

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
DEPARTAMENTO DE GANADERIA

EVALUACION DE 25 AÑOS DE SELECCION EN UN HATO  
LECHERO DEL TROPICO HUMEDO

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR—CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

JOSE R. ALVAREZ ALVARADO

Turrialba, Costa Rica

1975

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

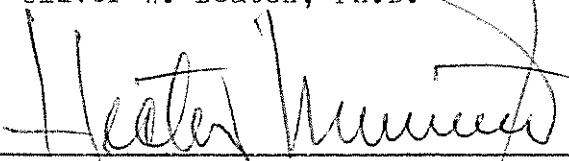
Magister Scientiae

JURADO:



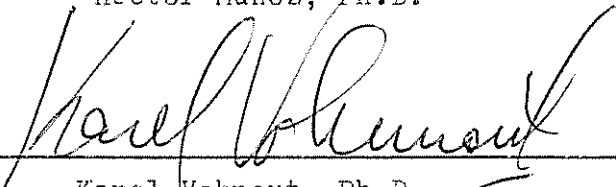
Consejero

Oliver W. Deaton, Ph.D.



Comité

Héctor Muñoz, Ph.D.



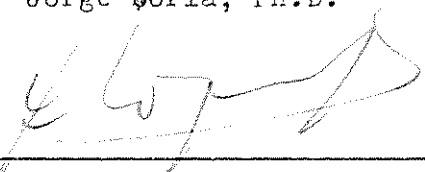
Comité

Karel Vohnout, Ph.D.



Comité

Jorge Soria, Ph.D.



Coordinador

Sistemas de Estudios de Postgrado  
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mi esposa Gladys,  
con el amor y afecto de siempre

A mis hijos Ludwig y Wolfgang

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos.

Al Dr. Oliver W. Deaton, Consejero Principal, por su acertada conducción en el desarrollo del presente trabajo y por las invalorable enseñanzas impartidas durante mi permanencia en Turrialba.

Al Dr. Karel Vohnout, quien fue pródigo en valiosas enseñanzas y amistad.

A los Drs. Hector Muñoz y Jorge Soria, por las sugerencias y orientaciones en la elaboración del presente trabajo.

Al Sr. Manuel Zamora de la Unidad de Estadística y Cómputo del IICA, por las facilidades prestadas.

A la Universidad de Guayaquil, la Universidad Técnica de Machala y al IICA-TROPICOS, instituciones que le permitieron realizar sus estudios de postgrado.

A todas las personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

A mis compañeros de estudios que hicieron grata mi estadía en este Centro de Investigación.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Guayaquil, Ecuador. Sus estudios primarios los realizó en la Escuela Fiscal República de Colombia de la Ciudad de Guayaquil, y los estudios secundarios en el Colegio Nacional Vicente Rocafuerte de la misma ciudad.

Los estudios universitarios los realizó en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Guayaquil, en la que se graduó en 1968.

En enero de 1974 ingresó al Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación, en Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios de postgrado en el departamento de Ganadería Tropical, en donde obtiene el grado de Magister Scientiae en octubre de 1975.

## CONTENIDO

|  | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUCCION .....  | 1             |
| 2. REVISION DE LITERATURA .....  | 3             |
| 2.1 Factores que influyen en la producción de<br>leche .....                                   | 3             |
| 2.2 Mejoramiento genético .....  | 8             |
| 3. MATERIALES Y METODOS .....  | 10            |
| 3.1 Materiales .....   | 10            |
| 3.1.2 Localización y fuente de los datos .....   | 10            |
| 3.1.2 Historia del hato .....  | 10            |
| 3.2 Métodos de análisis estadístico .....  | 11            |
| 3.2.1 Producción de leche .....  | 12            |
| 3.2.1.1 Cálculos y estimaciones<br>realizadas a partir de<br>todas las lactancias .....        | 12            |
| 3.2.1.2 Cálculos y estimaciones<br>realizados sobre los datos<br>de la primera lactancia ..... | 13            |
| 3.2.2 Índice de herencia para la producción<br>de leche .....                                  | 14            |
| 3.2.3 Índice de constancia para la producción<br>de leche .....                                | 16            |
| 3.3 Medidas de la reproducción relacionada a la<br>producción .....                            | 17            |
| 3.3.1 Edad al primer parto .....   | 18            |
| 3.3.2 Intervalo entre partos .....   | 18            |
| 3.4 Método utilizado para la estimación del<br>mejoramiento genético .....                     | 18            |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION .....  | 21            |
| 4.1 Producción de leche en todas las lactancias .....  | 21            |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1.1 | Producción de leche en los grupos raciales .....   | 21 |
| 4.1.2 | Producción de leche por año de parto ...   | 22 |
| 4.2   | Producción de leche de la primera lactancia ...  | 26 |
| 4.2.1 | Producción de la primera lactancia en el hato .....  | 26 |
| 4.2.2 | Producción de la primera lactancia en los grupos raciales de acuerdo al año de parto ..... | 28 |
| 4.3   | Estimación de parámetros genéticos .....   | 28 |
| 4.3.1 | Índice de herencia para producción de leche .....  | 28 |
| 4.3.2 | Índice de constancia para producción de leche .....  | 32 |
| 4.4   | Factores de la reproducción que influyen en la producción de leche .....                   | 32 |
| 4.4.1 | Edad al primer parto .....   | 32 |
| 4.4.2 | Intervalo entre partos .....   | 35 |
| 4.5   | Mejoramiento anual genético en producción de leche .....                                   | 35 |
| 4.5.1 | Determinación de las superioridades genéticas .....  | 35 |
| 4.5.2 | Intervalo entre generaciones .....   | 38 |
| 4.5.3 | Estimación del mejoramiento anual genético .....   | 39 |
| 4.5.4 | El mejoramiento anual genético a través de los caminos de selección .....                  | 40 |
| 4.5.5 | Consideraciones generales sobre la selección futura en el hato .....                       | 42 |
| 5.    | RESUMEN Y CONCLUSIONES .....   | 45 |
| 5a.   | SUMMARY .....  | 48 |
| 6.    | RECOMENDACIONES .....  | 50 |
| 7.    | LITERATURA CITADA .....  | 51 |

APENDICE ..... .

56



## LISTA DE CUADROS

| TEXTO            |   | <u>Página</u> |
|------------------|---|---------------|
| <u>Cuadro Nº</u> |   |               |
| 1                | Producciones de leche por lactación de las razas europeas y nativas en el trópico ....  | 5             |
| 2                | Medidas de fertilidad en algunas razas europeas y nativas en el trópico .....   | 7             |
| 3                | Análisis de varianza, y componentes de varianza para estimar índices de herencia de producción de leche .....                     | 15            |
| 4                | Análisis de varianza y componentes de varianza para estimar índices de constancia de producción de leche .....                    | 16            |
| 5                | Producción promedio de leche por grupo racial .....   | 21            |
| 6                | Producción de leche de todo el hato de acuerdo al año de parto .....  | 23            |
| 7                | Producción de leche en los grupos raciales en todas las lactancias .....  | 25            |
| 8                | Producción de leche en la primera lactancia de todo el hato de acuerdo al año de parto ...  | 27            |
| 9                | Producción de leche de la primera lactancia en los grupos raciales de acuerdo al año de parto .....                               | 29            |
| 10               | Índice de herencia ( $h^2$ ) a partir de datos ajustados por edad y de datos expresados como desviación de la media del año ..... | 31            |
| 11               | Edad al primer parto (EIP) e intervalo entre partos (IEP) en los diferentes grupos raciales .....                                 | 33            |
| 12               | Edad al primer parto en los grupos raciales de acuerdo al año de parto .....  | 34            |
| 13               | Intervalo entre partos en los grupos raciales de acuerdo al año de parto .....  | 36            |
| 14               | Determinación de la superioridad genética de las vacas como madres de vacas .....   | 37            |

| <u>Cuadro N°</u> |  | <u>Página</u> |
|------------------|--|---------------|
| 15               | Determinación de la superioridad genética de las vacas como madres de toros .....  | 37            |
| 16               | Determinación de la superioridad genética de los toros como padres de vacas .....  | 38            |
| 17               | Intervalo entre generaciones en los cuatro caminos de selección de acuerdo a los periodos en que se calculó los diferenciales de selección ..... | 39            |

#### APENDICE

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Análisis de varianza de la producción de leche en todas las lactancias en base de datos reales .....                      | 57 |
| 2 | Análisis de varianza de la producción de leche a la primera lactancia en base a datos reales .....                        | 57 |
| 3 | Indices de constancia (R) a partir de datos ajustados por y de datos expresados como desviación de la media del año ..... | 58 |
| 4 | Análisis de varianza de la edad al primer parto .....   | 58 |

#### Lista de Figuras

| <u>Figura N°</u> |   |    |
|------------------|---|----|
| 1                | Producción promedio de leche en los grupos raciales de acuerdo al año de parto, en base a datos ajustados por edad .....                              | 24 |
| 2                | Comparación en el ganado Criollo de la producción al primer parto con la producción de todas las lactancias, en base a datos ajustados por edad ..... | 30 |

## 1. INTRODUCCION

Es un hecho reconocido que gran parte de la población mundial recibe una alimentación deficiente en proteínas de origen animal. Esta situación es más crítica considerando la explosión demográfica que experimenta el mundo, ya que el rápido crecimiento poblacional pondrá en desbalance la producción de proteínas de origen animal en cantidades suficientes para suplir sus crecientes necesidades.

A medida que aumenta la población del mundo, más tierra es ocupada para la producción de alimentos que el hombre consume directamente, esto produce una reducción en la tierra disponible para pastos y forrajes y por consiguiente, en menor cantidad de alimentos y espacio habitable para el ganado bovino. Una gran parte de la población mundial reside en las zonas tropicales donde el nivel promedio de ingestión de proteína está por debajo de los niveles mínimos recomendables (21).

Como resultado de la presión sobre el uso de la tierra, se ha incrementado la importancia de seleccionar animales más eficientes en el aprovechamiento de los recursos alimenticios.

En las zonas templadas se ha llegado a alcanzar tras una intensa selección, niveles elevados de producción de leche en grupos raciales conocidos actualmente como "razas europeas de leche". En la América tropical el ganado europeo fue originalmente introducido durante los días de la colonia. Este ganado, considerado como autoctono y conocido como Criollo, ha estado sujeto a una fuerte selección natural en su adaptación a condiciones ambientales adversas. Sin embargo, es notorio que el ganado Criollo existente no tiene las altas producciones del ganado europeo.

En la América tropical existen núcleos de ganado Criollo lechero que presentan producciones cercanas a la del ganado europeo bajo

condiciones tropicales (13, 33). Además los cruces del Criollo con razas europeas lecheras no solo producen más leche que la raza Criolla, sino también rendimientos similares y superiores a la raza europea pura (13, 40, 62). Desafortunadamente, desde comienzos del siglo se ha ido suplantando sistemáticamente el ganado Criollo con razas cebuinas o de origen europeo especializadas en producción de leche, sin haberse hecho evaluaciones confiables del potencial de mejora en la raza Criolla. Aún al presente, existen muchos tipos de bovinos Criollos de los cuales no se tiene registros que permitan evaluar sus características de producción y economía en sus ambientes, lo cual no permite una selección efectiva.

Por estas consideraciones y aprovechando la existencia de datos de animales Criollos puros y de sus cruces en el Departamento de Ganadería, se realizó este trabajo cuyos objetivos han sido:

- 1- Evaluar la eficiencia de la selección y el comportamiento en producción del hato Criollo lechero del Departamento de Ganadería del Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación (CATIE), durante un periodo de 25 años.
- 2- Proponer pautas para programas de selección en hatos pequeños.

## 2. REVISION DE LITERATURA

La selección es el instrumento principal por medio del cual se obtiene el progreso genético (50). En ganado de leche, el mejoramiento genético se realiza fundamentalmente con base a registros de producción, que son el producto final de una serie de eventos fisiológicos, ambientales y genéticos, esencialmente de la calidad genética del animal, de su historia nutricional y de la edad del animal (46).

### 2.1 Factores que influyen en la producción de leche

Más del 70% de la variación en la producción de leche se debe a factores ambientales (58, 61). Entre los más importantes de estos está la nutrición y el clima, que son los factores que más influyen sobre la producción de leche. El efecto del clima se demostró en un estudio sobre gemelos en ambiente templado y tropical, bajo condiciones similares de alimentación y manejo; los animales situados en la zona templada tuvieron un 44% más de producción de leche y el consumo de alimentos fue mayor que el de sus gemelos ubicados en el trópico, aunque la eficiencia fue solo un 9% superior (47). La cantidad de leche producida responde a la capacidad fisiológica del animal para producir leche a partir de los nutrientes ofrecidos al animal. Una buena alimentación es importante para una buena producción de leche, no solamente en los inicios de la lactación sino también durante el transcurso de ella (9). Sin embargo, la disminución de la producción de leche en ambientes con temperaturas altas, no debe atribuirse únicamente a la disminución de la calidad o cantidad de alimentos. También es importante el efecto que tiene el calor en los

mecanismos fisiológicos relacionados con la lactación, principalmente con la disminución del metabolismo. A temperaturas superiores a los 27°C y con mucha humedad, como acontece en el trópico húmedo, la producción de leche disminuye marcadamente (22). Otros factores como la estación del año o meses de parto y periodo seco, ejercen menos influencia sobre la producción de leche en el trópico (28). Aún bajo la influencia del ambiente tropical, el ganado europeo mantiene mejores producciones que el autóctono o Criollo. Existe un gran número de trabajos realizados en diferentes partes del mundo que confirman esta aseveración (cuadro 1).

