLORES, L. 1980. Comportamiento reproductivo de vacas Holstein y Pardo Suizo en clima tropical. Revista Mexicana de Producción Animal (Mex.) 12:51-52.
- _____ ; HERNANDEZ, L.J.; CASTILLO, R.H. 1983. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 1. Características reproductivas de vacas Holstein y Suizo Pardo. Técnica Pecuaria (Méx.) no. 45:21-29.
- ROY, R.; TOMAR S., P.S.; SHARMA R., J.M.; MANGLIK, V.P.; CHAUDHARY, R.P. 1987. Additive and heterotic effects on economic traits in Sahiwal x Jersey crossbred cattle. Indian Journal of Animal Science (India) (1987) 57 (4):297-300.
- SALAZAR, D.; HUERTAS, E. 1976. Eficiencia de la producción de leche en el trópico Colombiano. Memoria ALPA (Mex.) 11:51.
- SALGADO F., D.J. 1988. Indices de selección y evaluación de su efectividad para características relacionadas con la producción de leche en el trópico. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., CATIE. 124 p.
- SAS INSTITUTE. 1986. SAS User's guide: basics. Cary, North Carolina. 584p.
- SEGURA C., J.C.; HINOJOSA C., J.A. 1986. Eficiencia reproductiva de un hato Cebú comercial bajo condiciones tropicales. II. Edad al primer parto. Veterinaria (Méx.) 17(4):255-259.
- SEQUEIRA, R. 1986. Evaluación genética de producción láctea y reproducción en ganado Suizo y sus cruces, bajo condiciones de trópico seco en Nicaragua. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 126 p.
- SEYKORA, A.J.; MCDANIEL, B.T. 1983. Heritabilities and correlations of lactation yields and fertility for Holstein. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 66:1486.

- SILERIO, G.P.; TEWOLDE, A. 1985. Repeatabilities, heritabilities and genetic and environmental correlations for gestation length and calving interval of Gyr and Indobrasil cows. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 61 (Suppl. 1):235-236.
- SKJERVOLD, H. 1982. The results of 20 years selection for production in cattle, sheep and pigs -Which way now?. *In Future developments in the genetic improvements in animals. Australia, Academic Press.* p. 3-16.
- TEODORO, R.L.; LEMOS, A.M.; BARBOSA, R.T.; MADALENA, F.E. 1984. Comparative performance of six Holstein x Friesian x Guzera grades in Brazil. 2. Traits related to the onset of the sexual function. *Animal Production (G.B.)* 38:165-170.
- TEWOLDE, A. 1986. Evaluation and utilization of tropical breeds for efficient beef production in the tropics: Challenges and opportunities. *In World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (3, 1986, Lincoln, Neb.). Proceedings. Nebraska.* p. 283-291.
- TEWOLDE, A. 1988. Genetic analysis of Romosinuano cattle: Selection possibilities for beef in the Latin American tropics. *In World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding. (3, 1988, Paris). Proceedings. Paris, INRA.* p. 275-291.
- TEWOLDE, A. 1989. Estado actual en los programas de utilización de ganado Criollo. Turrialba, C.R., CATIE. 13 p. Presentado en: Taller técnico: Intercambio de los recursos genéticos en ganadería de los países centramericanos, San José, Costa Rica.
- TEWOLDE, A.; SALGADO, D.; CAMPOS, M.; MUJICA, F. 1990. El papel de los recursos genéticos criollos en sistemas de producción bovina en el trópico. *In Conferencia Internacional sobre sistemas y estrategias de mejoramiento bovino en el trópico. (1990, Turrialba, C.R.) Memorias. Turrialba, C.R., CATIE.* p. 53-62.
- THATCHER, W.W.; BADINGA, L.; COLLIER, R.J.; HEAD, H.H.; WILCOX, C.J. 1984. Thermal heat stress effects on the bovine conceptus: early and late pregnancy. *In Reproduction des ruminants en zone tropicale. Pointe-a-Pitre, F.W.I., INRA.* p. 273-284 (Les Colloques de l'INRA, No. 20).
- UK. MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD, 1984. Dairy herd fertility. London, Her Majesty's Stationary Office. 80 p.

