

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PRODUCCION DE LECHE DE CUATRO GRUPOS RACIALES  
EN EL TROPICO HUMEDO

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

*Magister Scientiae*

**GUSTAVO BEJARANO ENRIQUEZ**

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Programa de Producción Animal

Turrialba, Costa Rica

1979

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

*Magister Scientiae*

JURADO:



Oliver W. Deaton, Ph.D.

Profesor Consejero



Francisco Romero, Mag.Sc.

Miembro del Comité



Gustavo Enríquez, Ph.D.

Miembro del Comité



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



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



Gustavo Bejarano Enríquez  
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa Nora

A mis hijos Gustavo, Erika y Jessika

A mis padres

A mis hermanos

A mis amigos

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos:

Al Dr. Oliver Deaton, Consejero Principal, por su valiosa orientación en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Karel Vohnout, por sus acertadas sugerencias durante la realización del presente estudio.

Al Ing. Francisco Romero, Miembro del Comité Consejero por sus oportunas sugerencias al presente trabajo.

Al Dr. Gustavo Enríquez, Miembro del Comité Consejero por sus acertadas críticas a este estudio, por su amistad y estímulo brindados durante mis estudios en el CATIE.

Al Banco Nacional de Fomento del Ecuador y a la Organización de los Estados Americanos (OEA), por el apoyo económico prestado para la realización de mis estudios de posgrado.

Al Ing. Víctor Quiroga por su valiosa colaboración prestada al presente estudio.

Al señor Manuel Zamora por su desinteresada colaboración en el procesamiento de los datos.

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

## BIOGRAFIA

El autor nació en Ibarra, Imbabura, Ecuador. Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria de la Universidad Central del Ecuador, graduándose de Médico Veterinario en 1962.

De 1962 a 1971 trabajó como extensionista en el Ministerio de Agricultura y Ganadería. En 1972 pasó al Banco Nacional de Fomento como especialista en crédito ganadero, del Programa Nacional de Desarrollo Ganadero.

En julio de 1977 ingresó como estudiante graduado al Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Turrialba, Costa Rica, obteniendo el título de Magister Scientiae en diciembre de 1979.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. REVISION DE LITERATURA . . . . .	2
2.1 La producción de leche en función de la edad . . .	2
2.2 Edad y producción láctea por unidad de peso . . . .	4
2.3 Producción de leche en función del peso corporal .	4
2.4 Peso corporal y producción láctea por unidad de tamaño . . . . .	5
2.5 El clima y la producción láctea . . . . .	6
3. MATERIALES Y METODOS . . . . .	8
3.1 Localización y fuente de datos . . . . .	8
3.2 Manejo del hato . . . . .	8
3.3 Recolección de datos . . . . .	8
3.4 análisis estadístico . . . . .	10
3.4.1 Producción de leche en función de la edad o el peso al parto . . . . .	11
3.4.2 Producción de leche en función del efecto combinado de la edad y el peso al parto . . .	11
4. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	13
4.1 Producción de leche . . . . .	13
4.1.1 Promedios de producción, edad y peso según grupo racial . . . . .	13
4.1.2 Producción en función de la edad . . . . .	15
a) Producción real de leche por lactancia .	15
b) Producción de leche/kg de peso metabóli co . . . . .	21
4.1.3 Producción en función al peso corporal . . .	23
a) Producción real de leche por lactancia .	23
b) Producción de leche/kg de peso metabó- lico . . . . .	27
4.1.4 Influencia de la edad y el peso sobre la producción de leche . . . . .	31
4.1.4.1 Ganado Criollo . . . . .	31
a) Producción real de leche por lactancia .	31
b) Producción de leche/kg de peso metabóli co . . . . .	33

	<u>Página</u>
4.1.4.2 Cruce Criollo x Jersey . . . . .	34
a) Producción real de leche por lactancia	34
b) Producción de leche/kg de peso metabólico . . . . .	38
4.1.4.3 Ganado Jersey y cruce Ayrshire x F1	38
4.2 Producción de grasa . . . . .	40
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	42
6. RESUMEN . . . . .	43
7. SUMMARY . . . . .	46
8. LITERATURA CITADA . . . . .	49
9. APENDICE . . . . .	54

## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N<sup>o</sup></u>		<u>Página</u>
1	Grupos raciales estudiados, número de animales y de observaciones . . . . .	9
2	Promedio de edad, peso, producción y variables según grupo racial . . . . .	14
3	Correlaciones fenotípicas simples entre producciones de leche y grasa en sus valores reales y relativos en los grupos raciales . . . . .	41

APENDICE

1A	Edad, peso y producción promedio por partos en el grupo racial Jersey . . . . .	55
2A	Edad, peso y producción promedio por partos en el grupo racial Criollo . . . . .	56
3A	Edad, peso y producción promedio por partos en el grupo racial Criollo x Jersey . . . . .	57
4A	Edad, peso y producción promedio por partos en el grupo racial Ayrshire x F1 . . . . .	58
5A	Producción de leche en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas) . . .	59
6A	Producción de leche en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis intraclase) . . .	59
7A	Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas) . . . . .	60
8A	Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis intraclase) . . . . .	60
9A	Producción de leche en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas) . . .	61

<u>Cuadro N<sup>o</sup></u>	<u>Página</u>
10A Producción de leche en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intraclase) . .	61
11A Producción de leche/kg de peso metabólico en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas) . . . . .	62
12A Producción de leche/kg de peso metabólico en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intraclase) . . . . .	62
13A Producción de leche en función de la edad y el peso en los grupos raciales Jersey y Criollo . . . . .	63
14A Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y el peso en los grupos raciales Jersey y Criollo . . . . .	65
15A Producción de leche en función de la edad y el peso en los grupos raciales Criollo x Jersey y Ayrshire x F1	67
16A Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y el peso en los grupos raciales Criollo x Jersey y Ayrshire x F1 . . . . .	69
17A Producción de grasa en función de la edad en los distintos grupos raciales . . . . .	71
18A Producción de grasa/kg de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales . . . . .	71
19A Producción de grasa en función al peso corporal en los distintos grupos raciales . . . . .	72
20A Producción de grasa/kg de peso metabólico en función al peso corporal en los distintos grupos raciales . .	72

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No</u>	<u>Página</u>
1 Producción de leche por lactancia según los partos en los distintos grupos raciales . . . . .	16
2 Producción de leche en función de la edad en los grupos raciales (análisis entre vacas) . . . . .	18
3 Producción de leche en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis intraclase) . . . . .	20
4 Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas) . . . . .	22
5 Producción de leche en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas) . . . . .	24
6 Producción de leche en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intraclase) . . . . .	26
7 Producción de leche/kg de peso metabólico en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas) . . . . .	28
8 Producción de leche/kg de peso metabólico en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intraclase) . . . . .	30
9 Producción de leche en función de la edad y del peso corporal en el ganado Criollo . . . . .	32
10 Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el ganado Criollo . . . . .	35
11 Producción de leche en función de la edad y del peso corporal en el ganado cruzado Criollo x Jersey . . . . .	37
12 Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el ganado cruzado Criollo x Jersey . . . . .	39

APENDICE

<u>Figura N<sup>o</sup></u>		<u>Página</u>
1A	Producción de leche en función de la edad y del peso corporal en el ganado Criollo . . . . .	64
2A	Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el ganado Criollo . . . . .	66
3A	Producción de leche en función de la edad y del peso en el ganado cruzado Criollo x Jersey . . . . .	68
4A	Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el ganado cruzado Criollo x Jersey . . . . .	70

## 1. INTRODUCCION

La creciente necesidad de incrementar la producción de leche en las áreas tropicales impone la búsqueda de los grupos raciales más adaptados al clima y a los recursos de alimentación disponibles. Las condiciones ambientales del trópico afectan la producción de leche de las vacas, sobre todo de las razas especializadas debido a la limitación en la disponibilidad y calidad de los alimentos y a los efectos depresivos de los factores climáticos sobre el consumo de alimento y el metabolismo.