La reproducción es otro de los mecanismos afectados bajo condiciones de ambientes desfavorables, nuevamente la alimentación y manejo juegan un papel importante en las novillas de reemplazo del hato lechero, la calidad de los alimentos y el manejo dado a las novillas regula la edad al primer parto, aunque existe además un efecto racial que es importante para determinar lo tardío o temprano de la edad al primer parto (27, 29). El ganado europeo aún bajo condiciones tropicales, presenta mayor precocidad que las razas autóctonas para esta característica (29, 31). El intervalo entre partos depende de la época del año (49), el número de partos (63) y el suministro de alimentos (13); la época del año y el suministro de alimentos se confunde en su efecto, cualquiera que sea su origen las deficiencias alimentarias determinan la prolongación del intervalo entre partos (13, 30); en algunos grupos raciales se ha encontrado que el intervalo entre partos disminuye a medida que el número de partos aumenta, debido al bajo porcentaje de pariciones en el año posterior al primer parto (63). El ganado Criollo comparado con el europeo, bajo el mismo

Cuadro 1. Producciones de leche por lactación de las razas europeas y nativas en el trópico.

| Raza   | Prod.<br>kg                          | País            | Año  | Autor                                       |
|--|--------------------------------------|-----------------|------|---|
| Criollo<br>Jersey  | 1420<br>1865                         | Costa Rica      | 1971 | Maltos y Cartwright (41)                    |
| Criollo<br>Jersey  | 1783<br>2266                         | Costa Rica      | 1964 | Magofke (34)                                |
| Criollo<br>Pardo Suizo<br>PS x C                                       | 2700<br>2976<br>2860                 | Venezuela       | 1968 | Cevallos et al (13)                         |
| Holstein<br>Pardo Suizo<br>Criolla (CCC)<br>½ H x CCC<br>¾ H x CCC     | 3355<br>3355<br>828<br>3000<br>2980  | Colombia        | 1971 | Fineda (60)                                 |
| Holstein<br>F <sub>1</sub> H x C                                       | 3363<br>3080                         | Venezuela       | 1968 | Verde et al (62)                            |
| PS x Sahiwal<br>PS x Red Sindhi<br>Sahiwal<br>Red Sindhi<br>Tharparkar | 3232<br>2867<br>1611<br>1633<br>1266 | India           | 1972 | Jan Rendel (50)                             |
| EN<br>½ H ½ EN<br>¾ H x ¼ EN<br>Holstein                               | 1256<br>2106<br>2303<br>2700         | Egipto          | 1958 | El-Itriby y Asker (17)                      |
| Nganda<br>Cebú<br>Boran x Jiddu  | 1032<br>832<br>1050                  | Africa del Este | 1965 | Mahadevan (37)                              |
| Holstein   | 4506                                 | Colombia        | 1970 | Salazar et al (52)                          |
| Holstein   | 4505                                 | Guatemala       | 1974 | Perozo (48)                                 |
| Holstein   | 3454                                 | Brasil          | 1967 | Alves Neto et al (5)                        |
| Jamaica Hope   | 3218                                 | Jamaica         | 1959 | Ministerio de<br>Agricultura, Jamaica (25). |

CCC = Criolla con cuernos

EN = Egipcio nativo

C = Criolla

PS = Pardo Suizo

H = Holstein

ambiente tropical, presenta un menor intervalo entre partos, tal como se observa en los informes de distintas partes del mundo (cuadro 2).

Parte de la variación que ocurre en la producción de leche proviene de diferencias en los genotipos de los animales, esta se determina por el índice de herencia ( $h^2$ ), que representa la relación de la varianza genética aditiva con la variación fenotípica. Es únicamente la variación genética la que se puede utilizar para conseguir una mejora permanente en las características de producción dentro de una población (24). El índice de herencia de un rasgo es una función de la población en la cual esta característica ha sido calculada, por lo que no es correcto utilizar los valores estimados de una población para aplicación general en otras (55).

Comunmente los valores de heredabilidad (índice de herencia) para la producción de leche se encuentran entre 0,25 y 0,35 tanto en clima templado como en tropical (7, 11, 33). Puesto que las características pueden clasificarse como de alta ( $\geq 0,50$ ) media (0,25 a 0,50) o baja ( $< 0,25$ ) heredabilidad, el índice de herencia de producción de leche es una característica media.

La producción de leche varía de lactancia a lactancia durante la vida del animal. El índice de constancia para la producción de leche, es una medida del grado de semejanza con que se expresan las lactancias cuando hay oportunidad que estas se repitan durante la vida del animal. Este índice ayuda a tomar decisiones de selección de animales en diferentes lactancias. Los índices de constancia obtenidos en clima tropical para producción de leche son similares a los de clima templado (33), los valores encontrados fluctúan alrededor de 0,40 (7, 11, 33, 34).



Cuadro 2. Medidas de fertilidad en algunas razas europeas y nativas en el trópico.

| Raza   | EIP<br>meses               | IEP<br>días              | País            | Año  | Autor                  |
|--|----------------------------|--------------------------|-----------------|------|------------------------|
| Criollo Pardo Suizo                                      |                            | 387<br>426               | Venezuela       | 1968 | Bodisco et al (11)     |
| Criollo Jersey   |                            | 390<br>387               | Costa Rica      | 1966 | Carmona y Muñoz (12)   |
| Pardo Suizo<br>PS x C<br>Criollo                         |                            | 450<br>455<br>457        | Venezuela       | 1968 | Cevallos et al (13)    |
| EN<br>½ H ½ EN<br>¾ H ¼ EN<br>Holstein                   | 42<br>32<br>34<br>34       | 407<br>459<br>447<br>464 | Egipto          | 1958 | El-Itriby y Asker (19) |
| Ngandá<br>Cebú<br>Boran x Jiddu                          | 42<br>43<br>40             | 420<br>362<br>382        | Africa del Este | 1965 | Mahadevan (37)         |
| PS x S<br>PS x RS<br>Sahiwal<br>Red Sindhi<br>Tharparkar | 31<br>31<br>41<br>34<br>39 |                          | India           | 1972 | Jan Rendel (50)        |
| Criollo  |                            | 387                      | Costa Rica      | 1958 | De Alba y Carrera (16) |
| Criollo BON  | 41                         | 372                      | Colombia        | 1971 | Mc Dowell (44)         |
| Holstein   |                            | 430                      | Colombia        | 1970 | Salazar et al (52)     |
| Holstein   | 33                         | 369                      | Brasil          | 1967 | Alves Neto et al (3)   |
| Cebú lechero   |                            | 468                      | Brasil          | 1959 | Aroreira (5)           |
| Jersey   | 30                         |                          | Ceylan          | 1957 | Mahadevan (36)         |
| Jersey   | 28                         |                          | EE. UU.         | 1959 | Mc Dowell (43)         |
| Jersey x RS  | 28                         |                          | India           | 1953 | Stonaker (56)          |

EIP = Edad al primer parto

H = Holstein

EN = Egipcio nativo

IEP = Intervalo entre partos

C = Criollo

PS = Pardo Suizo

BON = Blanco Oreji negro

S = Sahiwal

RS = Red Sindhi

## 2.2 Mejoramiento genético

La producción promedio de las vacas lecheras se ha incrementado en muchas regiones del mundo. Este incremento se debe en parte a mejores técnicas de manejo y alimentación, y por otra a la selección practicada en los hatos lecheros. La determinación del cambio genético en un hato permite observar en cuanto la selección ha contribuido a esta mejora (51, 58).

Un intento para separar el cambio genético del efecto ambiental en las producciones de leche fue realizado por Lortscher en 1937, quien consideraba que el genotipo de la vaca es constante a través de su vida y consecuentemente, los cambios en los rendimientos de la leche son ambientales. Corrigiendo por edad las producciones de un grupo de vacas en años consecutivos, el cambio ambiental es medido directamente y el cambio genético puede ser obtenido por sustracción del cambio fenotípico (58). Henderson perfeccionó este método, elaborando un procedimiento en el que consideraba además la eliminación practicada y la repetibilidad (23).

A partir del método de Dickerson y Hazel para estimar la tasa de mejoramiento genético en un programa de selección conocido (18), Rendel y Robertson desarrollaron extensivamente este método para aplicarlo a datos de producción de leche (51). El método ha sido muy utilizado en la estimación de las ganancias genéticas alcanzadas a través de la selección en hatos que se encuentran en el trópico (33) y en zonas templadas (58). Posteriormente se han desarrollado otros métodos que no han obtenido la acogida del método de Robertson y Rendel, como los de Smith 1962 (53), Arave 1964 (4), Legates y Myer 1966 (31), Hickman y Freeman 1968 (24). Las poblaciones de

ganado de leche analizadas bajo todos estos métodos muestran una tendencia genética positiva, y es evidente que el progreso alcanzado más bien es pequeño en relación con el que pudo alcanzarse si las oportunidades hubieran sido totalmente explotadas, adicionando el hecho que la selección para otras características puede haber reducido el progreso en la producción de leche (58).

El máximo mejoramiento anual genético que se puede esperar conseguir es el 1% de la media anual, cuando se considera el mejoramiento solo a través de las vacas (51, 58). Cuando es medido a través de los toros, el progreso anual en la producción de leche puede alcanzar entre 1,69 y 2,05% en hatos de 2.000 a 10.000 vacas respectivamente (51).

Los valores porcentuales de aumento anual genético encontrados en el trópico varían entre 0,11 y 0,74 (2, 39, 42, 55). En la América Latina sobre ganado Criollo Magofke encuentra 0,29 y 0,63% de mejoramiento anual genético sobre la media anual, en 2 hatos distintos de ganado Criollo (33, 34).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Localización y fuente de los datos.

El presente estudio se realizó utilizando los datos provenientes del hato lechero experimental perteneciente al Departamento de Ganadería Tropical del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

La estación experimental está localizada en el valle de Turrialba a una altura de 645 m.s.n.m. Las coordenadas geográficas son 9<sup>o</sup> 55' 21" latitud norte y 83<sup>o</sup> 39' 40" longitud oeste. La temperatura media anual es de 22,5<sup>o</sup>C, la media mensual máxima es de 27,7<sup>o</sup>C correspondiente al mes de junio y la media mínima corresponde al mes de diciembre con 15,5<sup>o</sup>C. La precipitación pluvial anual es de 2.600 mm que se distribuyen más o menos uniformemente durante el año, siendo el mes más lluvioso diciembre (314 mm) y los meses más secos febrero, marzo y abril (143, 78 y 119 mm). La humedad relativa presenta un promedio de 87%.

##### 3.1.2 Historia del hato.

Los datos analizados provienen de observaciones en vacas nacidas en Turrialba desde el año 1949, aunque, es a partir del año 1952 cuando se obtiene un número mayor de registros. En el año 1947 se inició la formación de este hato lechero experimental en el entonces Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, con ganado Criollo lechero tropical. El establecimiento del hato se hizo con núcleos puros de ganado Criollo provenientes de Honduras y Nicaragua. Paralelamente se introdujo ganado Jersey el cual constituye hasta la fecha el punto

de comparación para el hato Criollo. Se inició entonces observaciones sobre cruzamientos de razas, utilizándose ganado Jersey, Brown Swiss y Cebú (Red Sindhi, Maizol y Sahiwal), pero para el año 1966 todas estas aportes raciales de ganado cebuino fueron eliminados y el Brown Swiss para el año posterior. Los cruces a partir del año 1959 se basan en razas europeas con el Criollo (Jersey desde 1959, Ayrshire y Rojo Danes desde 1968 como cruce rotacional), manteniéndose como hatos puros el Criollo y el Jersey.

El ordeño se hizo a mano hasta el año 1962, en que comenzó a funcionar la sala de ordeño mecánico. Un control diario de producción se realizaba durante el ordeño manual. Con el ordeño mecánico se realizan 2 controles mensuales.

Las vacas dependen casi exclusivamente del pastoreo para llenar sus requisitos nutricionales. Entre los años 1962 y 1968 se proporcionaba concentrado a razón de 1 kg por c/4 kg de leche basado en la producción de leche corregida a 4% de grasa del mes anterior. A partir del año 1968 se redujo el concentrado hasta 1970, reemplazándose completamente con la administración de melaza a voluntad en el momento del ordeño. El pasto proporcionado durante la vida del hato ha sido variado. En distintos años se ha proporcionado guinea (*Panicum maximum*), gordura (*Melinis minutiflora*), gamalote (*Paspalum fasciculatum*) y en menor grado pangola (*Digitaria decumbens*). En los últimos años las vacas en producción consumen pasto estrella exclusivamente (*Cynodon plectostachyus*).

### 3.2 Métodos de Análisis Estadístico.

Los datos obtenidos se codificaron en tarjetas IBM para su

análisis estadístico. Se consideraron como lactancias todas las producciones con una duración mayor a 30 días, bajo el supuesto que que transcurrido este tiempo el animal ha bajado su leche y cualquiera que fuera su producción es la expresión fenotípica de una vaca considerada lechera. Se eliminaron del estudio las lactancias con complicaciones patológicas en los ubres, las iniciadas con aborto y las afectadas por enfermedades o accidentes graves. Las producciones parciales menores a 120 días, interrumpidas por causas intespectivas, se completaron usando las tablas desarrolladas por Dauphin (14). Los datos reales codificados se corrigieron por edad utilizando las tablas multiplicativas de Meini (45). Para los cálculos a describirse se utilizaron datos reales, datos corregidos por edad y datos expresados como desviación de la media del año.

### 3.2.1 Producción de leche

#### 3.2.1.1 Cálculos y estimaciones realizadas a partir de todas las lactancias.

Para cada grupo racial se calculó la producción media y su desviación standard. Dentro de los grupos raciales se calculó la producción media y su desviación standard de acuerdo con el año de parto. Para observar tendencias en la producción se hicieron regresiones sobre el año de parto.

Para estimar los efectos del año de parto, raza, edad al parto, padres y la interacción de año por raza sobre la producción de leche en general (todas las lactancias), se empleó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkln} = M + A_i + R_j + T_k + P_l + (AR)_{ij} + E_{ijkln}$$

donde

$Y_{ijkl}$  = producción lechera de la vaca  $n$ , del año  $i$ , de la raza  $j$ , de la edad  $k$  y del padre  $l$ .

$M$  = media general de la población.

$A_i$  = efecto del año  $i$

$R_j$  = efecto del grupo racial  $j$

$T_k$  = efecto de la edad  $k$  (expresado como  $n$  de parto o lactancia)

$P_l$  = efecto del padre  $l$ .

$(AR)_{ij}$  = efecto de la interacción del año  $i$ , con el grupo racial  $j$ .

$E_{ijkln}$  = error (factores no comprendidos en el modelo).

Para este análisis se utilizaron los datos reales obtenidos en todas las lactancias.

### 3.2.1.2 Cálculos y estimaciones realizadas sobre los datos de la primera lactancia.

En cada grupo racial se calculó la producción promedio y su desviación standard. Dentro de los grupos raciales se calculó la producción promedio anual y su desviación standard de acuerdo con el año de parto. Para detectar tendencias en la producción se realizaron regresiones de las producciones sobre el año de parto.

Para estimar los efectos del año de parto, raza, padres y la interacción año por raza sobre la producción de la primera lactancia, se empleó el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijklm} = M + A_i + R_j + P_k + (RA)_{ij} + E_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijklm}$  = una observación de la vaca  $m$ , en el año  $i$ , del grupo racial  $j$  y del padre  $k$

$M$  = media general de todas las observaciones.

$A_i$  = efecto del año  $i$

$R_j$  = efecto de la raza  $j$

$P_k$  = efecto del padre  $k$

$(RA)_{ij}$  = efecto de la interacción año por raza

$E_{ijklm}$  = error (factores no comprendidos en el modelo).

En este análisis se usaron los datos reales de la primera lactancia.