- VACCARO, L. 1974. Dairy cattle breeding in tropical South America. *World Animal Review (Italia)* 2:8-13.
- _____. 1984. El comportamiento de la raza Holstein Friesian comparada con la Pardo Suizo en cruzamiento con razas nativas en el trópico: Una revisión de literatura. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 9(2): 93-101.
- VACCARO, R.; VACCARO, L. 1981. Edad al primer parto y parámetros reproductivos en hijas de toros Pardo Suizo y Holstein Friesian. *Memoria ALPA (Méx.)* 16:153.
- _____; VACCARO, L. 1982. Edad al primer parto, reproducción y sobrevivencia prenatal en mestizas Holstein-Friesian y Pardo Suizas en un sistema intensivo en el trópico. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 7:201-207.
- VALLE, A.; AMORIN, A.R. 1980. Parámetros genéticos de la producción de leche, grasa y edad al primer parto en vacas Holstein durante tres generaciones. *Agronomía Tropical (Ven.)* 30:115-124.
- VAN VLECK, L.D. 1971. Estimation of heritability of threshold characters. *Journal of Dairy Science (EE.UU.)* 55(2):218-225.
- VERCOE, J.E.; FRISCH, M. 1984. Animal breeding for improved productivity. *In Nutritional limits to animal production from pastures; Proceedings of an international symposium held at Sta. Lucia, Queensland, Australia, 1981.* Ed. J.B. Hacker. Queensland. p. 327-374.
- VERMA, S.K.; SINGH, R.N.; SINHA, H.S.; VERMA, J.P. 1973. A study of the performance of the crossbred grades of Friesian and Sahiwal. *Indian Veterinary Journal (India)* 50(3):251-256.
- VOGT, D.W. 1990. Algunas influencias genéticas sobre la eficiencia reproductiva del ganado: una revisión. *In Conferencia Internacional sobre Sistemas y Estrategias de mejoramiento bovino en el trópico.* (1990, Turrialba, C.R.). *Memorias.* Turrialba, Costa Rica/CATIE. p. 101-112.
- WILCOX, E.J.; PFAU, K.O.; BARTLETT, J.W. 1957. An investigation of the inheritance of female reproductive performance and longevity and their interrelationships within a Holstein-Friesian herd. *Journal of Dairy Science (EE.UU.)* 40(8): 942-947.

WILKINS, J.V.; ROJAS, F.; MARTINEZ, L. 1984. El proyecto de ganado Criollo de Santa Cruz, Bolivia. s.l., s.e., 20 p. (CAT documento no. 47).

WILLIS, M.B.; WILSON, A. 1974. Comparative reproductive performance of Brahman and Santa Gertrudis cattle in a hot humid environment. I. Fertility and descriptive statistics. Journal of Animal Science (EE.UU.) 18:35-42.

WILSON, A.; WILLIS, M.B. 1974. Comparative reproductive performance of Brahman and Santa Gertrudis cattle in a hot environment. II. Factors affecting calving interval. Animal Production (G.B.) 18:43-48.

APENDICE

Cuadro 1A.- Número de registros, por edad de la vaca a parto (EDADVPAR), en el hato de carne del CATIE.

EDADVPAR (Años)	Número de registros
3	321
4	237
5	191
6	172
7	163
8	136
9	114
10	85
11	67
12	53
13	38
14	20
15	9
16	5
17	2
18	1
Total	1614

Cuadro 2A.- Número de registros por año de nacimiento en el hato de carne del CATIE.

Año de nacimiento	Número de registros
1959	33
1960	47
1961	81
1962	16
1963	51
1964	52
1965	5
1966	45
1967	16
1968	62
1969	57
1970	27
1971	72
1972	74
1973	98
1974	99
1975	83
1976	143
1977	57
1978	76
1979	73
1980	98
1981	48
1982	37
1983	34
1984	47
1985	53
1986	30
Total	1614

Cuadro 3A.- Número de observaciones por grupo racial de la vaca en el hato de carne del CATIE.