El comportamiento de los diferentes grupos raciales no es igual, lo cual puede permitir mejorar la producción lechera, utilizando los animales mejor adaptados al medio. Muchos investigadores y productores han venido realizando esfuerzos para mejorar la producción por medio de cruzamientos de ganado Criollo con razas lecheras europeas. En algunos casos la producción de los cruzados ha superado al de las razas de origen. La información sobre el comportamiento productivo de ciertos grupos raciales en medio tropical húmedo puede ayudar a encontrar nuevas alternativas para la solución del problema de producción de leche en estas regiones.

Por lo expuesto, los objetivos del presente estudio son:

1. Evaluar el comportamiento productivo lechero de cuatro grupos raciales en el trópico húmedo.
2. Desarrollar criterios o recomendaciones para la selección del ganado lechero a fin de mejorar su productividad en el trópico.

## 2. REVISION DE LITERATURA

La expresión fenotípica de producción de leche es una característica cuantitativa que presenta una gran variación, debida a la influencia de factores genéticos, fisiológicos y ambientales y a sus interacciones.

### 2.1 La producción de leche en función de la edad

En general, la producción de leche aumenta en proporción decreciente hasta una determinada edad que corresponde a la maduración corporal, para luego disminuir paulatinamente, pero a un ritmo más lento que las tasas de incremento que le preceden (18, 41, 43). Puede haber diferencias entre razas en la rapidez de maduración (43). El incremento de la producción desde la primera lactancia hasta su máxima (15 a 35 %) y la lactancia en que ésta es obtenida (tercera a séptima) son muy variables y son muchos los factores responsables (18, 35, 42, 43).

Varios autores (2, 22, 31, 32, 34, 37, 39) han determinado que la producción de leche de varias lactancias en función de la edad al parto, en las diferentes razas de ganado lechero, presenta una relación curvilínea. Asimismo, se ha observado que la edad en la que se logra la máxima producción, y el incremento alcanzado desde la primera lactancia, varía con la raza (43). Reaves (37), en El Salvador, encontró que las edades de máxima producción correspondieron en Holstein a 102 meses con 2814 kg de leche, en Brown Swiss a 78 meses con 2711 kg y en Criollo a 84 meses con 2354 kg de leche.

Meini (27), en Turrialba, encontró que los grupos raciales Criollo y Criollo x Jersey mantenían incrementos decrecientes en la producción aún a los 120 meses de edad, con un incremento máximo a partir de la primera lactancia de 70 y 41 por ciento respectivamente, en tanto que, el Jersey obtuvo la máxima producción a los 70 meses con un incremento del 21 por ciento desde la primera lactancia. Por otro lado, Vaccaro (47) en el Perú, en ganado Holstein detectó que la máxima producción fue obtenida a la tercera lactancia con 58 meses de edad y con un incremento del 14 por ciento a partir de la primera lactancia. Verde (49) en Venezuela, trabajando con Pardo Suizo sólo detectó un 13 por ciento de incremento desde la primera lactancia hasta la máxima producción obtenida en la cuarta lactancia.

Se han observado también diferencias debidas a zonas climáticas (2). Así, mientras en zonas templadas la máxima producción (15 a 35 %) es alcanzada de la quinta (31) a la séptima lactancias (14, 21). En regiones tropicales el período de incremento es más corto, de la tercera (15, 47) ó cuarta (2, 22, 49) a la quinta (37). Así mismo, es menor el porcentaje de incremento hasta la máxima producción 7,5 a 25 por ciento (2,47, 49); atribuyéndose este fenómeno a la mayor edad de iniciación de la vida productiva de las vacas en el trópico y al intervalo de partos más prolongado (2). Estos resultados son contrarios a los obtenidos por Meini (27); y también por Miller (29), para quien las diferencias en edades de maduración debidas a zonas climáticas no son significativas.

Diferencias en los niveles de alimentación durante las lactancias (42) también presentan diferencias en las tendencias de producción de leche con relación a la edad.

La producción de grasa y la de leche presenta correlaciones fenotípicas muy altas dentro de producciones por lactancias, con valores de  $r = 0,86$  a  $0,92$  (47) y también entre producciones de varias lactancias  $0,91$  a  $0,93$  (38, 51). La tendencia de la producción de grasa en relación a la edad, también es curvilínea.

## 2.2 Edad y producción láctea por unidad de peso

Los resultados obtenidos por Schultz (42), en relación a la producción láctea en función de la edad y el peso corporal, demuestran que la producción láctea por unidad de peso corporal en relación a la edad sigue una tendencia ligeramente negativa, en tanto que, la relación de producción por unidad de peso metabólico/edad, presenta una tendencia negativa cercana a cero. Similares tendencias presentan los resultados obtenidos por Reaves (37) y por Bodisco (2).

## 2.3 Producción de leche en función del peso corporal

Existe una relación positiva entre el peso corporal y el nivel de producción láctea (13, 19, 41). Si los factores hereditarios y ambientales son iguales, las vacas grandes producen más leche que las pequeñas. Sin embargo, el rendimiento de leche no aumenta en proporción directa al peso del cuerpo (43). Hay incremento de la producción de leche y grasa (5, 8, 9, 10, 12, 28, 46, 50) en relación al aumento del peso corporal. Clark y Touchberry (6) estudiando el efecto del peso corporal sobre la producción de leche y grasa en varias lactancias de Holstein, encontraron un aumento promedio

de 400 kg de leche y 14,4 kg de grasa por cada 100 kg de aumento del peso corporal. S<sup>rt</sup>madzhiev (44) señala que, el incremento de la producción de leche en función del incremento del peso corporal en Brown Swiss es más marcado en la primera lactancia, menor en la segunda y tercera e insignificante en la cuarta y quinta lactancias. Su máxima producción de 4585 kg fue alcanzada entre los 551 a 600 kg de peso en la quinta lactancia.

En Holstein (3), por medio de análisis de correlaciones parciales se ha encontrado que la producción de leche está más altamente correlacionada con el peso corporal antes que con la edad. En Jersey y Guernsey (9) por regresiones parciales estandarizadas también se ha encontrado una mayor influencia del peso corporal que la edad sobre la producción de leche.

Hay autores (20, 36) que, concluyen que la buena condición corporal al parto tiene una incidencia directa sobre la producción de leche.

Schultz (42), encontró que el incremento productivo en función al peso corporal es afectado por los niveles alimenticios. Animales a niveles alimenticios "altos" son más precoces e inician su producción con más leche. Además, su producción por unidad de peso es menor. Similares fueron los resultados obtenidos por Butendieck (4).

#### 2.4 Peso corporal y producción láctea por unidad de tamaño

La producción láctea, considerada tanto por kilogramo de peso corporal como por kilogramo de peso metabólico, en función del peso corporal, para unos autores (2, 5, 12, 50) se incrementa, en

tanto que para otros autores (24, 33, 40), sufre una disminución progresiva con el peso corporal.

Los resultados obtenidos por Bodisco (2), de cuatro lactancias consecutivas en ganado Criollo y Pardo Suizo en Venezuela, demuestran que el grupo Criollo tuvo una ligera disminución de la producción relativa de leche en relación al peso corporal, y el Pardo Suizo un ligero incremento de su producción relativa de leche en relación al peso corporal.

Gaines y colaboradores, citados por Morris y Wilton (30), encontraron correlaciones de  $-0,12$  en Holstein y  $-0,09$  en Jersey entre la producción láctea por unidad de peso y el peso corporal, concluyendo que la producción por unidad de peso corporal decrece progresivamente con el peso. La tendencia para la producción por unidad de peso metabólico demuestra la misma tendencia pero con menor disminución.