### 3.2.2 Índice de herencia para la producción de leche.

El índice de herencia ( $h^2$ ) se estimó para el ganado Criollo, Jersey y Criollo x Jersey, utilizando tanto datos corregidos por edad, como datos expresados como desviaciones de la media del año. Para el cálculo se utilizó el método de correlaciones intra-clase (agrupados dentro de padres) con descomposición de los componentes de varianza, descrito por Becker para un diseño jerárquico (6), utilizando el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijklkn} = M + T_i + H_{ij} + E_{ijklkn}.$$

donde:

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

$M$  = media general de la población

$T_i$  = efecto del toro  $i$

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

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



El análisis de varianza utilizado y sus componentes de varianza se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza y componentes de varianza para estimar índices de herencia de producción de leche.

| Fuente de variación         | G.L.  | Esperanza de los cuadrados medios              |
|-----------------------------|-------|--|
| Entre toros                 | T-1   | $\sigma l^2 + k_2 \sigma H^2 + K_3 \sigma T^2$ |
| Entre hijas dentro de toros | H.-T  | $\sigma l^2 + k_1 \sigma H^2$                  |
| Lactancias dentro de hijas  | l..-H | $\sigma l^2$                                   |

T = número de toros

H. = número total de hijas

l.. = número total de lactancias

$k_1$  = coeficiente determinado por el número de lactancias por hijas

$k_2$  = coeficiente determinado por el número de lactancias por hijas

$k_3$  = coeficiente determinado por número de hijas dentro de padre

$\sigma T^2$  = componente de varianza de toros

$\sigma H^2$  = componente de varianza de hijas de toros

$\sigma l^2$  = componente de varianza de lactancias de vacas

El índice de herencia se calculó por la fórmula.

$$h^2 = \frac{4 \sigma T^2}{\sigma T^2 + \sigma H^2 + \sigma l^2}$$

El error standard para el índice de herencia fue estimado según Dickerson (15) por la fórmula:

$$ee = \frac{4 \sigma_T^2}{\sigma_T^2 + \sigma_H^2 + \sigma_l^2}$$

### 3.2.3 Índice de constancia para la producción de leche.

El índice de constancia (R) se estimó en todos los grupos raciales, utilizando los datos de las vacas con dos o más lactancias. El método utilizado fue de correlaciones intraclase con descomposición de los componentes de varianza descrito por Becker (6), utilizando el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ij} = M + V_i + E_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = una lactancia  $j$  de la vaca  $i$

$M$  = media general de todas las lactancias

$V_i$  = efecto de la vaca  $i$

$E_{ij}$  = error (factores no comprendidos en el modelo)

El análisis de varianza desarrollado y sus componentes de varianza se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza y componentes de varianza para estimar índices de constancia de producción de leche.

| Fuente de variación        | G.L. | Esperanza de los cuadrados medios |
|----------------------------|------|-----------------------------------|
| Entre vacas                | V-1  | $\sigma_l^2 + k_l \sigma_V^2$     |
| Lactancias dentro de vacas | l.-1 | $\sigma_l^2$                      |

$V$  = número de vacas

$l$  = número de lactancias total.

$\sigma V^2$  = componente de varianza de vacas

$\sigma l^2$  = componente de varianza de lactancias dentro de vacas

$k_1$  = coeficiente determinado por el número de lactancias por vaca.

El índice de constancia se calculó por la fórmula

$$R = \frac{\sigma V^2}{\sigma V^2 + \sigma l^2}$$

El error standard para la estimación del índice de constancia mediante la fórmula de Swiger et. al. (57).

$$eeR = \frac{\sqrt{2(1-R)(1-R)^2 + (k_1-1)R^2}}{k_1^2(1-V)(V-1)}$$

### 3.3 Medidas de la reproducción relacionadas con la producción.

#### 3.3.1 Edad al primer parto

La edad al primer parto (EIP) se calculó por diferencia entre la fecha del parto menos la fecha de nacimiento, en meses. Se determinó el promedio y la desviación standard de la EIP en cada grupo racial. Dentro de los grupos raciales se calculó la edad media y su desviación standard de acuerdo al año de parto. Se hizo regresiones de la EIP sobre el año de parto para determinar si hay tendencia a aumentar o disminuir la EIP en el transcurso de tiempo comprendido en el estudio.

Para estimar los efectos de año de parto, raza, padre e interacción año por raza sobre la EIP, se empleó el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijklm} = M + A_i + R_j + P_k + (RA)_{ij} + E_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = una observación de la vaca  $n$ , en el año  $i$ , del grupo racial  $j$  y padre  $k$ .

$M$  = media general de todas las observaciones

$A_i$  = efecto del año  $i$

$R_j$  = efecto de la raza  $j$

$P_k$  = efecto del padre  $k$

$(RA)_{ij}$  = efecto de la interacción año por raza

$E_{ijkm}$  = residuo (factores no comprendidos en el modelo).

### 3.3.2 Intervalo entre partos.

El intervalo entre partos (IEP) se calculó por diferencia entre la fecha de un parto menos la fecha del parto anterior, en meses. Se determinó el promedio y la desviación standard del IEP en cada grupo racial. Dentro de los grupos raciales se calculó el intervalo promedio y la desviación stander de acuerdo al año de parto en que se inicia el intervalo. Se hizo regresiones del IEP sobre el año de parto para determinar si hay tendencia a disminuirse o prolongarse el IEP.

### 3.4 Método utilizado para la estimación del mejoramiento genético.

La tasa de progreso genético anual en kg de leche por lactancia, se estimó en base al procedimiento propuesto por Rendel y Robertson (51), como sigue.

$$G = \frac{I_{TT} + I_{TV} + I_{VV} + I_{VT}}{L_{TT} + L_{TV} + L_{VV} + L_{VT}} = \frac{\sum I}{\sum L}$$

donde:

$G$  = tasa de ganancia genética anual en unidades de kgs.

$\sum I$  = suma de las superioridades genéticas (kg) de los padres sobre la media de todos los animales de la misma generación.

$\sum L$  = suma de los intervalos entre generaciones calculados en los cuatro caminos de selección.

Las superioridades genéticas se establecieron para tres de los cuatro caminos por los cuales la herencia es transmitida de una generación a la siguiente,

$I_{VV}$  = superioridad genética de vacas madres de vacas

$I_{VT}$  = superioridad genética de vacas madres de toros

$I_{TV}$  = superioridad genética de toros padres de vacas

las que se calcularon de la siguiente manera;

$$I_{VV} = \sum n_1 h^2 (\bar{Y}'_1 - \bar{Y}_1)$$

$$I_{VT} = \sum n_2 h^2 (\bar{Y}'_2 - \bar{Y}_2)$$

$$I_{TV} = \sum n_3 2(RS) - I_{VV}$$

donde;

$n_1$  = número de hijas de las vacas madres.

$n_2$  = número de hijas de los toros hijos de madres seleccionadas.

$n_3$  = número de hijas de los toros padres.

$h^2$  = índice de herencia.

$\bar{Y}'_1$  = promedio de producción de las vacas madres de vacas.

$\bar{Y}'_2$  = promedio de producción de las vacas madres de toros.

$\bar{Y}_1$  = promedio de producción de las contemporáneas de las madres.

$\bar{Y}_2$  = promedio de producción de las hijas de las vacas.

RS = respuesta a la selección de las hijas de toros.

No se estimó la superioridad genética de toros padres de toros ( $I_{TT}$ ), debido al escaso número de padres de toros nacidos en Turrialba y a la distribución irregular de su influencia en el periodo de existencia del hato. Para efecto del cálculo de la superioridad genética por los cuatro caminos de selección se consideró que era 0.

El intervalo total por generación ( $\Sigma L$ ), es la suma de  $L_{TT}$ ,  $L_{TV}$ ,  $L_{VT}$ ,  $L_{VV}$ , que representan la edad media de los padres en el momento que nacen sus hijos o hijas según el caso.

El mejoramiento anual genético se estimó con los datos ajustados por edad y con los datos expresados como desviación de la media del año, utilizando los índices de herencia calculados a partir de sus datos respectivos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

## 4.1 Producción de leche en todas las lactancias.

## 4.1.1 Producción de leche en los grupos raciales.

El cuadro 5 muestra los promedios de producción de leche en base a datos reales y también a datos ajustados por edad en los distintos grupos raciales. La producción anual promedio del Criollo coincide con la obtenida por otros autores en este mismo hato (33, 40) y comparado con los obtenidos en otras zonas tropicales presenta un valor intermedio (Cuadro 1). Esta producción puede considerarse aceptable para las condiciones de trópico húmedo donde los efectos de clima, manejo, alimentación, enfermedades y parásitos, se constituyen en limitantes de la producción. Es notorio que el ganado Criollo en la producción de leche presenta mayor variabilidad que los otros grupos raciales, circunstancia favorable para realizar selección en esta característica.

Cuadro 5. Producción promedio de leche por grupo racial.

| Grupo racial                      | Datos reales<br>kg | Datos Ajustados<br>por edad<br>kg | Número<br>de<br>lactancias | Número<br>de<br>animales |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Criollo                           | 1382 $\pm$ 660     | 1794 $\pm$ 620                    | 1117                       | 347                      |
| Jersey                            | 2108 $\pm$ 510     | 2283 $\pm$ 500                    | 433                        | 105                      |
| $\frac{1}{2}C \frac{1}{2}J = F_1$ | 2221 $\pm$ 410     | 2557 $\pm$ 510                    | 397                        | 73                       |
| Ayrshire x $F_1$                  | 2468 $\pm$ 460     | 2798 $\pm$ 500                    | 58                         | 27                       |
| Rojo Danes x $F_1$                | 2112 $\pm$ 470     | 2695 $\pm$ 500                    | 30                         | 16                       |

La raza Jersey si bien mantiene un promedio superior al Criollo, alcanza una producción inferior en cerca de 1000 kg al rendimiento de la Jamaica Hope (25) y de los Jersey del sudeste de los Estados Unidos (8), lo que sugiere que el rendimiento de leche del Jersey fue deprimido por las condiciones ambientales de Turrialba, sea debido a clima, nutrición o manejo.

Los cruces entre ganado Jersey y Criollo producen un 11 y un 30% más de leche al año que el ganado Jersey y Criollo respectivamente. Maltos atribuye la mayor producción de los cruces y del Jersey sobre el Criollo al mayor tiempo de lactación (40). Los cruces de las vacas híbridas con reproductores Ayrshire y Rojo Danes, incrementan la producción sobre la  $F_1$ .

#### 4.1.2 Producción de leche por año de parto.

El cuadro 6 muestra los promedios de producción de leche del hato en las lactancias, de acuerdo al año de parto. Los promedios anuales calculados a partir de datos reales y de datos ajustados por edad muestran una tendencia de incremento de la producción anual. La regresión de producción de leche sobre años fue de  $b_1 = 23$  kg para datos reales (significancia  $P < 0,05$ )  $b_1 = 24$  kg para datos ajustados por edad (significancia  $P < 0,01$ ). Este incremento está dado por las producciones más altas que presenta el grupo  $F_1$  y los cruces  $F_1 \times$  Ayrshire y Rojo Danes, en los últimos años de análisis (Fig. 1).

El cuadro 7 muestra los promedios de producción de leche de todas las lactancias en los grupos raciales, de acuerdo al año de parto. Regresiones de las producciones de leche en todas las lactancias sobre el año de parto, señalan al Criollo como único grupo racial con



Cuadro 6. Producción de leche de todo el hato de acuerdo al año de parto.

|      | Datos reales<br>kg    | Datos ajustados<br>por edad<br>kg | Número de<br>vacas |
|------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 1951 | 2255 <sup>±</sup> 91  | 3140 <sup>±</sup> 622             | 2                  |
| 1952 | 1867 <sup>±</sup> 407 | 2235 <sup>±</sup> 478             | 3                  |
| 1953 | 2044 <sup>±</sup> 275 | 2182 <sup>±</sup> 199             | 5                  |
| 1954 | 2011 <sup>±</sup> 499 | 2110 <sup>±</sup> 735             | 8                  |
| 1955 | 1551 <sup>±</sup> 589 | 2236 <sup>±</sup> 962             | 20                 |
| 1956 | 1366 <sup>±</sup> 923 | 1751 <sup>±</sup> 1227            | 32                 |
| 1957 | 1614 <sup>±</sup> 758 | 2026 <sup>±</sup> 1042            | 38                 |
| 1958 | 1678 <sup>±</sup> 693 | 1910 <sup>±</sup> 893             | 42                 |
| 1959 | 1655 <sup>±</sup> 652 | 2017 <sup>±</sup> 699             | 67                 |
| 1960 | 1632 <sup>±</sup> 719 | 1898 <sup>±</sup> 764             | 74                 |
| 1961 | 1709 <sup>±</sup> 634 | 1979 <sup>±</sup> 637             | 78                 |
| 1962 | 1696 <sup>±</sup> 705 | 2094 <sup>±</sup> 745             | 109                |
| 1963 | 1819 <sup>±</sup> 581 | 2188 <sup>±</sup> 684             | 116                |
| 1964 | 1838 <sup>±</sup> 699 | 2118 <sup>±</sup> 756             | 137                |
| 1965 | 2031 <sup>±</sup> 649 | 2322 <sup>±</sup> 696             | 146                |
| 1966 | 1828 <sup>±</sup> 603 | 2148 <sup>±</sup> 873             | 173                |
| 1967 | 2018 <sup>±</sup> 701 | 2276 <sup>±</sup> 792             | 155                |
| 1968 | 2258 <sup>±</sup> 280 | 2591 <sup>±</sup> 842             | 118                |
| 1969 | 2036 <sup>±</sup> 846 | 2319 <sup>±</sup> 886             | 156                |
| 1970 | 2336 <sup>±</sup> 640 | 2634 <sup>±</sup> 705             | 116                |
| 1971 | 2127 <sup>±</sup> 540 | 2239 <sup>±</sup> 713             | 125                |
| 1972 | 2156 <sup>±</sup> 507 | 2371 <sup>±</sup> 721             | 120                |
| 1973 | 2086 <sup>±</sup> 650 | 2348 <sup>±</sup> 817             | 114                |