Raza de la vaca	Código	Número de observaciones
Menos de 25% Romo	1	9
De 25 a 50% Romo	2	496
Más de 50% Romo	3	1045
Brahman x Criollo	17	59
Brahman x (Holstein x otro)	23	5

Cuadro 4A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para intervalo entre partos, utilizado para generar factores de ajuste por edad de la vaca al parto en el hato de carne del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Año de parto (A)	20	55384.43 **
Grupo racial (G)	1	22622.06
Edad al parto (E)	6	12074.77
Ambiente (M)	1	288.22
A x G	16	14637.24 *
G x E	6	20247.18 *
Error	1177	8107.69

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 5A.- Medias mínimo cuadráticas, errores estándar y factores de ajuste multiplicativos por grupo racial y edad de la vaca al parto para IEP en el hato de carne del CATIE.

Edad al parto (años)	Gpo. racial 2		Gpo. racial 3	
	$\bar{X} \pm \sigma^2$	FA	$\bar{X} \pm \sigma^2$	FA
4	424 \pm 15	0.96	404 \pm 13	0.97
5	409 \pm 16	1.00	442 \pm 13	0.88
6	422 \pm 16	0.97	390 \pm 13	1.00
7	415 \pm 17	0.98	408 \pm 13	0.95
8	427 \pm 18	0.96	393 \pm 13	0.99
9	437 \pm 21	0.94	416 \pm 14	0.94
10	454 \pm 18	0.90	409 \pm 11	0.95

Cuadro 6A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para la edad a primer parto (EPP), en el hato de carne del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Año de nacimiento (A)	20	52303.97 **
Grupo racial (G)	1	2925.66
Ambiente (M)	1	6527.46
A x G	16	17094.08
A x M	4	1214.34
G x M	1	8808.79
Error	321	14732.21

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 7A.- Medias de mínimos cuadrados y sus errores estandar por año de nacimiento de la vaca (ANACV), para edad a primer parto (EPP), en el hato de carne del CATIE.

ANACV	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$
1965	39	1117 \pm 20
1966	13	1099 \pm 35
1967	3	1221 \pm 72
1968	14	1089 \pm 32
1969	18	1189 \pm 36
1970	5	1123 \pm 57
1971	11	1282 \pm 39
1972	11	999 \pm 39
1973	14	1156 \pm 35
1974	14	1108 \pm 35
1975	7	1276 \pm 48
1976	24	1112 \pm 29
1977	17	1251 \pm 33
1978	15	1070 \pm 34
1979	15	1139 \pm 35
1980	21	1163 \pm 30
1981	13	1120 \pm 37
1982	12	1084 \pm 38
1983	13	1107 \pm 35
1984	25	1158 \pm 28
1985	33	1196 \pm 26
1986	28	1094 \pm 27

Cuadro 8A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos en el hato de carne del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Grupo racial (G)	1	36993.80 *
Ambiente (M)	1	2848.97
Año de parto (A)	20	66441.60 **
Edad de la vaca al parto (E)	6	9783.72
G x A	16	17502.78 *
G x E	6	21635.89 *
Error	1177	9306.70

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 9A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER1, IER2 e IER3, en el hato de carne del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM		gl	CM
		IER1	IER2		IER3
Grupo racial (G)	1	1030.99 *	5.65	1	2075.91 **
Año de parto (A)	20	730.68 **	195.57 **	20	790.49 **
G x A	18	702.27 **	106.12	16	1418.73 **
Error	1527	157.64	83.13	1164	253.94

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 10A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para la edad a primer parto en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Gpo. racial (G)	9	204876.3**
Año de nac. (A)	33	246682.7**
Epoca (E)	1	3.7
Manejo (T)	2	14610.1
G * E	9	22468.7
A * E	33	24703.8
G * A	101	53808.7**
Consa	1	81613.2*
Error	1068	20436.1

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 11A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para la edad a primer parto en el hato Criollo.