## 2.5 El clima y la producción láctea

Según estudios en cámaras climáticas con ganado europeo, la temperatura ambiente óptima para las vacas lactantes es de  $10$  a  $18^{\circ}\text{C}$  (25); sin embargo, estos valores son afectados por la humedad ambiental. Con una humedad relativa de  $60$  a  $80\%$ , las variaciones térmicas de  $5$  a  $21^{\circ}\text{C}$  no influye sobre la producción láctea. Dentro de este margen (conocido como zona de comodidad) las vacas pueden regular su temperatura corporal por medios físicos sin necesidad de reducir su metabolismo (16, 17, 25, 41). Por encima de  $21^{\circ}\text{C}$ , la

producción láctea disminuye progresivamente, junto con el porcentaje de grasa, los sólidos no grasos y los sólidos totales (26). A partir de los 27°C el proceso es crítico y prácticamente a los 40°C se suspende el consumo de alimentos y la producción láctea (16, 18, 41). Temperaturas inferiores a 5°C no afectan a la producción de leche si se proporciona alimento extra y protección a los animales. La influencia es desfavorable a partir de -12°C (18, 41).

La capacidad de regulación de la temperatura corporal, varía con las razas (18). Los grupos Criollos lecheros tropicales presentan mayor resistencia al clima (16). Aún dentro de las razas lecheras europeas existen ciertas diferencias, siendo las razas pequeñas más tolerantes a las temperaturas elevadas, que las razas de mayor tamaño (16, 18, 41).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización y fuente de datos

Para este estudio, se utilizaron los datos provenientes del hato lechero del Programa de Producción Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. El Centro está localizado a una altitud de 645 msnm, entre las coordenadas  $9^{\circ}51'21''$  de latitud norte y  $83^{\circ}39'40''$  de longitud oeste. Su temperatura media anual es de  $22,5^{\circ}\text{C}$  con una máxima de  $27,7^{\circ}\text{C}$  y mínima de  $15,5^{\circ}\text{C}$ . Su precipitación pluvial de 2600 mm, distribuidos casi uniformemente durante todo el año, siendo diciembre el mes más lluvioso (314 mm) y los más secos febrero, marzo y abril (143, 78 y 119 mm). La humedad relativa promedio es 87,0 %.

#### 3.2 Manejo del hato

Según los antecedentes del hato, todas las vacas estuvieron sujetas a un solo sistema de manejo, pastorearon en potreros de estrella africana (Cynodon plectostachyus), bajo un sistema de rotación y durante el ordeño recibieron a voluntad una mezcla de melaza y úrea. Se ordeñaron mecánicamente dos veces diarias.

#### 3.3 Recolección de datos

Se utilizó la información acumulada de seis años (1972 - 1977), correspondiente a 261 vacas de cuatro grupos raciales, con un total de 648 observaciones, que se definen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Grupos raciales estudiados, número de animales y de observaciones

GRUPO RACIAL	Nº DE VACAS	Nº DE OBSERVACIONES
JERSEY (J)	66	125
CRIOLLO (C)	52	111
CRIOLLO x JERSEY (F1)	59	177
AYRSHIRE x F1 (H)	84	235
TOTAL	261	648

Los datos utilizados incluyen: raza, identificación del animal, fecha de nacimiento, fecha de los partos, número del parto, peso al parto en kg y las producciones de leche y grasa por lactancia. Se consideraron como lactancias todas las producciones con una duración mínima de 30 días hasta un máximo de 305 días, bajo el supuesto que, dentro de este tiempo, cualquiera que fuera su producción es la expresión fenotípica de una vaca considerada lechera. En los casos en que por manejo (venta o cambio de hato) o muerte del animal, las lactancias fueron interrumpidas antes de los 120 días, su producción fue completada usando las tablas desarrolladas por Dauphin (7). En las lactancias mayores a 305 días sólo se consideró la producción obtenida hasta los 305 días. Se eliminaron del estudio las lactancias iniciadas con abortos y las afectadas por enfermedades o accidentes graves.

### 3.4 Análisis estadístico

La información recopilada se codificó en tarjetas IBM para el análisis estadístico. Con esta información se generaron los valores de las observaciones de lactancias y las correspondientes edades y pesos de las vacas para sus respectivos partos. Los cálculos de producción por lactancia se hicieron con los valores reales sin ajustes.

Las variables consideradas en el estudio fueron

#### Variables independientes

- $X_1$  = Edad al parto, en días  
 $X_2$  = Peso vivo al parto, en kg  
 $X_3$  = Peso metabólico al parto\*, en kg

#### Variables dependientes

- $Y_1$  = Producción de leche por lactancia, en kg  
 $Y_2$  = Producción de grasa por lactancia, en kg  
 $Y_3$  = Producción de leche/kg de peso vivo, en kg  
 $Y_4$  = Producción de leche/kg de peso metabólico, en kg  
 $Y_5$  = Producción de grasa/kg de peso vivo, en kg  
 $Y_6$  = Producción de grasa/kg de peso metabólico, en kg

Para una apreciación general del comportamiento productivo de los grupos raciales, se calculó las medias y desviaciones

---

\* Peso metabólico = (peso vivo)<sup>0,73</sup>

típicas de las variables en estudio desglosado en grupos raciales y partos dentro de grupos raciales.

#### 3.4.1 Producción de leche en función de la edad o el peso al parto

Con los valores reales de producción de leche por lactancia y de edad al parto, o peso al parto, según fuese el caso, se hicieron análisis de regresión cuadrática simple, utilizando la siguiente función matemática:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

donde:

$\hat{Y}$  = Producción estimada a una edad o peso determinado

$b_0$  = Constante de integración

$b_1$  y  $b_2$  = Coeficientes de regresión parcial

$X$  = Variable independiente (edad o peso al parto)

#### 3.4.2 Producción de leche en función del efecto combinado de la edad y el peso al parto

Para el caso del efecto combinado de la edad y el peso al parto sobre la producción de leche, los datos reales fueron analizados utilizando el modelo de regresión cuadrática múltiple.

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

donde:

$\hat{Y}$  = Producción estimada a una edad y peso determinados

$X_1$  = Edad al parto, en días

$X_2$  = Peso al parto, en kg

$b_0$  = Constante de integración

$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  = Coeficientes de regresión parcial

Estos modelos se utilizaron tanto para la producción de leche como para la de grasa. En cada caso, con todas las variables de producción y en todas las posibles combinaciones con las variables de edad, peso vivo y peso metabólico.

Para el análisis de regresión intraclase (dentro de vacas) por grupos raciales, se utilizó la misma función matemática del análisis entre vacas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Producción de leche

###### 4.1.1 Promedios de producción, edad y peso según grupo racial

En el Cuadro 2, se aprecia el comportamiento productivo medio de los grupos raciales. El grupo Criollo con los valores más altos de edad y peso, presenta la menor producción, tanto real como relativa, junto con el mayor margen de variabilidad, evidenciado por las desviaciones típicas. Este comportamiento puede interpretarse como una menor especialización y uniformidad productiva de este grupo racial. Los valores de la producción relativa son semejantes a los obtenidos por Bodisco (2), con ganado Criollo venezolano, aunque este último posee un mayor peso corporal; sin embargo, estaría indicando una gran similitud de eficiencia productiva entre grupos raciales Criollos.

El cruce rotacional (Ayrshire x F1), es el que mejor comportamiento productivo presenta, pudiendo interpretarse como un efecto conjunto de heterosis y aditivo del Ayrshire, como raza de mayor capacidad productiva. Los valores de producciones relativas son muy similares a las obtenidas por Touchberry (45) con ganado Guernsey en Estados Unidos; a los de Holstein reportados por Reaves (37) en El Salvador y ligeramente superiores a los obtenidos con Brown Swiss por este mismo autor.