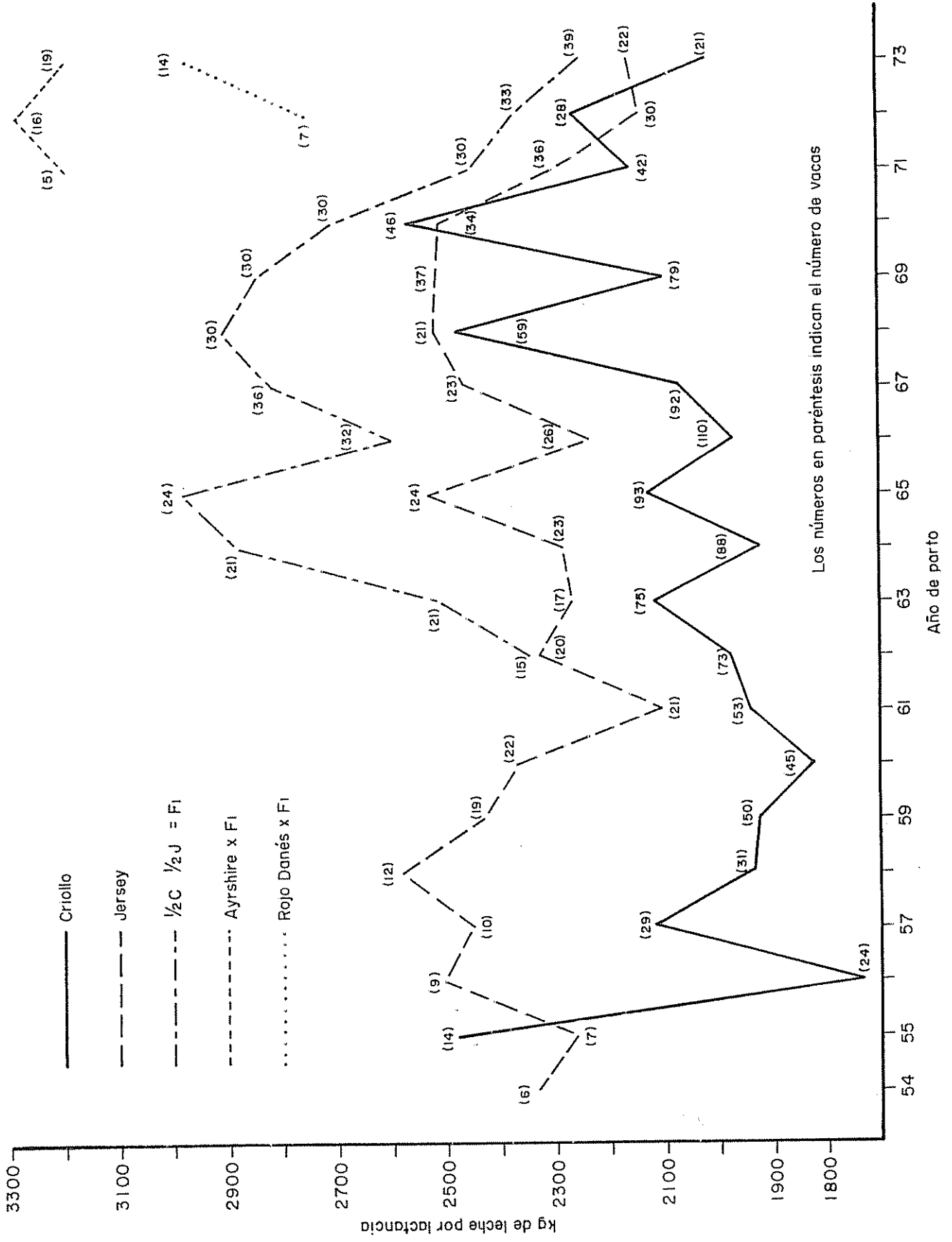


Fig. 1.- Producción promedio de leche en los grupos raciales de acuerdo al año de parto en base a datos ajustados por edad.

Cuadro 7. Producción de leche en los grupos raciales en todas las lactancias.

| Año  | Clave | Criollo |      | Jersey |     | ½C ½J = F <sub>1</sub> |       | Ayrshire x F <sub>1</sub> |    | Rojo Danes x F <sub>1</sub> |   |
|------|-------|---------|------|--------|-----|------------------------|-------|---------------------------|----|-----------------------------|---|
|      |       | kg      | n    | kg     | n   | kg                     | n     | kg                        | n  | kg                          | n |
| 1951 | 1     | 2190±   | 0    | 2320±  | 0   |                        |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 3580±   | 0    | 2700±  | 0   |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1952 | 1     |         |      | 1867±  | 407 | 3                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     |         |      | 2067±  | 430 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1953 | 1     | 1560±   | 0    | 2165±  | 580 | 4                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 1840±   | 0    | 2268±  | 620 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1954 | 1     | 1530±   | 641  | 2171±  | 470 | 6                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 2115±   | 780  | 2347±  | 510 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1955 | 1     | 1354±   | 531  | 2010±  | 472 | 6                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 2479±   | 730  | 2264±  | 540 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1956 | 1     | 1075±   | 874  | 2239±  | 505 | 8                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 1735±   | 1080 | 2502±  | 580 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1957 | 1     | 1378±   | 697  | 2277±  | 489 | 10                     |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 2118±   | 920  | 2450±  | 490 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1958 | 1     | 1436±   | 617  | 2325±  | 469 | 11                     | 1830± | 0                         | 1  |                             |   |
|      | 2     | 1931±   | 840  | 2588±  | 480 |                        | 2530± | 0                         |    |                             |   |
| 1959 | 1     | 1400±   | 544  | 2288±  | 461 | 19                     | 1600± | 0                         | 1  |                             |   |
|      | 2     | 1921±   | 680  | 2435±  | 780 |                        | 1960± | 0                         |    |                             |   |
| 1960 | 1     | 1434±   | 664  | 2180±  | 653 | 22                     | 1590± | 99                        | 2  |                             |   |
|      | 2     | 1828±   | 680  | 2367±  | 680 |                        | 1955± | 130                       |    |                             |   |
| 1961 | 1     | 1581±   | 674  | 1960±  | 332 | 21                     | 2565± | 714                       | 2  |                             |   |
|      | 2     | 1939±   | 720  | 2107±  | 340 |                        | 3275± | 750                       |    |                             |   |
| 1962 | 1     | 1499±   | 655  | 2243±  | 668 | 20                     | 1784± | 505                       | 15 |                             |   |
|      | 2     | 1977±   | 770  | 2330±  | 680 |                        | 2345± | 610                       |    |                             |   |
| 1963 | 1     | 1674±   | 568  | 2160±  | 435 | 17                     | 2082± | 546                       | 21 |                             |   |
|      | 2     | 2113±   | 720  | 2268±  | 450 |                        | 2510± | 630                       |    |                             |   |

|      |   |       |      |     |          |    |          |    |
|------|---|-------|------|-----|----------|----|----------|----|
| 1964 | 1 | 1607± | 643  | 93  | 2187±575 | 23 | 2529±453 | 21 |
|      | 2 | 1922± | 710  |     | 2285±600 |    | 2884±530 |    |
| 1965 | 1 | 1785± | 587  | 98  | 2402±435 | 24 | 2663±440 | 24 |
|      | 2 | 2122± | 650  |     | 2532±500 |    | 2983±510 |    |
| 1966 | 1 | 1606± | 573  | 114 | 2140±407 | 27 | 2323±402 | 32 |
|      | 2 | 1968± | 630  |     | 2232±460 |    | 2599±440 |    |
| 1967 | 1 | 1702± | 622  | 94  | 2373±405 | 22 | 2589±553 | 39 |
|      | 2 | 2065± | 810  |     | 2465±450 |    | 2819±590 |    |
| 1968 | 1 | 1951± | 714  | 61  | 2426±670 | 21 | 2681±735 | 36 |
|      | 2 | 2471± | 910  |     | 2520±670 |    | 2906±750 |    |
| 1969 | 1 | 1674± | 910  | 83  | 2301±441 | 37 | 2597±561 | 36 |
|      | 2 | 2093± | 1000 |     | 2511±470 |    | 2842±660 |    |
| 1970 | 1 | 2190± | 724  | 47  | 2328±564 | 34 | 2541±544 | 35 |
|      | 2 | 2557± | 780  |     | 2505±590 |    | 2703±570 |    |
| 1971 | 1 | 1954± | 634  | 45  | 2135±426 | 36 | 2287±489 | 39 |
|      | 2 | 2154± | 770  |     | 2288±460 |    | 2445±560 |    |
| 1972 | 1 | 2096± | 547  | 31  | 2020±401 | 30 | 2170±528 | 37 |
|      | 2 | 2255± | 630  |     | 2140±470 |    | 2369±650 |    |
| 1973 | 1 | 1917± | 1106 | 22  | 1941±388 | 22 | 2051±500 | 40 |
|      | 2 | 2008± | 1170 |     | 2160±400 |    | 2246±600 |    |
|      |   |       |      |     |          |    | 2366±297 | 5  |
|      |   |       |      |     |          |    | 3194±410 |    |
|      |   |       |      |     |          |    | 2539±491 | 16 |
|      |   |       |      |     |          |    | 3284±610 |    |
|      |   |       |      |     |          |    | 2052±307 | 6  |
|      |   |       |      |     |          |    | 2753±480 |    |
|      |   |       |      |     |          |    | 2431±270 | 17 |
|      |   |       |      |     |          |    | 3194±320 |    |

Clave: 1 = Datos reales

2 = Datos ajustados por edad

n = Número de lactancias

tendencia a incrementar la producción. Los coeficientes fueron  $b_1 = 37$  kg para datos reales (significancia  $P \leq 0,01$ ) y  $b_1 = 14$  kg para datos ajustados por edad (significancia  $P \leq 0,1$ ). Los otros grupos tienen coeficientes de regresión negativos. Los resultados sugieren que solo en el ganado Criollo se está experimentando mejora en la característica de producción, ya que los factores ambientales son similares para todos los grupos raciales.

El análisis de varianza para la producción de leche en todas las lactancias indica que la raza es una fuente de variación significativa en el hato ( $P \leq 0,01$ ). Los efectos de año de lactación, edad y padres, también fueron altamente significativos ( $P \leq 0,01$ ). No se encontró significancia para la interacción año por raza. (cuadro 1 en el apéndice).

#### 4.2 Producción de leche de la primera lactancia.

##### 4.2.1 Producción de la primera lactancia en el hato

El cuadro 8 muestra los promedios de producción de leche al primer parto en el hato, de acuerdo al año de parto. La regresión de producción de la primera lactancia sobre años indica un incremento en la producción por año para esta variable. Los coeficientes de regresión sobre año para datos reales y datos ajustados por la edad son 46 y 57 kg respectivamente (significancia  $P \leq 0,01$ ). Estos incrementos al igual que en los datos de producción de todas las lactancias están influenciados por las más altas producciones de los híbridos  $F_1$  y de los cruces rotacionales con Ayrshire y Rojo Danés, en los últimos años del análisis.

Cuadro 8. Producción de leche en la primera lactancia de todo el hato de acuerdo al año de parto.

|      | Datos reales      |         | Datos ajustados por edad |         | Datos expresados como desvios de la media del año |         |
|------|-------------------|---------|--------------------------|---------|---|---------|
|      | kg                | n       | kg                       | n       | kg  | n       |
| 1951 | 2255 <sup>±</sup> | 919 2   | 3140 <sup>±</sup>        | 662 2   |   |         |
| 1952 | 1800 <sup>±</sup> | 552 2   | 2055 <sup>±</sup>        | 587 2   |   |         |
| 1953 | 2130 <sup>±</sup> | 0 1     | 2360 <sup>±</sup>        | 0 1     |   |         |
| 1954 | 1997 <sup>±</sup> | 488 4   | 2163 <sup>±</sup>        | 1011 4  | 300 <sup>±</sup>                                  | 368 3   |
| 1955 | 1392 <sup>±</sup> | 562 15  | 2387 <sup>±</sup>        | 1039 15 | 64 <sup>±</sup>                                   | 925 15  |
| 1956 | 1179 <sup>±</sup> | 1020 21 | 1742 <sup>±</sup>        | 1507 21 | 84 <sup>±</sup>                                   | 1568 21 |
| 1957 | 1491 <sup>±</sup> | 768 22  | 2100 <sup>±</sup>        | 1304 22 | 101 <sup>±</sup>                                  | 1215 22 |
| 1958 | 1516 <sup>±</sup> | 664 22  | 1813 <sup>±</sup>        | 998 22  | -48 <sup>±</sup>                                  | 820 22  |
| 1959 | 1300 <sup>±</sup> | 570 29  | 2012 <sup>±</sup>        | 755     | 9 <sup>±</sup>                                    | 715 29  |
| 1960 | 1251 <sup>±</sup> | 616 31  | 1713 <sup>±</sup>        | 711 31  | -213 <sup>±</sup>                                 | 676 31  |
| 1961 | 1308 <sup>±</sup> | 599 22  | 1873 <sup>±</sup>        | 700 22  | -166 <sup>±</sup>                                 | 653 22  |
| 1962 | 1232 <sup>±</sup> | 601 44  | 1823 <sup>±</sup>        | 825 44  | -267 <sup>±</sup>                                 | 780 44  |
| 1963 | 1382 <sup>±</sup> | 648 29  | 2171 <sup>±</sup>        | 992 29  | -42 <sup>±</sup>                                  | 1025 29 |
| 1964 | 1403 <sup>±</sup> | 723 34  | 1945 <sup>±</sup>        | 881 34  | -136 <sup>±</sup>                                 | 770 34  |
| 1965 | 1775 <sup>±</sup> | 698 30  | 2547 <sup>±</sup>        | 792 30  | 247 <sup>±</sup>                                  | 709 30  |
| 1966 | 1629 <sup>±</sup> | 545 43  | 2403 <sup>±</sup>        | 713 43  | 295 <sup>±</sup>                                  | 715 43  |
| 1967 | 1515 <sup>±</sup> | 778 31  | 2232 <sup>±</sup>        | 1129 31 | 94 <sup>±</sup>                                   | 1017 31 |
| 1968 | 1949 <sup>±</sup> | 727 35  | 2664 <sup>±</sup>        | 888 35  | 79 <sup>±</sup>                                   | 877 35  |
| 1969 | 1492 <sup>±</sup> | 827 66  | 2029 <sup>±</sup>        | 1029 66 | -258 <sup>±</sup>                                 | 927 66  |
| 1970 | 1714 <sup>±</sup> | 917 7   | 2438 <sup>±</sup>        | 1290 7  | -120 <sup>±</sup>                                 | 1287 7  |
| 1971 | 2027 <sup>±</sup> | 407 13  | 2771 <sup>±</sup>        | 620 13  | 187 <sup>±</sup>                                  | 524 13  |
| 1972 | 2271 <sup>±</sup> | 442 29  | 2928 <sup>±</sup>        | 656 29  | 181 <sup>±</sup>                                  | 506 29  |
| 1973 | 2155 <sup>±</sup> | 456 20  | 2786 <sup>±</sup>        | 584 20  | 210 <sup>±</sup>                                  | 504 20  |

n = número de vacas

#### 4.2.2 Producción de la primera lactancia en los grupos raciales de acuerdo al año de parto.

El cuadro 9 presenta las producciones de las primeras lactancias de acuerdo al año de parto, dentro de los grupos raciales. En el ganado Criollo existe una tendencia a incrementar la producción en la primera lactancia, los coeficientes de regresión sobre año para datos reales y datos ajustados por la edad son de 18 y 23 kg (significancia  $P \leq 0,3$ ). En los otros grupos raciales no se realizaron regresiones por el escaso número de datos. En la última mitad del período de estudio la producción al primer parto en base a los datos corregidos en el ganado Criollo, superó la producción promedio de todas las lactancias en varios años (Fig 2). Esta superioridad de las vacas primerizas puede explicarse bajo la consideración de que existe una respuesta positiva a la selección, o que se han mantenido vacas viejas que se encuentran en la declinación de su vida productiva debido al impacto de enfermedades, como mastitis.