Fuente de variación	gl	CM
Año de nac. (A)	33	147835.8**
Manejo (T)	1	14183.4
Epoca (E)	1	20206.0
A * T	33	2951.0
A * E	2	16710.3
T * E	1	16087.2
Consa	1	95317.6*
Error	381	17761.3

** (p < 0.01)
* (p < 0.05)

Cuadro 12A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para para la edad a primer parto en el hato Jersey.

Fuente de variación	gl	CM
Año de nac. (A)	32	60498.1**
Manejo (T)	2	22646.9
Epoca (E)	1	35456.2
A * T	4	46369.3
A * E	23	17182.7
T * E	1	41480.1
Error	136	20133.7

** (p < 0.01)

Cuadro 13A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Gpo. racial (G)	9	5105.6
Número parto (N)	9	4199.8
Epoca (E)	1	404.9
Manejo (T)	2	1847.5
Año de parto (A)	34	9793.4**
G * N	79	4390.2*
G * E	9	2954.9
G * A	190	5591.1**
N * E	9	5437.5
N * A	258	4377.4**
E * A	34	7085.3**
Consa	1	544.7
Error	2771	5795.7

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 14A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos del hato Criollo y Jersey del CATIE.

Fuente de variación	Criollo		Jersey	
	gl	CM	gl	CM
Manejo (T)	1	1831.9	1	828.1
Epoca (E)	1	23169.0**	1	2159.8
Año (A)	32	10261.5**	34	4168.9
Número parto (N)	8	5019.7*	9	6486.4
E * A	32	30559.6**	34	4279.9
E * N	8	4168.6	9	4291.3
A * N	174	5407.8**	138	4582.7*
Consa	1	1156.9		
Error	772	2548.2	309	3504.7

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 15A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el intervalo entre partos del hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Gpo. racial (G)	8	3235.8
Número parto (N)	8	8364.4**
G * N	64	3593.9
Error	3325	3124.4

** (p < 0.01)

Cuadro 16A.- Medias mínimo cuadráticas, errores estándar y factores de ajuste (valores en paréntesis), para IEP en días por número de parto dentro de grupo racial considerados en el presente estudio.

Grupo racial	Número de parto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Criollo (C)	391 ₊₄ (.97)	387 ₊₄ (.98)	380 ₊₅ (1.0)	380 ₊₆ (1.0)	394 ₊₇ (.96)	393 ₊₈ (.97)	384 ₊₈ (.99)	398 ₊₉ (.95)	392 ₊₈ (.97)
Jersey (J)	392 ₊₅ (.93)	385 ₊₆ (.94)	386 ₊₇ (.94)	370 ₊₈ (.98)	374 ₊₈ (.97)	385 ₊₁₀ (.94)	385 ₊₁₃ (.94)	363 ₊₁₅ (1.0)	379 ₊₁₆ (.96)
C x J	389 ₊₁₀ (.94)	373 ₊₁₀ (.98)	366 ₊₁₀ (1.0)	376 ₊₁₀ (.97)	374 ₊₁₂ (.98)	396 ₊₁₃ (.92)	377 ₊₁₄ (.97)	373 ₊₁₅ (.98)	391 ₊₁₁ (.94)
C x F1	388 ₊₁₃ (.89)	371 ₊₁₅ (.93)	344 ₊₂₂ (1.0)	394 ₊₂₃ (.87)	375 ₊₂₇ (.92)	410 ₊₃₀ (.84)	354 ₊₃₀ (.97)	386 ₊₄₂ (.89)	435 ₊₅₉ (.79)
J x C	384 ₊₉ (.99)	390 ₊₁₁ (.97)	384 ₊₁₂ (.99)	396 ₊₁₃ (.98)	380 ₊₁₃ (1.0)	398 ₊₁₄ (.95)	401 ₊₁₅ (.95)	407 ₊₁₇ (.93)	413 ₊₁₃ (.92)
J x F1	359 ₊₁₆ (.98)	355 ₊₁₇ (.99)	351 ₊₁₈ (1.0)	363 ₊₂₀ (.97)	372 ₊₂₀ (.94)	376 ₊₂₀ (.93)	369 ₊₂₀ (.95)	365 ₊₂₀ (.96)	401 ₊₁₅ (.87)
C x otro	401 ₊₆ (.91)	389 ₊₇ (.94)	371 ₊₈ (.98)	393 ₊₁₀ (.93)	387 ₊₁₂ (.94)	387 ₊₁₄ (.95)	396 ₊₁₉ (.92)	366 ₊₃₀ (1.0)	381 ₊₄₂ (.96)
J x otro	409 ₊₈ (.89)	400 ₊₈ (.91)	368 ₊₉ (.99)	375 ₊₁₀ (.97)	381 ₊₁₁ (.96)	400 ₊₁₄ (.91)	364 ₊₂₃ (1.0)	420 ₊₂₃ (.87)	366 ₊₃₅ (.99)
Otros	394 ₊₆ (.92)	399 ₊₇ (.91)	383 ₊₇ (.95)	400 ₊₈ (.91)	366 ₊₈ (.92)	363 ₊₉ (1.0)	372 ₊₁₀ (.97)	397 ₊₁₂ (.92)	390 ₊₁₂ (.93)