De manera general, puede considerarse al comportamiento productivo de los grupos Jersey y Criollo x Jersey (F1), como intermedio entre el de los grupos raciales Criollo y Ayrshire x F1. La

Cuadro 2. Promedio de edad, peso, producción y variables según grupo racial

VARIABLES	GRUPO RACIAL			
	JERSEY	CRIBLLO	CRIBLLO x JERSEY	AYRSHIRE x F1
Número de lactancias	125	111	177	255
VARIABLES INDEPENDIENTES				
Edad (días)	1449 ± 574	2577 ± 1274	2110 ± 998	1724 ± 615
Peso vivo (kg)	265 ± 42	360 ± 65	329 ± 49	345 ± 47
Peso metabólico	58 ± 7	73 ± 9	68 ± 7	71 ± 7
VARIABLES DEPENDIENTES				
Producción de leche por lactancia (kg)	1494 ± 527	1352 ± 699	1915 ± 499	2177 ± 577
Producción de Grasa por lactancia (kg)	63 ± 23	56 ± 29	81 ± 24	86 ± 23
Producción relativa (kg)				
Leche/kg de peso vivo	5,58 ± 1,81	3,69 ± 1,84	5,86 ± 1,57	6,35 ± 1,72
Leche/kg de peso metabólico	25,24 ± 8,16	18,17 ± 9,03	28,00 ± 7,26	30,71 ± 8,05
Grasa/kg de peso vivo	0,23 ± 0,08	0,15 ± 0,08	0,24 ± 0,07	0,25 ± 0,07
Grasa/ kg de peso metabólico	1,07 ± 0,36	0,75 ± 0,38	1,19 ± 0,35	1,22 ± 0,32

ligera superioridad productiva observada en el F1 es debida a efectos de heterosis.

Los promedios de producción real de leche de los grupos raciales son inferiores a los obtenidos por Alvarez (1) en un estudio anterior del mismo hato. La diferencia puede deberse principalmente a la variación en el sistema de alimentación. El concentrado que recibían las vacas, de acuerdo a su producción en períodos anteriores al presente estudio, se ha reemplazado por una mezcla de melaza-úrea suministrada a voluntad durante el ordeño.

Las producciones de leche promedio, obtenidas por parto para cada uno de los grupos raciales (Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A), se presentan graficadas en la Figura 1. Se puede apreciar en cierta forma el tipo de tendencias curvilíneas de la producción en cada uno de los grupos raciales, en relación al número de partos, que prácticamente estarían representando la edad de los animales. También, se puede visualizar a través del número de observaciones de cada parto la intensidad de selección realizada en cada grupo racial, durante el período que comprende el estudio.

#### 4.1.2 Producción en función de la edad

##### a) Producción real de leche por lactancia

La edad al parto tuvo efecto lineal y cuadrático significativo ( $P \leq 0,01$ ) sobre la producción en los cuatro grupos raciales. Las tendencias parabólicas de la producción (Fig 2) presentan diferencias debidas a la magnitud de las máximas producciones alcanzadas y a la edad en que estas fueron obtenidas por cada uno de los grupos raciales.

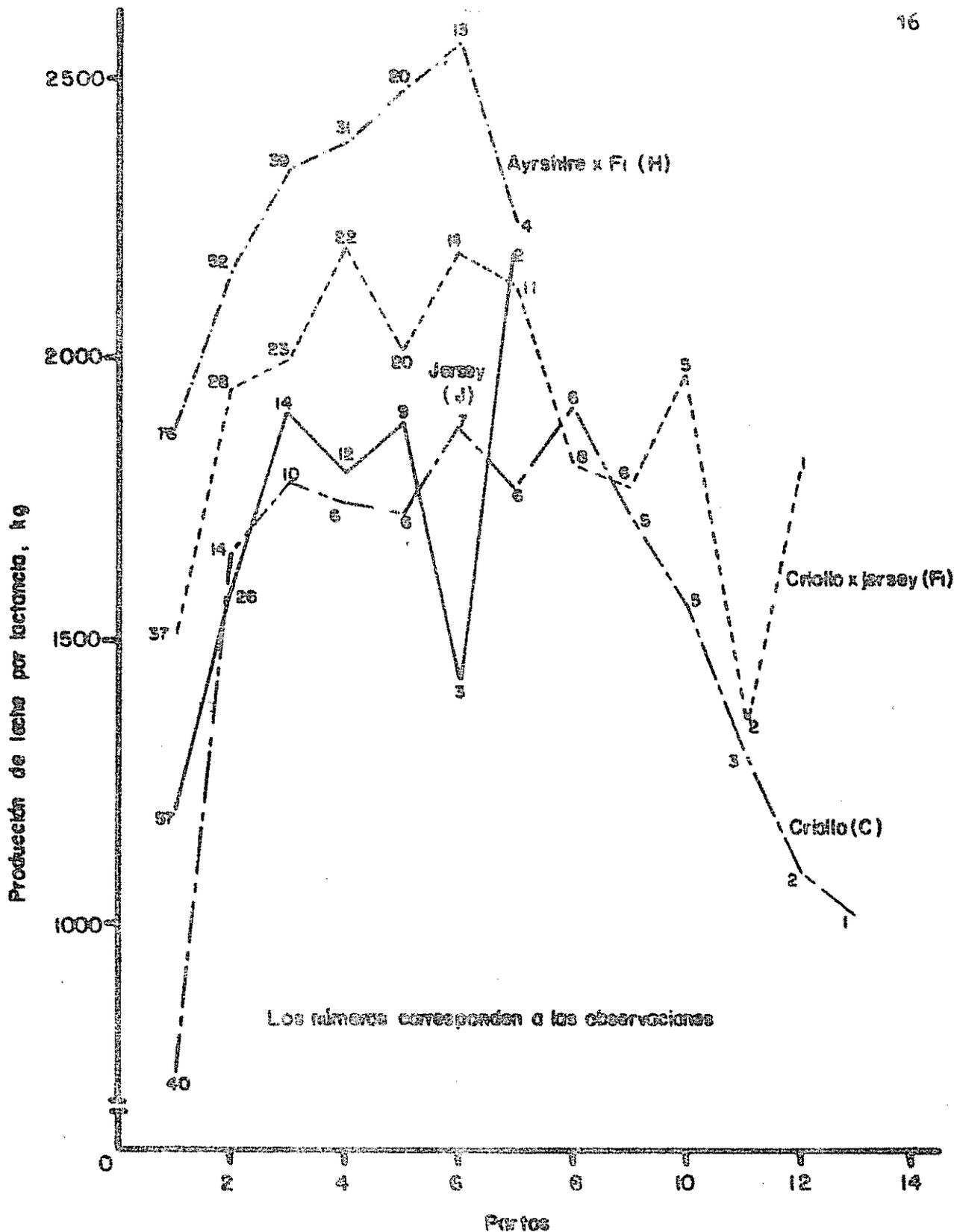


Fig. 1 Producción de leche por lactancia según los partos en los distintos grupos raciales

Se observa que el Jersey es el grupo racial que más temprano inicio su producción, a los 997 días de edad y con 1267 kg de leche y alcanzó la máxima producción a 2333 días con 1868 kg que corresponde al quinto parto. Por otro lado, el Criollo que inicia su producción a una edad mayor (1251 días) y con menor cantidad de leche (911 kg) mantiene una curva ascendente hasta los 3352 días, en que alcanza la máxima producción (1962 kg), valores que corresponden al octavo parto; demostrando así ser el grupo racial de más lenta maduración corporal.

Las máximas producciones de los cruces simples (Criollo x Jersey) y cruces rotacionales (Ayrshire x F1) fueron superiores a las de los grupos raciales puros, la más alta correspondió al cruce rotacional. En cambio, la edad de máxima producción fue intermedia en relación a los grupos considerados precoz (Jersey) y tardío (Criollo). Además, la edad del cruce rotacional fue ligeramente más alta que la del cruce F1; sin embargo, en ambos casos correspondió al sexto parto.

Los incrementos desde la primera lactancia hasta la máxima producción fueron de 32, 53, 26 y 23 % para el Jersey, Criollo, Criollo x Jersey y Ayrshire x F1, respectivamente. Los valores del Jersey y Criollo son inferiores a los obtenidos por Meini (27) en un estudio anterior del mismo hato, pero en general todos los incrementos son superiores a los obtenidos con otros grupos raciales en ambiente tropical (2, 49).