El análisis de varianza para la producción de la primera lactancia indica que los efectos de año, raza y padres fueron altamente significativos, y que la raza es una fuente de variación importante (Cuadro 2 en el apéndice).

### 4.3 Estimación de parámetros genéticos.

#### 4.3.1 Índice de herencia para producción de leche.

Los índices de herencia ( $h^2$ ) o heredabilidades calculadas para los principales grupos raciales, se presentan en el cuadro 10. Las heredabilidades calculadas ya sea en base a datos ajustados por edad o en datos expresados como desviación de la media del año, comprenden

Cuadro 9. Producción de leche de la primera lactancia en los grupos raciales de acuerdo al año de parto.

| Año  | Clave | Criollo |      | Jersey |     | ½C ½J = F <sub>1</sub> |       | Ayrshire x F <sub>1</sub> |    | Rojo Danes x F <sub>1</sub> |   |
|------|-------|---------|------|--------|-----|------------------------|-------|---------------------------|----|-----------------------------|---|
|      |       | kg      | n    | kg     | n   | kg                     | n     | kg                        | n  | kg                          | n |
| 1955 | 1     | 1341±   | 14   | 2060±  | 0   |                        |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 2352±   | 817  | 2660±  | 0   |                        |       |                           |    |                             |   |
|      | 3     | -127±   | 820  | 400±   | 0   |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1956 | 1     | 1004±   | 1000 | 2053±  | 719 | 3                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 1628±   | 1579 | 2423±  | 840 |                        |       |                           |    |                             |   |
|      | 3     | -103±   | 1670 | -70±   | 835 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1957 | 1     | 1350±   | 790  | 2018±  | 439 | 5                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 2090±   | 1360 | 2132±  | 632 |                        |       |                           |    |                             |   |
|      | 3     | -28±    | 1551 | -118±  | 628 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1958 | 1     | 1154±   | 780  | 2067±  | 409 | 6                      |       |                           |    |                             |   |
|      | 2     | 1521±   | 1052 | 2425±  | 526 |                        |       |                           |    |                             |   |
|      | 3     | -410±   | 1077 | -157±  | 522 |                        |       |                           |    |                             |   |
| 1959 | 1     | 1143±   | 420  | 2056±  | 361 | 5                      | 1790± | 0                         | 1  |                             |   |
|      | 2     | 1922±   | 777  | 2442±  | 492 |                        | 2530± | 0                         |    |                             |   |
|      | 3     | -19±    | 772  | 18±    | 505 |                        | -20±  | 0                         |    |                             |   |
| 1960 | 1     | 945±    | 480  | 1869±  | 523 | 9                      | 1810± | 0                         | 1  |                             |   |
|      | 2     | 1482±   | 728  | 2208±  | 691 |                        | 2050± | 0                         |    |                             |   |
|      | 3     | -346±   | 698  | -156±  | 687 |                        | -8±   | 0                         |    |                             |   |
| 1961 | 1     | 983±    | 460  | 1851±  | 332 | 7                      | 1800± | 0                         | 1  |                             |   |
|      | 2     | 1663±   | 761  | 2151±  | 338 |                        | 2850± | 0                         |    |                             |   |
|      | 3     | -266±   | 755  | 44±    | 326 |                        | -40±  | 0                         |    |                             |   |
| 1962 | 1     | 1001±   | 550  | 1715±  | 318 | 2                      | 1673± | 444                       | 13 |                             |   |
|      | 2     | 1631±   | 869  | 1905±  | 318 |                        | 2258± | 611                       |    |                             |   |
|      | 3     | -346±   | 864  | -415±  | 318 |                        | -76±  | 607                       |    |                             |   |
| 1963 | 1     | 1244±   | 740  | 1905±  | 263 | 2                      | 1630± | 659                       | 7  |                             |   |
|      | 2     | 2170±   | 1088 | 2395±  | 329 |                        | 2110± | 871                       |    |                             |   |
|      | 3     | 57±     | 1083 | 130±   | 322 |                        | -393± | 867                       |    |                             |   |



|      |   |       |      |    |       |      |    |       |      |   |  |            |
|------|---|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|---|--|------------|
| 1964 | 1 | 1020± | 550  | 22 | 2059± | 300  | 10 | 2525± | 247  | 2 |  |            |
|      | 2 | 1648± | 909  |    | 2320± | 322  |    | 3335± | 375  |   |  |            |
|      | 3 | -274± | 904  |    | 34±   | 318  |    | 50±   | 350  |   |  |            |
| 1965 | 1 | 1463± | 465  | 21 | 2672± | 600  | 5  | 2433± | 247  | 4 |  |            |
|      | 2 | 2314± | 793  |    | 3022± | 625  |    | 3173± | 277  |   |  |            |
|      | 3 | 192±  | 788  |    | 492±  | 625  |    | 20±   | 282  |   |  |            |
| 1966 | 1 | 1449± | 505  | 31 | 2353± | 436  | 4  | 1988± | 140  | 8 |  |            |
|      | 2 | 2326± | 806  |    | 2658± | 582  |    | 2574± | 214  |   |  |            |
|      | 3 | 359±  | 799  |    | 430±  | 579  |    | -23±  | 209  |   |  |            |
| 1967 | 1 | 1294± | 686  | 25 | 3050± | 510  | 1  | 2312± | 149  | 5 |  |            |
|      | 2 | 2083± | 994  |    | 1960± | 598  |    | 3090± | 218  |   |  |            |
|      | 3 | 18±   | 990  |    | 1090± | 598  |    | 272±  | 215  |   |  |            |
| 1968 | 1 | 1812± | 682  | 22 | 2023± | 1193 | 4  | 2264± | 572  | 9 |  |            |
|      | 2 | 2650± | 693  |    | 2208± | 1263 |    | 2902± | 701  |   |  |            |
|      | 3 | 183±  | 889  |    | -310± | 1257 |    | -1±   | 696  |   |  |            |
| 1969 | 1 | 1050± | 603  | 41 | 2167± | 532  | 18 | 2343± | 948  | 7 |  |            |
|      | 2 | 1632± | 947  |    | 2507± | 618  |    | 3119± | 1122 |   |  |            |
|      | 3 | -461± | 944  |    | 2±    | 632  |    | 283±  | 1117 |   |  |            |
| 1970 | 1 | 1340± | 1107 | 4  | 2205± | 247  | 2  | 2230± | 610  | 1 |  |            |
|      | 2 | 2150± | 1748 |    | 2825± | 265  |    | 2820± | 682  |   |  |            |
|      | 3 | -407± | 1743 |    | 325±  | 265  |    | 120±  | 679  |   |  |            |
| 1971 | 1 | 1610± | 148  | 2  | 1850± | 294  | 2  | 1857± | 409  | 3 |  | 1311± C 1  |
|      | 2 | 2125± | 148  |    | 2240± | 311  |    | 2557± | 605  |   |  | 1660± C    |
|      | 3 | -29±  | 148  |    | -45±  | 304  |    | 110±  | 605  |   |  | 30± C      |
| 1972 | 1 | 1947± | 586  | 3  | 1947± | 586  | 3  | 2093± | 285  | 6 |  | 2052±207 6 |
|      | 2 | 2240± | 604  |    | 2240± | 604  |    | 2810± | 379  |   |  | 2835±471   |
|      | 3 | 100±  | 604  |    | 100±  | 604  |    | 440±  | 379  |   |  | 88±467     |
| 1973 | 1 | 1874± | 276  | 5  | 1874± | 276  | 5  | 1994± | 189  | 4 |  | 2382±660 6 |
|      | 2 | 2412± | 299  |    | 2412± | 299  |    | 2576± | 209  |   |  | 3058±869   |
|      | 3 | 254±  | 296  |    | 254±  | 296  |    | 326±  | 209  |   |  | 82±864     |

Clave: 1 = datos reales  
2 = datos ajustados por edad  
3 = datos ajustados por edad expresados como desviación de la media del año

n = número de lactancias

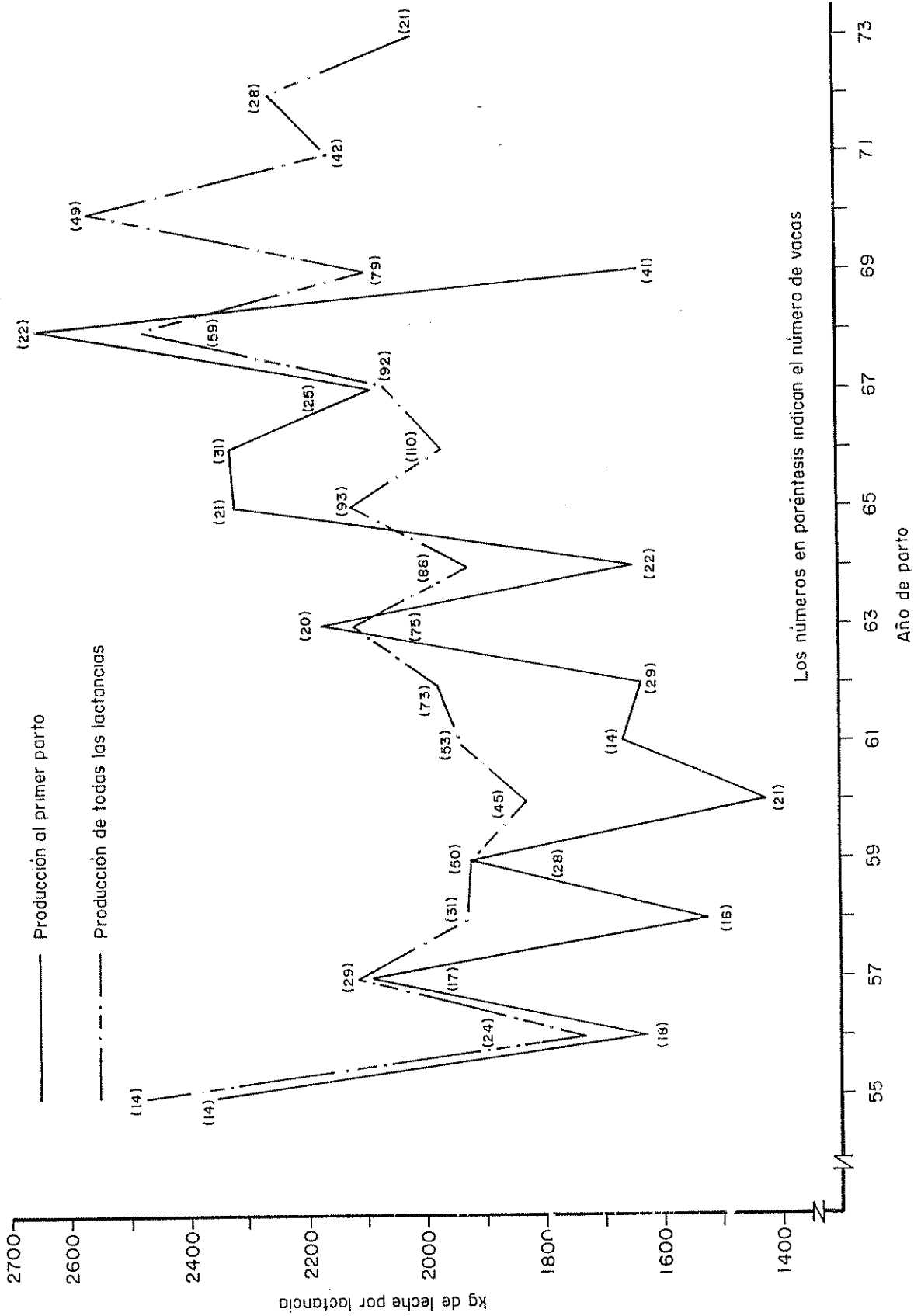


Fig. 2.- Comparación en el ganado Criollo de la producción al primer parto con la producción de todas las lactancias en base a datos ajustados por edad.

un amplio rango de valores. En las razas puras solamente la estimación de heredabilidad del ganado Criollo es coincidente en los 2 métodos de cálculo. El valor obtenido de 0,25 corresponde a los que se encuentra en la literatura para ambientes tropicales (7, 11, 33). El valor negativo encontrado para el ganado Jersey imposibilita la estimación del cambio genético en esta raza al no contar con este parámetro; la razón de estos valores podrían ser el que se haya utilizado como reproductores a toros de características genéticas similares.

Las estimaciones de  $h^2$  en los grupos raciales híbridos son muy altas o no coincidentes en las estimaciones a base de diferentes datos. Los resultados muestran una alta heredabilidad para el ganado  $F_1$ , especialmente el cruce J x C. Puesto que no se encuentra variabilidad genética utilizable en el Jersey puro y en cambio en los cruces del Jersey esta es alta, la gran variabilidad genética aprovechada en estos cruces es de carácter no aditivo.

Cuadro 10. Índices de herencia ( $h^2$ ) a partir de datos ajustados por edad y de datos expresados como desviación de la media del año.

| Grupo racial     | Datos ajustados a la edad<br>$h^2$ y ee | Datos expresados como desviación de la media del año<br>$h^2$ y ee |
|------------------|---|--|
| Criollo (C)      | 0,25-0,01                               | 0,26-0,01  |
| Jersey (J)       | -0,31-0,02                              | -0,40-0,03   |
| Criollo x Jersey | 0,41-0,01                               | 0,70-0,03  |
| Jersey x Criollo | 0,70-0,02                               | 0,67-0,04  |

ee = error standard.

#### 4.3.2 Índice de constancia para producción de leche

Los valores estimados de los índices de constancia para producción de leche en el ganado Criollo y Jersey, se encuentran entre los valores hallados por otros investigadores (7, 11, 33, 34), aunque tienden a ser bajos (cuadro 3 en el apéndice).

La baja repetibilidad encontrada es un reflejo de la gran variabilidad de las vacas y en sus producciones año a año (Fig 1), en parte debido al uso de vacas viejas con problemas en la producción de leche.

#### 4.4 Factores de la reproducción que influyen en la producción de leche.

##### 4.4.1 Edad al primer parto

En el cuadro 11 se observan los promedios para esta variable en los grupos raciales estudiados. Se observa una marcada diferencia en los valores calculados; mientras el ganado Jersey presenta una menor edad al primer parto, el Rojo Dunes x  $F_1$  la tiene mayor en tres meses. El análisis de varianza para este parámetro indica que los efectos de raza, año de parto y los padres fueron altamente significativos (cuadro 4 en el apéndice).

La literatura indica que las razas europeas aún en el trópico tienen una menor edad al primer parto que las razas nativas (cuadro 2). La mayor precocidad del Jersey en este hato confirma la información de la literatura, sin embargo existen informes de EIP inferiores para el Jersey tanto en ambiente templado como tropical. Valores de 28 meses (43, 32) y 30 meses (36) se encuentran para esta raza en ambientes tropicales, de tal manera que mejora en esta característica

puede ser lograda.