Cuadro 17A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para intervalo entre partos en el hato Criollo.

Fuente de variación	gl	CM
Año (A)	32	6897.6**
Epoca (E)	1	18728.3**
Número parto (N)	8	3441.2
A * E	32	6055.6**
Error	956	2460.5

** (p < 0.01)

Cuadro 18A.- Medias de mínimos cuadrados, errores estándar y factores de ajuste (FA), para intervalo entre partos por número de parto en el hato Criollo.

Número de parto	n	$\bar{X} \pm \sigma^2$	FA
2	285	396 \pm 4	0.96
3	194	393 \pm 5	0.97
4	134	382 \pm 5	1.00
5	104	389 \pm 6	0.98
6	77	399 \pm 7	0.96
7	63	399 \pm 7	0.96
8	56	389 \pm 8	0.98
9	43	401 \pm 9	0.95
>10	74	384 \pm 7	0.99

Cuadro 19A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IEP que se usó para estimar los componentes de varianza en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Gpo. racial (G)	8	32414.4
Padre/G	270	6528.2
Vaca/P/G	2571	2754.0

Cuadro 20A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IEP que se usó para generar los componentes de varianza en el hato Criollo Lechero Centramericano.

Fuente de variación	gl	CM
Padre (P)	59	6581.3**
Vaca/P	210	3156.9**
Epoca	1	4288.6
Error	738	2605.2

** (p < 0.01)

Cuadro 21A.- Componentes de varianza para las características estudiadas en el hato productor de leche del presente estudio.

Característica	σ^2_p	σ^2_v	σ^2_e	σ^2_T
Edad a primer parto	1478.2	---	14833.8	16312.0
Criollo	148.4		17450.5	17598.9
Jersey	511.1	---	13124.4	13635.5
Intervalo entre parto	27.3	94.6	957.6	1015.8
Criollo	203.4	156.7	2605.2	2965.3
IER1	14.0	21.3	96.7	132.0
IER2	6.1	42.7	21.4	70.2
IER3	34.7	31.5	195.8	262.0
NUSER	0.02	0.002	1.11	1.13
SER1	0.002	0.0005	0.23	0.23
SER2	0.002	0.003	0.24	0.24
SER3	0.002	0.022	0.226	0.25

Cuadro 22A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER1 en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Grupo racial (G)	8	696.6**
Año (A)	35	975.7**
Manejo (T)	2	1703.6**
Epoca (E)	1	126.1
G * A	197	367.7**
G * E	8	210.9**
A * E	35	231.3**
Consa	1	824.3**
Error	3793	116.6

** (p < 0.01)

Cuadro 23A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER2 en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Grupo racial (G)	8	1789.7**
Año (A)	35	1193.8**
Manejo (T)	2	68.6
Epoca (E)	1	10.0
G * A	197	91.2*
G * E	8	42.7
A * E	35	90.7*
Consa	1	0.02
Error	3794	68.1