La ligera superioridad de la máxima producción presentada por el Criollo, en comparación con la del Jersey, puede deberse

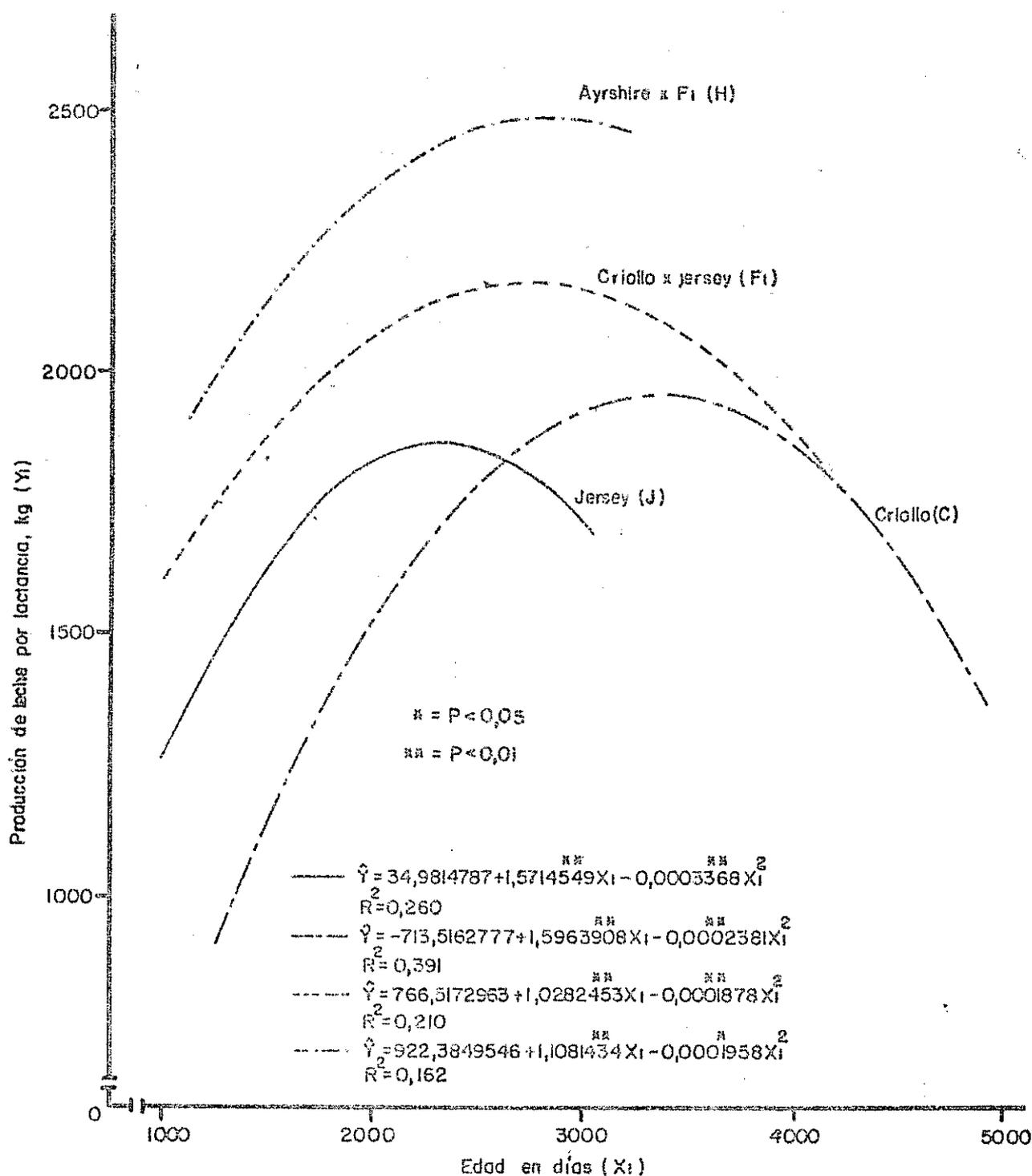


Fig. 2 Producción de leche en función de la edad en los grupos raciales (análisis entre vacas)

a efectos de selección y también a que, la información del Criollo abarca animales de mayor edad; es decir, esta máxima producción no corresponde a la expresión representativa del grupo racial.

En general, la forma de las curvas puede interpretarse como debida a las diferencias genéticas en las tasas de crecimiento y maduración entre los grupos raciales. Sólo en los cruces, la altura de las curvas debe interpretarse en el Criollo x Jersey como heterosis y en el Ayrshire x F1 como heterosis y aditividad para la producción de leche; y la forma de las curvas con similar interpretación para la edad de maduración más precoz.

Al eliminar el factor de variación entre vacas dentro de un grupo racial y analizar el efecto de edad sobre la producción entre lactancias dentro de vacas en los grupos raciales, los resultados fueron significativos ( $P \leq 0,05$ ) sólo en el cruce Criollo x Jersey con un nivel de confiabilidad ( $R^2 = 0,05$ ) muy pequeño.

La producción de leche en el Criollo x Jersey presenta una tendencia ligeramente negativa (Fig 3). Empieza con un nivel de producción alto y a medida que avanza la edad, ocurre un ligero incremento decreciente que llega muy pronto a la máxima producción, alcanzando un incremento (5,8 %) muy pequeño para luego declinar progresivamente con la edad. Esta tendencia es contraria a la correspondiente entre vacas presentada anteriormente.

La magnitud de la tendencia demuestra que la variación de la producción dentro de vacas, debido al efecto de edad es muy pequeña en relación a lo que sucede cuando la variación es medida