Cuadro 11. Edad al primer parto (EIP) e intervalo entre partos (IEP) en los diferentes grupos raciales.

| Grupo racial                      | EIP<br>meses | n   | IEP<br>meses | n    |
|-----------------------------------|--------------|-----|--------------|------|
| Criollo                           | 34,7         | 347 | 12,6         | 843  |
| Jersey                            | 32,7         | 104 | 12,7         | 391  |
| $\frac{1}{2}C \frac{1}{2}J = F_1$ | 33,3         | 73  | 12,4         | 324  |
| Ayrshire x $F_1$                  | 33,7         | 27  | 13,2         | 53   |
| Rojo Danes x $F_1$                | 35,7         | 16  | 13,0         | 24   |
|                                   | 34,1         | 567 | 12,6         | 1585 |

En el ganado Criollo se observa que la edad al primer parto aumenta con el tiempo de existencia del hato (Cuadro 12). La regresión de los promedios de EIP sobre el año de parto indica un coeficiente de 0,55 mes (significancia  $P \leq 0,01$ ). Magofke trabajando sobre este mismo ganado hasta el año 1959 obtuvo una EIP de 33,3 meses (33). Esto señala un incremento de 1,4 mes en esta variable desde esa fecha a la presente. Los valores inferiores encontrados en el ganado Criollo en los primeros años del hato, señalan que el valor actual de este parámetro puede ser mejorado.

La edad al primer parto más tardía produce una lactación mayor, sin embargo, mientras más edad tiene la vaca al inicio de la lactancia menor es su aumento en la lactancia siguiente (33). Por otro lado, EIP mayores incrementan el intervalo entre generaciones que a su vez retardan el mejoramiento y la selección. Por lo manifestado, se

Cuadro 12. Edad al primer parto en los grupos raciales de acuerdo al año de parto.

| Año  | Criollo                     |    | Jersey                      |    | $\frac{1}{2}C \frac{1}{2}J = F_1$ |    | Ayrshire x $F_1$      |    | Rojo Danes x $F_1$    |   |
|------|-----------------------------|----|-----------------------------|----|-----------------------------------|----|-----------------------|----|-----------------------|---|
|      | meses                       | n  | meses                       | n  | meses                             | n  | meses                 | n  | meses                 | n |
| 1951 | <u>35.0<sup>±</sup></u>     | 0  | <u>32.0<sup>±</sup></u>     | 0  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1952 |                             | 1  | 33.5 <sup>±</sup> 2.1       | 2  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1953 |                             |    | 37.0 <sup>±</sup>           | 0  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1954 | 35.0 <sup>±</sup>           | 0  | 33.0 <sup>±</sup> 8.5       | 3  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1955 | 28.9 <sup>±</sup> 2.3       | 14 | 25.0 <sup>±</sup>           | 0  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1956 | 30.3 <sup>±</sup> 2.5       | 18 | 31.0 <sup>±</sup> 1.0       | 3  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1957 | 32.4 <sup>±</sup> 3.0       | 17 | 32.6 <sup>±</sup> 2.7       | 5  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1958 | 33.5 <sup>±</sup> 2.6       | 15 | 31.8 <sup>±</sup> 1.9       | 6  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1959 | 33.7 <sup>±</sup> 3.8       | 24 | 31.0 <sup>±</sup> 2.8       | 5  |                                   |    |                       |    |                       |   |
| 1960 | 34.1 <sup>±</sup> 4.3       | 21 | 31.8 <sup>±</sup> 2.9       | 9  | 29.0 <sup>±</sup>                 | 0  | 1                     |    |                       |   |
| 1961 | 33.1 <sup>±</sup> 4.7       | 17 | 32.3 <sup>±</sup> 4.0       | 7  | 31.0 <sup>±</sup>                 | 0  | 1                     |    |                       |   |
| 1962 | 35.1 <sup>±</sup> 3.9       | 29 | 36.5 <sup>±</sup> 2.1       | 2  | 31.2 <sup>±</sup> 3.1             | 13 |                       |    |                       |   |
| 1963 | 31.8 <sup>±</sup> 2.4       | 20 | 30.0 <sup>±</sup> 2.7       | 2  | 35.3 <sup>±</sup> 3.7             | 7  |                       |    |                       |   |
| 1964 | 34.7 <sup>±</sup> 3.2       | 23 | 35.1 <sup>±</sup> 1.9       | 10 | 33.0 <sup>±</sup> 1.4             | 2  |                       |    |                       |   |
| 1965 | 36.4 <sup>±</sup> 4.7       | 22 | 34.8 <sup>±</sup> 3.5       | 5  | 34.0 <sup>±</sup> 2.9             | 4  |                       |    |                       |   |
| 1966 | 35.6 <sup>±</sup> 4.3       | 31 | 37.3 <sup>±</sup> 9.8       | 4  | 35.1 <sup>±</sup> 4.5             | 8  |                       |    |                       |   |
| 1967 | 36.1 <sup>±</sup> 3.5       | 25 | 33.5 <sup>±</sup> 2.1       | 2  | 31.8 <sup>±</sup> 0.8             | 5  |                       |    |                       |   |
| 1968 | 38.8 <sup>±</sup> 3.3       | 22 | 37.5 <sup>±</sup> 7.0       | 4  | 35.6 <sup>±</sup> 2.6             | 9  |                       |    |                       |   |
| 1969 | 38.1 <sup>±</sup> 3.2       | 41 | 31.1 <sup>±</sup> 3.4       | 18 | 34.1 <sup>±</sup> 7.4             | 7  |                       |    |                       |   |
| 1970 | 36.8 <sup>±</sup> 2.9       | 4  | 25.5 <sup>±</sup> 2.1       | 2  | 37.0 <sup>±</sup>                 | 0  | 1                     |    |                       |   |
| 1971 | <u>28.0<sup>±</sup></u> 4.2 | 2  | 29.0 <sup>±</sup>           | 0  | 29.7 <sup>±</sup> 2.1             | 3  | 31.0 <sup>±</sup> 1.0 | 5  | 29.0 <sup>±</sup>     | 0 |
| 1972 |                             |    | 33.7 <sup>±</sup> 4.1       | 3  | 31.5 <sup>±</sup> 2.6             | 6  | 32.8 <sup>±</sup> 3.7 | 14 | 33.0 <sup>±</sup> 2.0 | 6 |
| 1973 |                             |    | <u>25.3<sup>±</sup></u> 2.6 | 6  | 36.0 <sup>±</sup> 5.1             | 5  | 33.5 <sup>±</sup> 2.6 | 4  | 35.8 <sup>±</sup> 1.7 | 6 |

n = número de observaciones

impone el mejoramiento de esta característica en el hato. Como la EIP está determinada en gran parte por el manejo y la alimentación que se proporciona a las novillas durante el crecimiento, rectificaciones en este manejo deben efectuarse.

#### 4.4.2 Intervalo entre partos

El cuadro 13 muestra los promedios calculados en cada grupo racial para este parámetro. El intervalo entre partos promedio de 12,6 y 12,7 meses para el ganado Criollo y Jersey respectivamente, es similar a los encontrados en años anteriores para estas razas y en este ambiente (12, 17, 40). El ganado  $F_1$  conjuntamente con sus razas paternas son superiores a los cruces de Ayrshire y Rojo Danes con la  $F_1$ .

El intervalo entre partos promedio en los distintos grupos raciales determinados a partir del año de parto, muestra valores similares de año a año (Cuadro 13), lo que indica que los valores estimados para cada grupo racial no se han modificado con el tiempo. Los IEP del ganado Criollo, Jersey y  $F_1$ , son excelentes de acuerdo a las calificaciones establecidas en base a un parto por año (15), estos intervalos cortos aumentan el potencial de cría y disminuyen los intervalos entre generaciones, lo que favorece a la selección.

### 4.5 Mejoramiento anual genético en producción de leche.

#### 4.5.1 Determinación de las superioridades genéticas.

El cálculo de las superioridades genéticas se presenta por periodos en los cuadros siguientes: 14, 15 y 16. Fueron divididas en periodos arbitrariamente para observar los diferenciales de selección

Cuadro 13. Intervalo entre partos en los grupos raciales de acuerdo al año de parto.

| Año  | Criollo |      | Jersey |      | $\%C \frac{1}{2}J = F_1$ |    | Ayrshire x $F_1$ |      | Rojo Danes x $F_1$ |      |      |    |
|------|---------|------|--------|------|--------------------------|----|------------------|------|--------------------|------|------|----|
|      | meses   | n    | meses  | n    | meses                    | n  | meses            | n    | meses              | n    |      |    |
| 1951 | 13      | ± 0  | 1      | 14   | ± 0                      | 1  |                  |      |                    |      |      |    |
| 1952 | 12      | ± 0  | 1      | 13   | ± 0                      | 3  |                  |      |                    |      |      |    |
| 1953 | 12      | ± 0  | 1      | 11   | ± 0                      | 4  |                  |      |                    |      |      |    |
| 1954 | 12.5    | ±2.1 | 2      | 12.6 | ±1.8                     | 6  |                  |      |                    |      |      |    |
| 1955 | 12.3    | ±0.5 | 12     | 11.4 | ±0.5                     | 7  |                  |      |                    |      |      |    |
| 1956 | 13.6    | ±2.0 | 17     | 12.5 | ±1.9                     | 8  |                  |      |                    |      |      |    |
| 1957 | 13.0    | ±1.5 | 27     | 12.6 | ±3.1                     | 8  |                  |      |                    |      |      |    |
| 1958 | 12.8    | ±1.6 | 35     | 13   | ±1.8                     | 15 | 12               | ± 0  | 1                  |      |      |    |
| 1959 | 12.5    | ±1.7 | 35     | 12.7 | ±1.8                     | 16 | 14               | ± 0  | 1                  |      |      |    |
| 1960 | 12.9    | ±1.9 | 46     | 12.9 | ±2.4                     | 17 | 12               | ± 0  | 1                  |      |      |    |
| 1961 | 12.6    | ±1.4 | 47     | 12.0 | ±2.4                     | 20 | 14.5             | ±3.5 | 2                  |      |      |    |
| 1962 | 12.8    | ±1.6 | 62     | 12.6 | ±1.1                     | 17 | 13.7             | ±2   | 14                 |      |      |    |
| 1963 | 12.7    | ±1.2 | 70     | 13.4 | ±2.5                     | 14 | 12.7             | ±1.3 | 20                 |      |      |    |
| 1964 | 12.8    | ±1.5 | 76     | 12.8 | ±2.8                     | 19 | 12.7             | ±0.7 | 20                 |      |      |    |
| 1965 | 12.5    | ±1.5 | 84     | 13.1 | ±1.6                     | 25 | 11.8             | ±1.0 | 24                 |      |      |    |
| 1966 | 12.3    | ±1.4 | 74     | 12.8 | ±1.6                     | 25 | 13.1             | ±2.1 | 31                 |      |      |    |
| 1967 | 13.3    | ±1.9 | 46     | 13.7 | ±3.6                     | 17 | 12.4             | ±1.0 | 21                 |      |      |    |
| 1968 | 12.6    | ±1.4 | 38     | 11.6 | ±2.6                     | 22 | 12.3             | ±1.8 | 26                 |      |      |    |
| 1969 | 12.6    | ±1.6 | 46     | 12.0 | ±1.5                     | 33 | 12.0             | ±1.3 | 31                 |      |      |    |
| 1970 | 12.5    | ±2.8 | 43     | 12.9 | ±4.0                     | 34 | 12.1             | ±1.5 | 32                 |      |      |    |
| 1971 | 12.3    | ±1.4 | 33     | 12.3 | ±2.8                     | 29 | 11.9             | ±1.4 | 27                 | 12.3 | ±1.3 | 4  |
| 1972 | 11.5    | ±0.9 | 22     | 12.7 | ±2.1                     | 25 | 11.8             | ±1.4 | 35                 | 12.9 | ±2.1 | 15 |
| 1973 | 12.9    | ±2.3 | 21     | 13.2 | ±2.7                     | 22 | 12.6             | ±2.1 | 29                 | 13.8 | ±3.8 | 24 |
| 1974 |         |      |        | 13.4 | ±1.5                     | 5  | 13.1             | ±2.6 | 10                 | 13.6 | ±2.3 | 5  |
|      |         |      |        |      |                          |    |                  |      |                    | 10   | ± 0  | 1  |
|      |         |      |        |      |                          |    |                  |      |                    | 11.6 | ±1.1 | 8  |
|      |         |      |        |      |                          |    |                  |      |                    | 13.9 | ±3.0 | 12 |
|      |         |      |        |      |                          |    |                  |      |                    | 13.6 | ±2.3 | 5  |

n = número de observaciones



a diferentes épocas. El criterio adoptado para la división en cada periodo cantidades similares de datos.

Cuadro 14. Determinación de la superioridad genética de las vacas como madres de vacas.

| Periodos    | Número de hijas | Superioridad genética en kg. |                                  |
|-------------|-----------------|------------------------------|----------------------------------|
|             |                 | Datos ajustados por edad     | Desviaciones de la media del año |
| 1948 - 1954 | 61              | 102                          | 70                               |
| 1955 - 1958 | 88              | 77                           | 60                               |
| 1959 - 1964 | 64              | 36                           | 33                               |
| Total       | 213 $\hat{x}$   | 72                           | 55                               |

$\hat{x} = n_1$ , número de ponderación para calcular  $I_{VV}$

Cuadro 15. Determinación de la superioridad genética de las vacas como madres de toros.

| Periodos    | Número de toros | Superioridad genética en kg. |                                  |
|-------------|-----------------|------------------------------|----------------------------------|
|             |                 | Datos ajustados por edad     | Desviaciones de la media del año |
| 1952 - 1954 | 5               | 140                          | 124                              |
| 1955 - 1960 | 4               | 209                          | 180                              |
| Total       | 9 $\hat{x}$     |                              |                                  |

$\hat{x} = n_2$ , número de ponderación para calcular  $I_{VT}$

Cuadro 16. Determinación de la superioridad genética de los toros como padres de vacas.

| Periodos    | Número de hijas | Respuesta a la selección<br>kg |                     | Superioridad genética<br>kg |                     |
|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
|             |                 | Datos ajust. por edad          | Desv. media del año | Datos ajust. por edad       | Desv. media del año |
| 1953 - 1954 | 38              | 115                            | 67                  | 153                         | 79                  |
| 1955 - 1958 | 47              | 70                             | 69                  | 63                          | 83                  |
| 1959 - 1963 | 148             | -22                            | -15                 | -121                        | -85                 |
| Total       | 243 $\times$    | 17                             | 14                  | -43                         | -27                 |

$\times = n_3$ , número de ponderación para calcular  $I_{TV}$

La suma de los valores  $I_{VV} + I_{VT} + I_{TV}$  para datos corregidos por edad y para las desviaciones de la media del año, dan un total de 200 y 177 kg respectivamente.

#### 4.5.2 Intervalo entre generaciones (IEG)

El cuadro 17 presenta el IEG a distintos periodos en cada uno de los caminos de selección.