** (p < 0.01)

* (p < 0.05)

Cuadro 24A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para IER3 en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Gpo. racial (G)	8	4393.0**
Año (A)	34	833.8**
Manejo (T)	2	2136.7**
Epoca (E)	1	20.7
G * A	178	767.7**
G * E	8	477.0
A * E	34	229.4
Error	2713	256.6

** (p < 0.01)

Cuadro 25A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para IER1 en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Grupo racial (G)	8	633.9**
Padre/G	326	342.5**
Vaca/P/G	844	166.1**
Error	2902	96.7

** (p < 0.01)

Cuadro 26A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para IER2 en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Gpo. racial (G)	8	2189.8**
Padre/G	326	259.4**
Vaca/P/G	845	160.1**
Error	2902	21.4

** (p < 0.01)

Cuadro 27A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para IER3 en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Gpo. racial (G)	8	3456.9**
Padre/G	254	699.5**
Vaca/P/G	497	313.4**
Error	2219	195.8

** (p < 0.01)

Cuadro 28A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para el número de servicios/concepción (NUSER), tasa de preñez a primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3), en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	NUSER	SER1	gl	SER2	gl	SER3
Gpo.racial (G)	8	0.42	0.13	8	0.38	8	0.22
Año (A)	34	3.40**	0.53**	34	0.41**	34	0.33
Manejo (T)	2	0.16	0.32	2	0.42	2	0.20
Num. parto (N)	9	0.09	0.25	9	0.22	9	0.18
Epoca (E)	1	1.67	0.0004	1	0.03	1	0.01
G * A	198	1.23	0.23	163	0.25	136	0.18
G * E	8	1.08	0.38	8	0.23	8	0.22
G * N	71	0.97	0.27	68	0.23	60	0.24
A * E	34	2.14**	0.38**	33	0.40**	28	0.26
Error	4089	1.12	0.23	1623	0.24	585	0.25

** (p < 0.01)
* (p < 0.05)

Cuadro 29A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar los componentes de varianza para número de servicios/concepción (NUSER), gestación a primero (SER1), segundo (SER2) y tercer servicio (SER3), en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	Cuadrados medios		gl	Cuadrado medios	gl	Cuadrado medios
		NUSER	SER1		SER2		SER3
Padre (P)	214	1.53	0.28	198	0.27	177	0.27
Vaca/P	992	1.22	0.23	662	0.25	363	0.26
Error	3142	1.11	0.23	1093	0.24	339	0.23

Cuadro 30A.- Análisis de varianza para estimar la correlación genética entre EPP y 1PL305, en el hato lechero del CATIE.

FV	gl	Cuadrados medios		
		PL305	EPP	PCM
Grupo racial (G)	8	9145977.3	121173.7	irrelev.
Padre / G	305	734763.3	15058.3	-2724.9
Error	719	500034.7	12067.3	2374.7

$k_1 = 3.2229$

31A.-Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar el efecto de EPP sobre 1PL305, en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	CM
Grupo racial (G)	8	11119067.9**
Año (A)	34	2572215.6**
Epoca (E)	1	1324323.9
Manejo (T)	2	2621839.5**
G * A	116	806634.1**
G * E	8	355917.5
EPP como covariable	1	2121365.2*
Error	865	530089.5

** (p<0.01)

* (p<0.05)

Coefficiente de regresión = 0.24 ± 0.21

Cuadro 32A.- Análisis de varianza de mínimos cuadrados para estimar la correlación entre PL305 e IEP en el hato lechero del CATIE.

Fuente de variación	gl	Cuadrados medios		
		IEP	PL305	PCM
Grupo racial (G)	8	14232.1	13451506.3	
Padre / G	262	1231.1	990728.8	5487.6
Vaca / P / G	525	967.1	622036.7	3548.0
Error	2089	868.7	201638.1	696.9

k1 = 3.4363

k2 = 3.9274

k3 = 10.005