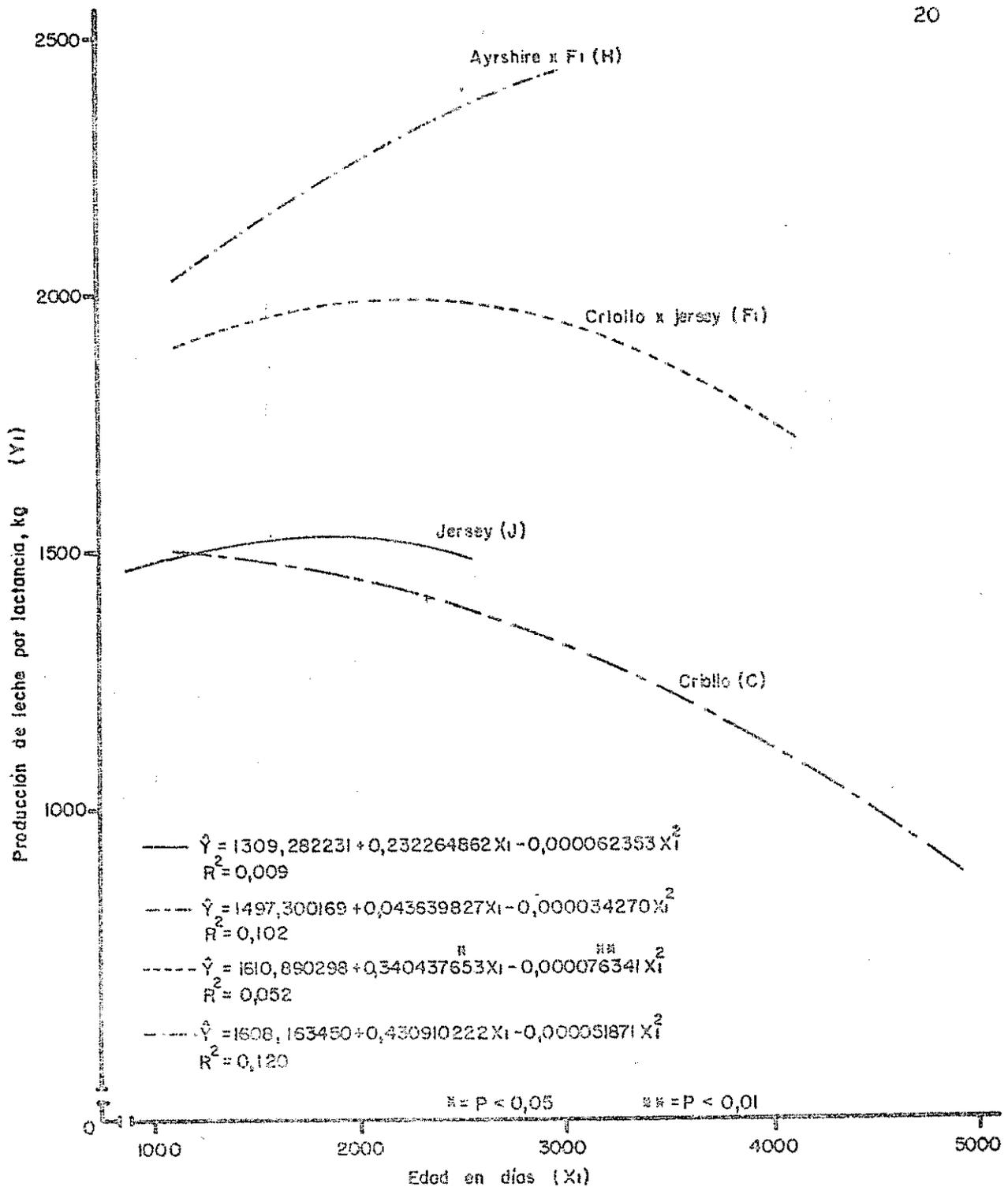


Fig. 3 Producción de leche en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis intraclase).

entre vacas (Fig 2). Esto indica que, la variación de la producción debida a edad es mayor entre vacas que dentro de vacas, por lo que se aprecia un efecto de edad marcado sobre la producción entre vacas que dentro de vacas.

Aunque los resultados del análisis no fueron significativos para fines comparativos, en la Figura 3 se presentan las tendencias de la producción de leche en los tres grupos raciales restantes. La tendencia en el grupo Criollo es marcadamente negativa, en el Jersey la variación es insignificante, practicamente cero, no así la del cruce rotacional donde es positiva.

#### b) Producción de leche/kg de peso metabólico

Los efectos lineal y cuadrático de la edad sobre la producción por unidad de peso metabólico, resultaron significativos ( $P \leq 0,01$ ) en los grupos raciales a excepción del Ayrshire x F1. Las tendencias de producción con edad (Fig 4), en general son muy similares a las tendencias para la correspondiente producción real. Sin embargo, se observa una marcada diferencia en la magnitud de las máximas producciones alcanzadas por el Jersey y el Criollo. Para el Jersey puede interpretarse como la expresión de mayor eficiencia productiva de una raza mejor seleccionada en la producción de leche, en tanto que, para el Criollo como menor eficiencia productiva de una raza menos seleccionada para la producción de leche.

La altura de la curva de producción del cruce F1, puede interpretarse como heterosis para una mayor eficiencia en la producción. La tendencia de la producción del cruce rotacional, a pesar

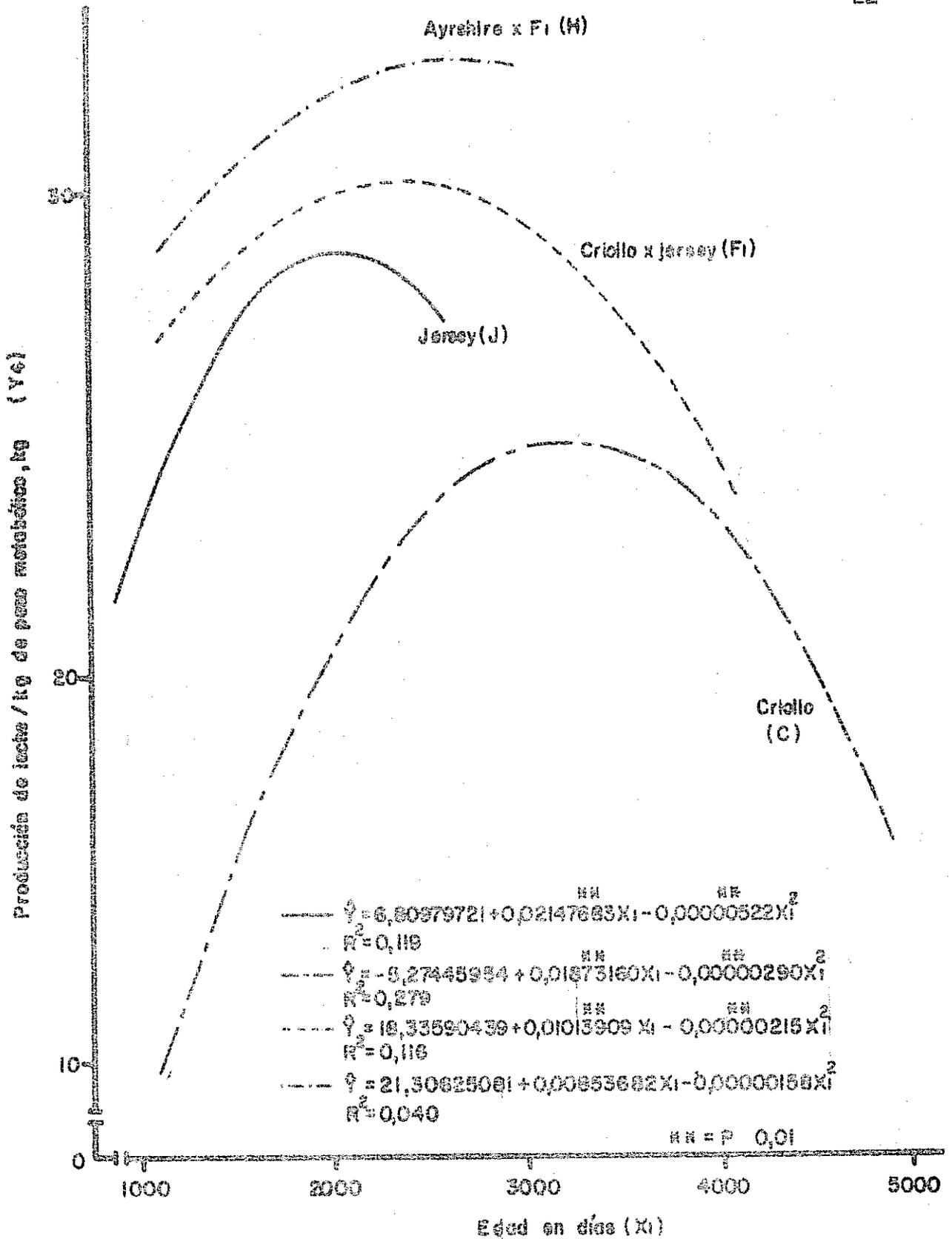


Fig. 4 Producción de leche/kilogramo de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas)

de no ser significativa, permite apreciar un mayor grado de eficiencia en la producción en relación a los otros grupos raciales, debido al efecto aditivo de la raza Ayrshire, mejor seleccionada para la producción de leche.

La tendencia de estos resultados concuerda con la de otros trabajos realizados con razas puras (50) y también con cruzamientos (12), pero difiere de los resultados obtenidos por Bodisco (2) y por Reaves (37), en ambos casos con razas puras, cuyas tendencias son ligeramente negativas. Estas diferencias de resultados pueden interpretarse como un efecto confundido entre diferencias de pesos, edades y factores genéticos de los grupos raciales en los estudios comparados.

#### 4.1.3 Producción en función al peso corporal

##### a) Producción real de leche por lactancia

Solamente en el grupo racial Criollo x Jersey se detectó efecto lineal y cuadrático significativo ( $P \leq 0,01$ ) del peso al parto sobre la producción de leche. La tendencia de producción (Fig 5), que inicia con 276 kg de peso corporal y 1747 kg de leche, se incrementa progresivamente hasta la máxima producción de 2072 kg de leche a los 357 kg de peso corporal. Luego declina paulatinamente con el aumento del peso corporal.