El intervalo medio entre generaciones es de  $18,53/4 = 4,63$  años

El intervalo entre generaciones calculado resulta similar al encontrado por Magofke en este mismo hato (33). El valor encontrado es bajo para el trópico y concuerda con los valores promedios de los hatos lecheros de la zona templada (26).

Cuadro 17. Intervalo entre generaciones en los cuatro caminos de selección de acuerdo a los periodos en que se calculó los diferenciales de selección.

| Caminos                          | Periodos    | IEG                |                  |
|----------------------------------|-------------|--------------------|------------------|
|                                  |             | parcial<br>en años | total<br>en años |
| $L_{VV}$ = vacas madres de vacas | 1948 - 1954 | 5,32               | 4,88             |
|                                  | 1955 - 1958 | 5,10               |                  |
|                                  | 1959 - 1974 | 4,15               |                  |
| $L_{VT}$ = vacas madres de toros | 1952 - 1954 | 7,76               | 6,56             |
|                                  | 1955 - 1960 | 5,06               |                  |
| $L_{TV}$ = toros padres de vacas | 1953 - 1954 | 3,40               | 3,18             |
|                                  | 1955 - 1958 | 2,86               |                  |
|                                  | 1959 - 1963 | 3,21               |                  |
| $L_{TT}$ = toros padres de toros | 1953 - 1961 | 3,91               | 3,91             |

$$L = 18,53$$

#### 4.5.3 Estimación del mejoramiento anual genético.

La estimación del mejoramiento anual genético a partir de datos ajustados por edad y de desviaciones de la media del año resulta en:

$$1; \frac{\sum I}{\sum L} = \frac{200}{18,53} = 10,79 \text{ kg/año y,}$$

$$2; \frac{\sum I}{\sum L} = \frac{177}{18,53} = 9,55 \text{ kg/año}$$

Estos valores representan 0,60% y 0,53% sobre la producción media del ganado Criollo (1794 kg de leche ajustada por edad).

El mejoramiento anual genético estimado supera a las más altas estimaciones obtenidas en el trópico latinoamericano, africano o asiático (2, 33, 34, 35), aunque está por debajo del máximo porcentaje de

mejora que puede esperarse teóricamente que es de un 1% anual sobre la producción media (51, 58). El incremento anual calculado es de 11 kg de leche al año para datos corregidos por edad, y de 10 kg de leche al año en base a desvíos de la media del año, siendo el máximo posible teórico de 18 kg.

#### 4.5.4 El mejoramiento anual genético a través de los caminos de selección.

De acuerdo a los estimados de superioridad genética, las contribuciones al adelanto genético anual en los diferentes caminos fue:

|    |                  |   |        |   |       |
|----|------------------|---|--------|---|-------|
| 1; | de vacas a vacas | = | 15 kg  | ó | 0,8%  |
|    | de vacas a toros | = | 26 kg  | ó | 1.4%  |
|    | de toros a vacas | = | -14 kg | ó | -0.8% |
| 2; | de vacas a vacas | = | 11 kg  | ó | 0.6%  |
|    | de vacas a toros | = | 23 kg  | ó | 1.3%  |
|    | de toros a vacas | = | -8 kg  | ó | -0.5% |

Por lo tanto, la mayor contribución al adelanto genético está dado por los caminos de selección de vacas madres de toros y vacas madres de vacas. O sea que, considerando a los progenitores, solamente las madres contribuyen decisivamente al mejoramiento del hato Criollo.

El análisis del mejoramiento genético en los caminos de selección indica que este acontece mayormente por el camino de vacas para producir toros. En este camino (Cuadro 15) el segundo periodo de este camino (1955-1960) muestra que las madres de toros superan genéticamente a las del periodo anterior (1952-1954) en casi 60 kg y además, tienen un intervalo entre generaciones menor en 2,5 años, por lo tanto, la

ganancia genética que puede obtenerse por este camino tiende a incrementarse con el tiempo. El menor intervalo entre generaciones que se obtiene en el segundo periodo, se debe a la decisión de retener hijos de vacas jóvenes inclusive en las segundas y terceras lactancias. Este procedimiento contrasta con el utilizado en el primer periodo, en el cual se esperaba altas expresiones fenotípicas continuas para recién seleccionar a las futuras madres de toros (33). El mejoramiento en el diferencial de selección se debe al uso de mejores registros o más datos disponibles que permiten la determinación eficaz de las vacas con mejores méritos genéticos como elites.

En el camino de vacas madres de vacas (Cuadro 14) se observa una disminución de las superioridades genéticas conforme transcurre el tiempo. Esto sugiere que en las primeras vacas nacidas en Turrialba hubo una fuerte presión de selección. Sin embargo, se sostiene que en ese periodo la presión de selección fue mínima debido al interés de incrementar el hato (15, 33). Entonces, el mayor diferencial de selección en el periodo 1948-1954 que en los periodos 1955-1958 y 1959-1964, es atribuible a eliminaciones forzadas de vacas por problemas propios a la implantación de un hato lechero, tal como dificultad en el ordeño, bajada de la leche, mastitis y/o gran variabilidad de la producción de leche en las vacas fundadoras y sus hijos (16). La tendencia de disminución de la superioridad genética en este camino, indica que en promedio los toros usados como padres de vacas en estos periodos no contribuyeron a mejorar la producción de leche. El intervalo entre generaciones disminuido en 1,2 años hacia el último periodo, es producto de un incremento en la presión de selección e indica que las vacas del hato son cada vez más jóvenes.

El camino de toros padres de vacas presenta una superioridad genética total negativa. El análisis de los datos por periodo (Cuadro 16) señala una disminución en las superioridades genéticas hacia los últimos periodos, inclusive el último periodo es negativo. La superioridad genética negativa indica que los toros utilizados en el periodo 1959-1963 disminuyeron la capacidad de producción de leche de las vacas del hato. La respuesta a la selección total para las hijas de estos toros es positiva y se debe exclusivamente a la superioridad genética de las madres que también es positiva y atenúa el efecto de trimento de los toros.

#### 4.5.5 Consideraciones generales sobre la selección futura en el hato.

Los resultados de producción de leche indican que en las razas puras solamente el Criollo presenta tendencia a incrementar la producción, lo que es consecuente a la mayor presión de selección que se ha practicado en el Criollo antes que en el Jersey. En el ganado Criollo las regresiones de los promedios de producción de leche sobre años y las estimaciones de mejoramiento genético, indican que en esta raza se está consiguiendo mejoras genéticas para la característica de producción.

Las bases para promover un rápido mejoramiento genético en el Criollo son favorables, debido a que la producción de leche presenta mayor variabilidad que en los otros grupos raciales y además, la heredabilidad encontrada indica variabilidad genética utilizable para selección en proporciones iguales a las razas europeas lecheras en ambientes templados. Por esto, el éxito en la selección depende del criterio que se adopte para escoger los animales que van a dejar

descendencia. Sobre este aspecto, el análisis de las superioridades genéticas de los progenitores en el hato Criollo indica que son las madres las que sustentan el mejoramiento genético del hato, cuantificándose un aporte negativo por parte de los toros. Por consiguiente los reproductores constituyen el obstáculo a salvar para alcanzar mejores resultados en la selección, puesto que hasta donde se ha realizado el análisis, los datos sugieren que sus aportes para la selección son deficientes e impidieron alcanzar el máximo teórico de mejoramiento anual genético, estimado en cerca del 1% para un hato de estas características. Del máximo teórico solo se alcanzó el 60%, estimado que se puede considerar satisfactorio en relación a otros estimados obtenidos para el trópico.

Para obtener mayor mejoramiento genético en el ganado Criollo se deben adoptar varias medidas a cumplirse, ya sea dentro del hato experimental del CATIE, como a nivel regional.

En la finca ganadera debe insistirse en métodos tendientes a incrementar el diferencial de selección, estimulándose simultáneamente la reducción del intervalo entre generaciones y un uso más intensivo de los registros. Incrementos en el diferencial de selección deben hacerse en el camino de vacas madres de vacas y en los caminos en que los toros son progenitores. El aumento de la presión de selección sobre las madres de vacas tiene como limitante la disponibilidad de hembras de reemplazo. A su vez, para utilizar los mejores toros del hato es necesario realizar pruebas de progenie, más en este hato pequeño las pruebas de progenie no contribuirían al adelanto genético, ya por el pequeño número de hijas que se tendría para la evaluación del mérito genético de los padres, cuanto por el alargamiento del IEG

que esta prueba trae consigo (54). Las dos medidas planteadas imponen como condición para realizar una selección más eficaz una mayor población de Criollos. Disminución del IEG entre las vacas y sus hijos se puede conseguir, reteniendo los hijos de las vacas primizas hasta observar el comportamiento productivo inicial de sus madres. Además, menores IEG pueden conseguirse disminuyendo la edad al primer parto. Con el fin de obtener mejores respuestas en estos dos objetivos, aumentar el diferencial de selección y reducir el intervalo entre generaciones, es necesario un uso eficiente de los registros, no solamente en función de estas dos variables, sino también en otras, tales como las de reproducción que contribuyen indirectamente a la consecución de un mayor cambio genético.

A nivel regional se debe aplicar medidas de carácter cooperativo con los ganaderos de la región. Es imperioso desarrollar una población mayor de Criollos para facilitar la selección. Este objetivo se puede cumplir promocionando entre los ganaderos el encaste de su ganado con toros del hato o con toros adquiridos en núcleos de esta raza existentes en otros lugares de Latinoamérica. El encaste puede ser acelerado con la utilización de inseminación artificial. La consecución de varios hatos de Criollos en la región permitiría realizar pruebas de progenie con comparación de contemporáneos para la selección de los reproductores. Esto garantizaría la selección de los toros de mejores características para la reproducción. El intercambio de este material genético facilitaría y vigorizaría la selección.



## 5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este estudio tuvo como finalidad evaluar la selección y el comportamiento de producción de leche, del hato lechero del Departamento de Ganadería del Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

La información utilizada procede de los registros acumulados de producción desde el año 1949 hasta el año 1974, en las razas Criolla, Jersey, Criollo x Jersey ( $F_1$ ), Ayrshire x  $F_1$  y Rojo Danes x  $F_1$ . Para el análisis se consideraron como lactancias las producciones de 30 ó más días de duración. Se incluyeron datos de 568 animales, de los cuales 347 eran Criollos, con un total de 2035 lactancias.

Previo a la estimación del mejoramiento genético, se calculó para los distintos grupos raciales la producción promedio de leche de la primera lactancia y para todas las lactancias, la edad al primer parto y el intervalo entre partos. Índices de herencia y constancia fueron estimados para la producción de leche. Para estas estimaciones y las de mejoramiento genético se utilizaron datos reales, datos ajustados por edad y datos ajustados expresados como desvios de la media del año.

El promedio de producción de leche a partir de datos ajustados por edad fue de 1794 y 2283 kg para el Criollo y Jersey respectivamente. El ganado  $F_1$  alcanzó una producción media de 2557 kg. Los cruces de Ayrshire x  $F_1$  y Rojo Danes x  $F_1$  obtuvieron producciones medias de 2798 y 2695 kg. Tuvieron efecto significativo sobre la producción el año de parto, la raza, edad y los padres ( $P \leq 0,01$ ). Regresiones de producción sobre años indicaron un incremento en la producción

del Criollo. Las producciones del primer parto presentan tendencias similares a las producciones de todas las lactancias. El índice de herencia para la producción de leche en el ganado Criollo fue de 0,25 y el índice de constancia de 0,32. Se encontró un incremento a través de los años de la edad al primer parto en el Criollo y el Jersey, mientras que el intervalo entre partos presenta un promedio favorable de 12,6 meses.

El mejoramiento genético se estimó en base al procedimiento propuesto por Rendel y Robertson (51). Un mejoramiento anual genético de 11 kg se estimó con las producciones ajustadas por edad y de 10 kg con los datos expresados como desviación de la media del año. En el ganado Criollo el mejoramiento anual genético representa un 0,60 y un 0,53% del promedio respectivamente. Las vacas, por los caminos de madres de vacas y como madres de toros contribuyen al mejoramiento anual genético en 0,8 y 1,4% respectivamente, en tanto que los toros como padres de vacas tienen un aporte negativo de -0,8%.

En base de los resultados encontrados en este estudio, se puede concluir que:

- 1. El mejoramiento genético anual estimado en producción de leche (11 kg) está alejado del máximo teórico (18 kg) y es el resultado de la aplicación de una leve presión de selección especialmente en los toros.
2. El principal componente que más ha contribuido en el mejoramiento genético obtenido, ha sido el componente vacas. Los machos han hecho un aporte negativo, lo que indica la necesidad de intercambiar material genético con otras poblaciones

de ganado Criollo o utilizar mejores y más estrictos criterios de selección de padres (toros).

3. Los incrementos en la producción de leche total en el hato, si bien se deben principalmente a la más alta producción de los híbridos, en menor escala se deben al incremento en producción de los Criollos, ya que presentan una respuesta positiva a la selección.
4. Para promover un cambio genético más rápido se debe disminuir el intervalo entre generaciones en los caminos de vacas madres de vacas y vacas madres de toros. Cualquier medida que se adopte en este sentido debe tender a disminuir la edad al primer parto.

## 5a. SUMMARY

The present study was conducted in order to evaluate the selection and productive performance of the dairy herd, at the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

Production records from 1949 to 1974 were used, and the following breeds were included: Criollo, Jersey, Criollo x Jersey ( $F_1$ ), Ayrshire x  $F_1$  and Red Dane x  $F_1$ . Lactations of 30 days and more were included in the analysis. A total of 568 animals were studied, (347 Criollos) which resulted in a total of 2035 lactations.

Averages and variances of milk production in the first lactation, all lactations, age at first calving, and calving interval were calculated according to breed. Heritability and repeatability indexes were estimated for milk production. The estimation of genetic parameters were based on unadjusted records, records adjusted for age, and age adjusted records expressed as deviations for the yearly average.

The average milk production for age adjusted records was 1794 and 2283 kg for the Criollo and Jersey respectively. The  $F_1$  group averaged 2557 kg whereas the Ayrshire x  $F_1$  and the Red Dane x  $F_1$  reached averages of 2798 and 2695 kg. It was found that year, breed, age, and sire had significant effects on milk production ( $P \leq 0.01$ ).

Regression on the production over the years indicated an increment in milk production only for the Criollo breed. First lactations presented tendencies similar to those of all lactation. The heritability estimate for milk production in Criollo was calculated as 0.25, and the repeatability estimate was 0.32. Age at first calving in the

Criollo and Jersey increased during the period studied, whereas on average calving interval of 12.6 months was noted.