Estos resultados indican que la producción de leche en el grupo racial Criollo x Jersey puede incrementarse en 4 kg por cada kg de aumento de peso corporal hasta llegar al peso de máxima producción, que es 357 kg. Esto también indica que no siempre las

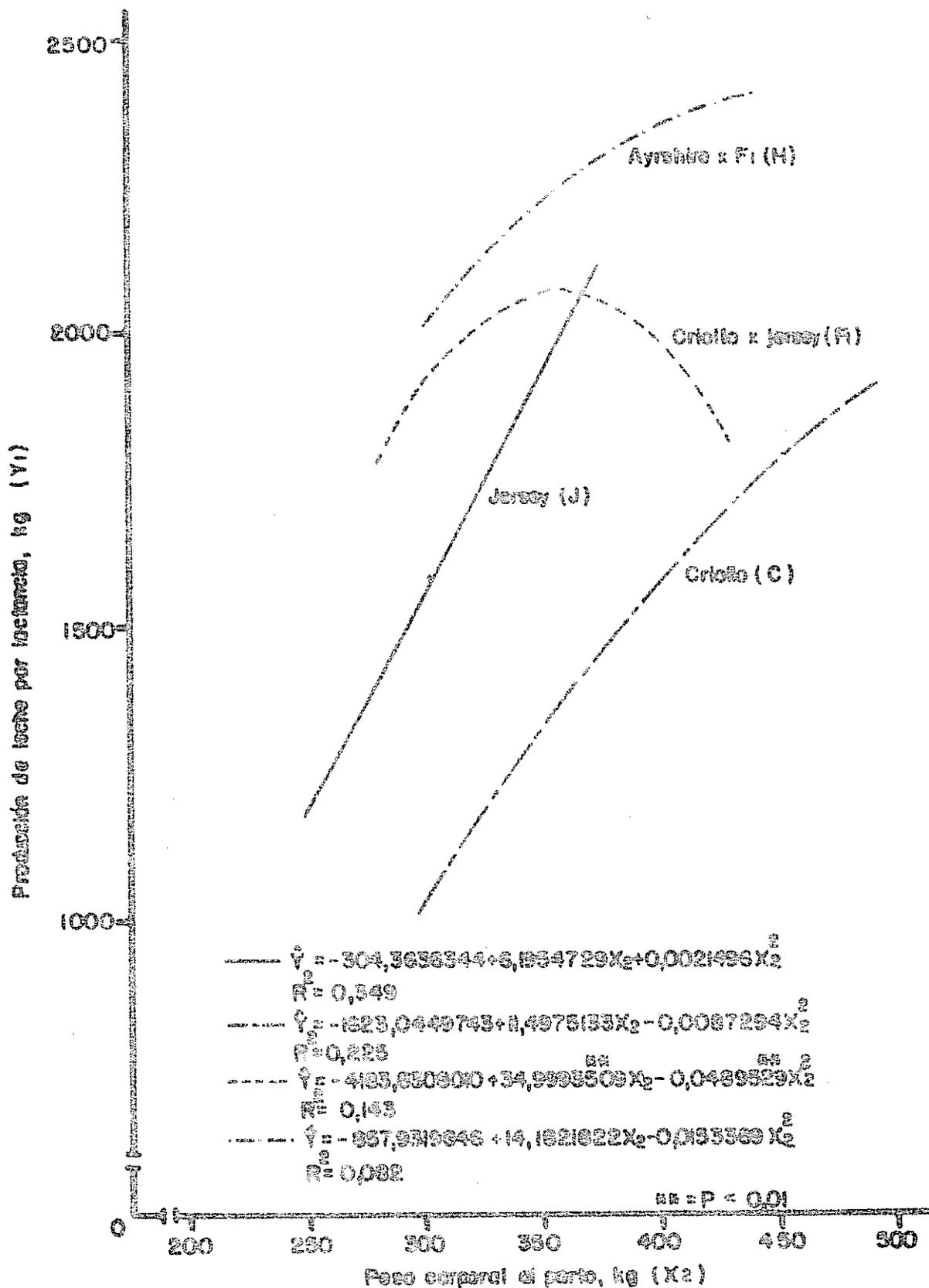


Fig. 5 Producción de leche en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre varías)

las vacas más pesadas son aquellas que más producen, puesto que a mayores pesos la producción tiende a declinar. Los mayores pesos corporales corresponden generalmente a edades mayores; por lo tanto, los efectos de edad y peso están confundidos y son difíciles de separar. Incrementos de 4 kg de leche por cada kg de aumento del peso corporal son reportados por Clark y Touchberry (6) en ganado Holstein.

Las tendencias de la producción de leche en función del peso al parto en los restantes grupos raciales, cuyos análisis no dieron resultados significativos, difieren en cada uno de los grupos raciales. En la Figura 5 puede apreciarse el efecto positivo y muy marcado en los grupos raciales puros y el menos intenso en los cruzados.

El efecto del peso al parto sobre la producción real de leche por lactancia, dentro de vacas en los grupos raciales, fue significativo lineal y cuadráticamente ( $P \leq 0,05$ ) sólo en los grupos raciales Jersey y Criollo x Jersey.

La tendencia de producción (Fig 6), en el Jersey muestra un efecto positivo muy acentuado del peso corporal sobre la producción real de leche. Inicia con niveles de producción bajos, continúa una ligera fase de incremento paulatino, para luego transformarse en muy pronunciado a medida que aumenta el peso corporal del animal. El máximo peso corporal promedio fue de 350 kg en el séptimo parto. El efecto positivo tan pronunciado del peso sobre la producción puede deberse en gran parte al tamaño pequeño que tienen estos animales y a su amplitud de variación. Los pesos