The genetic improvement was estimated for the Criollo herd according to the method of Rendel y Robertson. A genetic improvement of 11 kg for year was estimated from the age adjusted records, and 10 kg when the data were expressed as deviations of the year average. The annual genetic improvement represents 0.60 and 0.53% of the herd averages respectively. The dams, through the routes of dam-daughter and dam-son, contributed to the annual genetic improvement with 0.8 and 1.4%, whereas the sire-daughter route showed a negative contribution, of -0.8%

Based on the results of this study, it was concluded that:

1. The estimated annual genetic improvement of 11 kg of milk is below the theoretically expected (18 kg), and is the result of a low selection pressure, especially in sires.
2. The main component contributing to the genetic improvement was the dams. The sires have produced negative contribution, which indicates the need for exchanging genetic material with other populations of Criollo cattle or using more accurate and strict for sire selection.
3. The improvement in milk production of the herd is mainly due to the superiority of the crossbreds and to a lesser extent to the increment in production on the Criollo, which presented a positive response to selection.
4. In order to achieve a faster genetic improvement the generation interval must be reduced, mainly in the routes dam-daughter and dam-son. Furthermore a reduction in the age at first calving should be sought.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Aumentar la población de animales Criollos por encastamiento del ganado regional mediante el uso de reproductores Criollos.
2. Establecer programas cooperativos de intercambio de semen con instituciones que mantengan hatos de ganado Criollo lechero Tropical, con el objeto de realizar pruebas de progenie conjuntas, simultáneamente en los distintos hatos y así poder determinar los mejores toros a utilizarse en la región.

## 7. LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, R. y BAUMAN, T. Thyroid hormone secretion rates of cows in the dry period and during lactation (Abstracts). *Journal of Dairy Science* 51:955. 1968.
2. ALIM, D. Reproductive rates and milk yield of Kenana cattle in Sudan. *Journal of Agricultural Science* 55(2):183-188. 1960.
3. ALVES, R., FANG, I., DEMELO, J. FOPZADI, W. y KVARNSTROM, O. Comportamento medis das vacas e rebanhos controlados pelo servico de controle leiteiro da associacao Paulista de criadores de bovinos 1945-66. *Revista do Criadores (Brasil)* 38:18-108. 1967.
4. ARAVE, C., LABFN, R. y MEAD, S. Measurement of genetic change in twelve California dairy herds. *Journal of Dairy Science* 47:278-283. 1964.
5. AROREIRA, J. Intervalo entre partos no rebanho Zebu-leiteiro da fazenda experimental de criaçao 'Getulio Vargas' em Uberaba. Brasil, Ministerio de Agricultura, Instituto de Zootecnia. Publicación n 28. 1959. 10 p.
6. BECKER, W. Manual of procedures in quantitative genetics. Pullman, Washington State University, 1968. 130 p.
7. BEROUCEY, E., WHATLEY, J., MORRISON, E., MUSGRAVE, S. y HARVEY, W. Heritability and repeatability estimates of production and type of Guernsey cattle (Abstracts). *Journal of Dairy Science* 42(5):925. 1959.
8. BRANTON, C., McDOWELL, R. y BROMF, M. Zebu-European crossbreeding as a basis of dairy cattle improvement in the USA. Southern Cooperative Service. Bulletin n. 114. 1966.
9. BROSTER, W., BROTUR, V. y SMITH, J. Experiments on the nutrition of the dairy heifer. VIII. Effect on milk production on level of feeding at two stages of the lactation. *Journal of Agricultural Science* 72:229-245. 1969.
10. BODISCO, V., CARNEVALLI, A., CEVALLOS, E. y GOMEZ, J. Cuatro lactancias consecutivas en vacas Criollas y Pardo Suizas en Maracay, Venezuela. ALFA. Memoria 3:61. 1968.
11. \_\_\_\_\_. VIRDE, O. y WILCOX, C. Producción y reproducción de un lote de ganado Pardo Suizo. ALFA. Memoria 6:81-95. 1971.
12. CARMONA, S. y MUÑOZ, H. Intervalo entre partos y número de servicios por preñez en vacas Criollas, Jersey y encastadas de Suizo en clima tropical húmedo. ALFA. Memoria 1:7. 1966.

13. CEVALLOS, E., HERRERA, M., RIEBA, R., RIOS, C. y BODINCO, V. Comportamiento productivo del ganado de la región de Carora (Venezuela) de 1961 a 1965. ALFA. Memoria 3:194. 1968.
14. DAUPHIN, G. Predicción de la producción de leche a los 305 días de la primera lactancia, con base en las producciones parciales de los 30, 60, 90 y 120 días. Tesis Mg. Sc. Turrialba, IICA, 1970. 38 p.
15. DE ALBA, J. Reproducción y genética animal. México, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1970. 446 p.
16. \_\_\_\_\_ y CARRER, C. Selección de ganado Criollo lechero tropical. Comunicaciones de Turrialba n. 61. 1958. 68 p.
17. DICKERSON, G. Techniques for research in quantitative animal genetics. In Techniques and procedures in animal production research. Albany. New York, American Society of Animal Production, 1960. 105 p.
18. \_\_\_\_\_ y HAZEL, L. Effectiveness of selection on progeny performance as a supplement to earlier culling in livestock. Journal of Agricultural Research 69(12):459-476. 1944.
19. EL-ITRIBY, A. y ASYF, A. Some production characteristics of native cattle, Friesian, Shorthorn, and their crosses in Egypt. Empire Journal of Experimental Agriculture 26:314-322. 1958.
20. FAO. Production yearbook 1972. Rome, FAO, 1973. v. 26. 480 p.
21. FERNANDEZ, S. Actividades pecuarias en el trópico Peruano. In informe de reunión técnica de programación sobre desarrollo ganadero del trópico húmedo americano. IICA Trópicos. Informe n. 30. 1973.
22. HAFEZ, E. Adaptación de los animales domésticos. Barcelona, Labor, 1973. 563 p.
23. HENDERSON, C. Estimation of changes in herd environment (Abstracts). Journal of Dairy Science 32:706. 1949.
24. HICKMAN, C. y FREEMAN, A. Experimental design for dairy cattle selection. Journal of Dairy Science 51:957-958. 1968.
25. JAMAICA. Ministry of Agriculture. Annual report for the year ended 31 Dec., 1959. Animal Breeding Abstracts 30:149. 1962.
26. JOHANSSON, I. y REINDEL, J. Genética y mejora animal. Zaragoza, Acribia, 1972. 139 p.



27. JOVIANG, R. Formacao de un rebanho mestizo Jersey y sua eficiencia reproductiva. Arquivos da Escola de Veterinaria. Universidade de Minas Gerais (Brasil) 15:101-128. 1963.
28. KIMPA, G. Production characteristics and enviromental influences on some dairy traits of Bos indicus, Bos Taurus and Bos indicus, Bos taurus cross breed cattle in East Africa. Dissertation Abstracts International E 33(4):1344. 1972.
29. KNUDSEW, P. y SOHAEL, A. The Vom herd: A study of the performance of a mixed Friesian/Zebu herd in a tropical enviroment. Tropical Agriculture 47(3):189-203. 1970.
30. KRISHNA, R. Studies on reproduction in Malvi cattle-Part II. Age at first calving, calving interval and post partum to conception interval. Indian Veterinary Journal 43(9):805-811. 1966.
31. LEGATIS, J. y MYERS, R. Measuring genetic change in a dairy herd using a control population (abstracts). Journal of Dairy Science 49:723. 1966.
32. LEMTA, L. Reproductive efficiency and viability in two Bos indicus and two Bos taurus breeds in the tropics of India and Colombia. Journal of Animal Science 36(4):644-652. 1973.
33. MAGOFKE, J. Estimación del mejoramiento genético en producción de leche, grasa y largo de lactancia en el ganado Criollo lechero de Turrialba. Tesis Mg. Sc. Turrialba, IICA, 1964. 109 p.
34. \_\_\_\_\_. y BODISCO, V. Estimaciones del mejoramiento genético del ganado Criollo lechero en Maracay, Venezuela, entre los años 1955 - 1964. ALPA. Memoria 1:105-128. 1966.
35. MAHADEVAN, P. Genetic improvement in milk yield due to selection in a herd of Sinhale cattle. Tropical Agriculturist 107: 161-167. 1951.
36. \_\_\_\_\_. Variation in performance of European dairy cattle in Ceylon. Journal of Agricultural Science 48(2):164-170. 1957.
37. \_\_\_\_\_. Dairy cattle breeding in East Africa. East African Agricultural and Forestry Journal 30:320-327. 1965.
38. \_\_\_\_\_. y NUTCHISON, H. The performance of crosses of Bos taurus and Bos indicus cattle for milk production in the coastal region of Tanganyika. Animal Production 6:331-336. 1964.
39. \_\_\_\_\_. y MBEFLES, H. An analysis of the Entebbe herd of H Uganda cattle in Uganda. Animal Production 3(1):29-40. 1961.

40. MALTOS, J. Genetic and enviromental trends of growth and production in experimental herds under humid tropical conditions in Costa Rica. Tesis Ph. D. College Station, Texas A & M University. 1968. 103 p.
41. \_\_\_\_\_. Y CARTWRIGHT, T. Producción de leche bajo condiciones de trópico húmedo. Hatos fundadores de Jersey y Criollo en Turrialba, Costa Rica. ALPA. Memoria 6:187. 1971.
42. MARPLESS, H. An analysis of milk production in the Shorthorn-Zebu herd at Entebbe. Tropical Agriculture 41(1),15-20. 1964.
43. McDOWELL, R., FLETCHER, Y. y JOHNSON, S. Gestation length, birth weight and age at first calving of crossbred cattle with varying amounts of Red Sindhi and Jersey breeding. Journal of Animal Science 18(4):1430-1437. 1959.
44. \_\_\_\_\_. Feasibility of commercial dairying with cattle indigenous to the tropics. Cornell International Agricultural Development. Bulletin 21. Ithaca. 1971.
45. MEINI, S. Ajuste para edad y peso en producción de leche en Criollo Centroamericano. Tesis Mg. Sc. Turrialba, IICA, 1973. 35 p.
46. MOE, P. y TYRRELL, H. Efficiency of conversion of digested energy to milk. Journal of Dairy Science 58(4):602-610. 1975.
47. PAYNE, W. y HANCOCK, J. The direct effect of tropical climate on the performance of European type cattle. II Production. Empire Journal of Experimental Agriculture 25(100):321-338. 1957.
48. PEROZO, T., DEATON, O. y NUÑOZ, H. Producción de un hato Holstein en zona de altura de Guatemala. ALPA. Memoria 9:70. 1974.
49. POSTON, H. ULBERG, I. y IFGATIS, J. Analisis of seasonal fluctuations of reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science 45(11):1376-1379. 1962.
50. RENDEL, J. Dairy cattle in hot climates. World Review of Animal Production 8(1):16-24. 1972.
51. \_\_\_\_\_. y ROBERTSON, A. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. Journal of Genetics 50:1-8. 1950.
52. SALAZAR, J., WILCOX, C., MARTIN, F., KOGGER, M. y WAUGH, R. Factores genético-ambientales en la producción de leche en Colombia. ALPA. Memoria 6:189. 1971.
53. SMITH, C. Estimation of genetic change in farm livestock using field records. Animal Production 4:239-251. 1962.

54. SPECHT, L. y MCGILLIARD, L. Rates of improvement by progeny testing in dairy herds of various sizes. *Journal of Dairy Science* 43:63-75. 1960.
55. STONAKER, H. Estimates of genetic changes in a Indian Herd of Red Sindhi dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 36(7): 688-697. 1953.
56. \_\_\_\_\_ . AGARWALA, O. y SUNDARESAN, D. Production characteristics of crossbred, backcross, and purebred Red Sindhi cattle in the Gangetic plains region. *Journal of Dairy Science* 36(7):678-687. 1953.
57. SWIGER, L., HARVEY, W., DVERSON, D. y GREGORY, K. The variance of intra class correlation involving groups with one observation. *Biometrics* 20:818-826. 1964.
58. SYRSTAD, O. Estimating genetic change in dairy cattle populations. *World Review of Animal Production* 8(1):58-62. 1972.
59. THOMPSON, N., BALDWIN, V. y GRAF, G. Genetic and enviromental differences among dairy herds (Abstracts). *Journal of Dairy Science* 44:980. 1961.
60. VACCARO DE, L. Some aspects of the performance of pure bred and cross breed dairy cattle in the tropics. *Animal Breeding Abstracts* 41(12):571-591. 1973.
61. VAN VLECK, L., REIDHUES, T. y HENDERSON, C. Componentes of variance associated with milk and fat records of artificially sired Holstein daughters. *Journal of Animal Science* 20: 812-818. 1961.
62. VERDE, O., FLASSE, D., WILCOX, C. y KOGER, W. Características de producción lechera de tres hatos en la región tropical húmeda de Venezuela. *ALP*. Memoria 3:195. 1968.
63. VERLEY, F. y TOUCHBERRY, R. Effects of crossbreeding on reproductive performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 44(11):2058-2067. 1961.

8. APENDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza de la producción de leche en todas las lactancias en base de datos reales.

| Fuente de variación      | GL   | Cuadrado medio |
|--------------------------|------|----------------|
| Año de lactación         | 24   | 40805 **       |
| Raza                     | 4    | 462280 **      |
| Edad                     | 12   | 10461 **       |
| Padres                   | 111  | 30327 **       |
| Interacción año por raza | 71   | 568 n.s.       |
| Residuo                  | 1792 | 2027           |

\*\*  $P \leq 0,01$

Cuadro 2. Análisis de varianza de la producción de leche a la primera lactancia en base a datos reales.

| Fuente de variación | GL | Cuadrado medio |
|---------------------|----|----------------|
| Año de lactancia    | 23 | 21237 **       |
| Raza                | 4  | 247075 **      |
| Padres              | 34 | 16474 **       |
| Residuo             | 64 | 118            |

\*\*  $P \leq 0,01$

Cuadro 3. Índices de constancia (R) a partir de datos ajustados por edad y de datos expresados como desviación de la media del año.

| Grupo racial                | Datos ajustados a la edad<br>R y ee | Desvios de la media del año |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Criollo (C)                 | 0,32 <sup>±</sup> 0,03              | 0,38 <sup>±</sup> 0,03      |
| Jersey (J)                  | 0,36 <sup>±</sup> 0,05              | 0,42 <sup>±</sup> 0,05      |
| Criollo x Jersey            | 0,01 <sup>±</sup> 0,04              | 0,23 <sup>±</sup> 0,07      |
| Jersey x Criollo            | -0,24 <sup>±</sup> 0,01             | -0,01 <sup>±</sup> 0,01     |
| Ayrshire x F <sub>1</sub>   | 0,42 <sup>±</sup> 0,17              | 0,54 <sup>±</sup> 0,13      |
| Rojo Danes x F <sub>1</sub> | 0,27 <sup>±</sup> 0,27              | 0,35 <sup>±</sup> 0,25      |

ee = error standard

Cuadro 4. Análisis de varianza de la edad al primer parto.

| Fuente de variación | GL  | Cuadrado medio |
|---------------------|-----|----------------|
| Año de parto        | 23  | 29250 **       |
| Raza                | 4   | 140946 **      |
| Padres              | 107 | 15709 **       |
| Error               | 409 | 4687           |

\*\* P ≤ 0,01