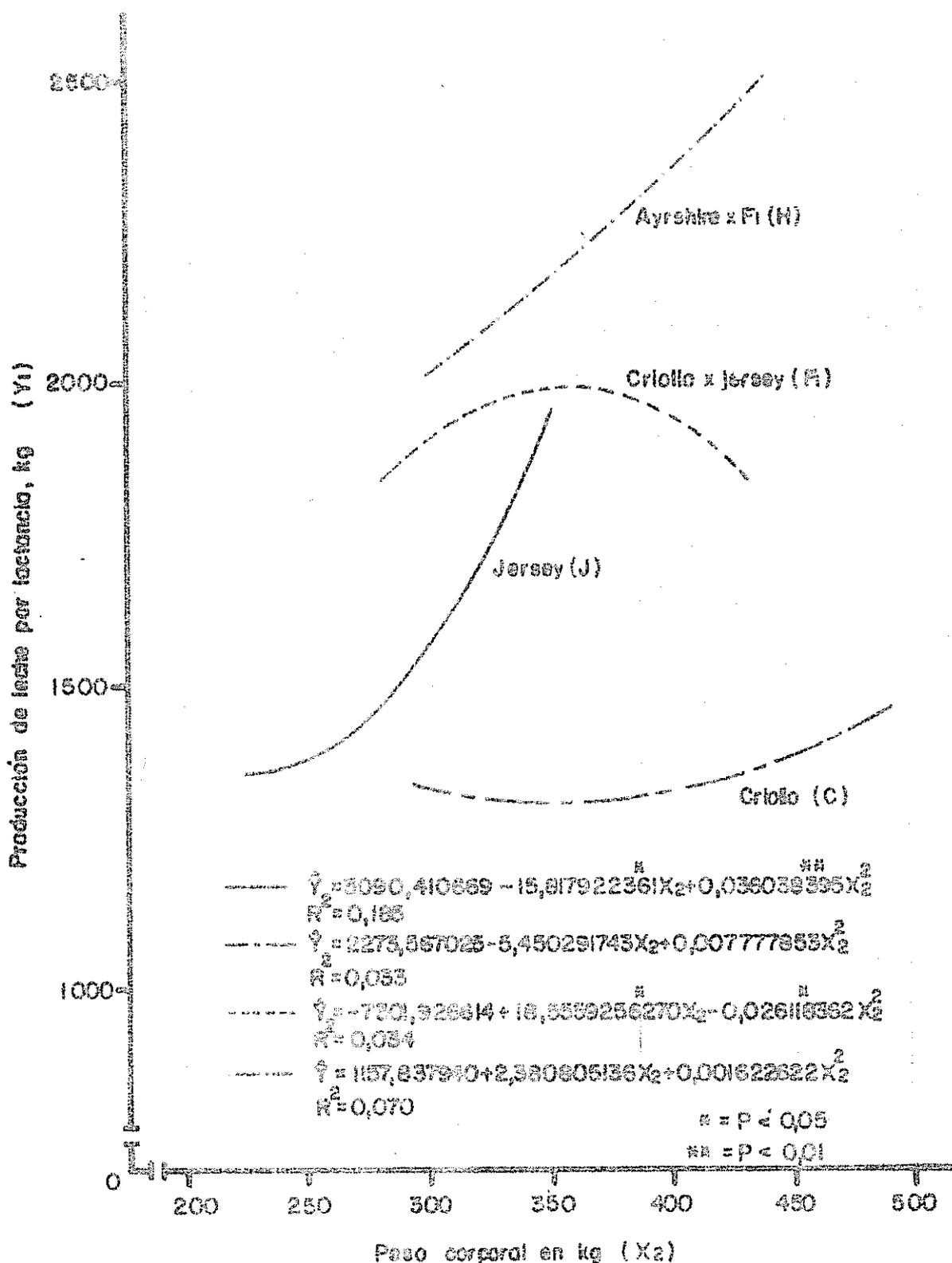


Fig. 6 Producción de leche en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intraclass)

alcanzados prácticamente no permiten evaluar el verdadero comportamiento productivo en relación al peso típico de esta raza, lo cual puede estar indicando que la producción podría mejorar si se aumenta el peso corporal de este grupo racial.

En cambio, la tendencia de la producción en el Criollo x Jersey es curvilínea típica similar pero de menor magnitud que la tendencia de producción entre clase presentada en la Figura 5. Esto significa que el efecto del peso es consistente en este grupo racial. Se aprecia el mismo efecto en el análisis entre vacas que dentro de vacas. Sólo se diferencia en su intensidad, que es mayor entre vacas que dentro de vacas.

Las tendencias no significativas del Criollo y Ayrshire x F1, también se incluyen en la Figura 6 y los resultados del análisis de regresión en el Cuadro 9A del apéndice.

#### b) Producción de leche/kg de peso metabólico

El efecto del peso al parto sobre la producción de leche/kg de peso metabólico, resultó significativo ( $P \leq 0,01$ ) solamente en el grupo racial Criollo x Jersey. La curva de producción relativa graficada en la Figura 7, sigue una tendencia negativa muy acentuada. A menores pesos corporales la producción es mayor y a medida que aumenta el peso corporal hay una ligera fase de incremento decreciente que alcanza muy rápido la máxima producción, para luego decrecer en forma muy pronunciada con el aumento del peso corporal del animal.

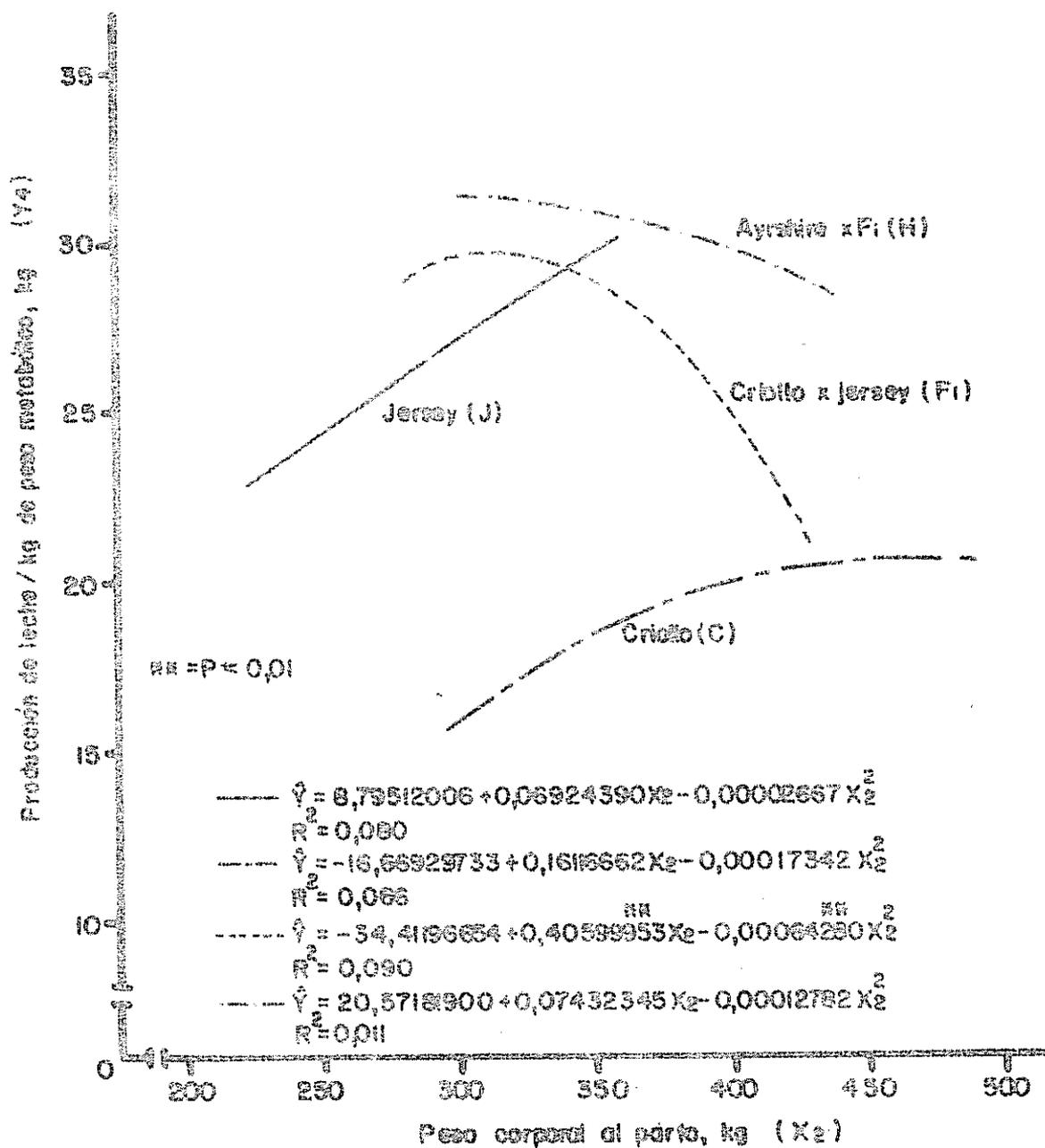


Fig. 7 Producción de leche/kilogramo de peso metabólico en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas)

Estos resultados indican que, la producción de leche por unidad de peso metabólico en el grupo Criollo x Jersey, disminuye progresivamente a medida que aumenta el peso corporal del animal. En el peso corporal de 315 kg se registro la máxima producción relativa de 29,7 kg de leche/kg de peso metabólico. Esta tendencia negativa de producción relativa, se asemeja a los resultados de mayor producción relativa de los animales livianos y menor producción de los animales pesados obtenidos por Novy (33) con ganado Pied Slovakian.

Las tendencias no significativas de la producción relativa de los otros grupos raciales estudiados, también se presentan en la Figura 7. Se puede apreciar la diferencia entre cada una de ellas, así como la similitud de la positividad de las tendencias correspondientes a los grupos puros y la negatividad en las de los grupos cruzados.

El efecto del peso al parto sobre la producción relativa de leche analizado dentro de vacas, fue lineal y cuadráticamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) sólo en el Jersey, a un nivel de confiabilidad ( $R^2 = 0,11$ ) bajo. La curva de producción relativa (Fig 8) que inicia con niveles productivos altos a pesos corporales livianos, disminuye progresivamente hasta una mínima producción para luego incrementar progresivamente con el aumento del peso corporal. Se puede apreciar que la magnitud de la variación entre los niveles de máxima y mínima producción es pequeña, por lo que, puede considerarse a la producción como de tendencia constante.

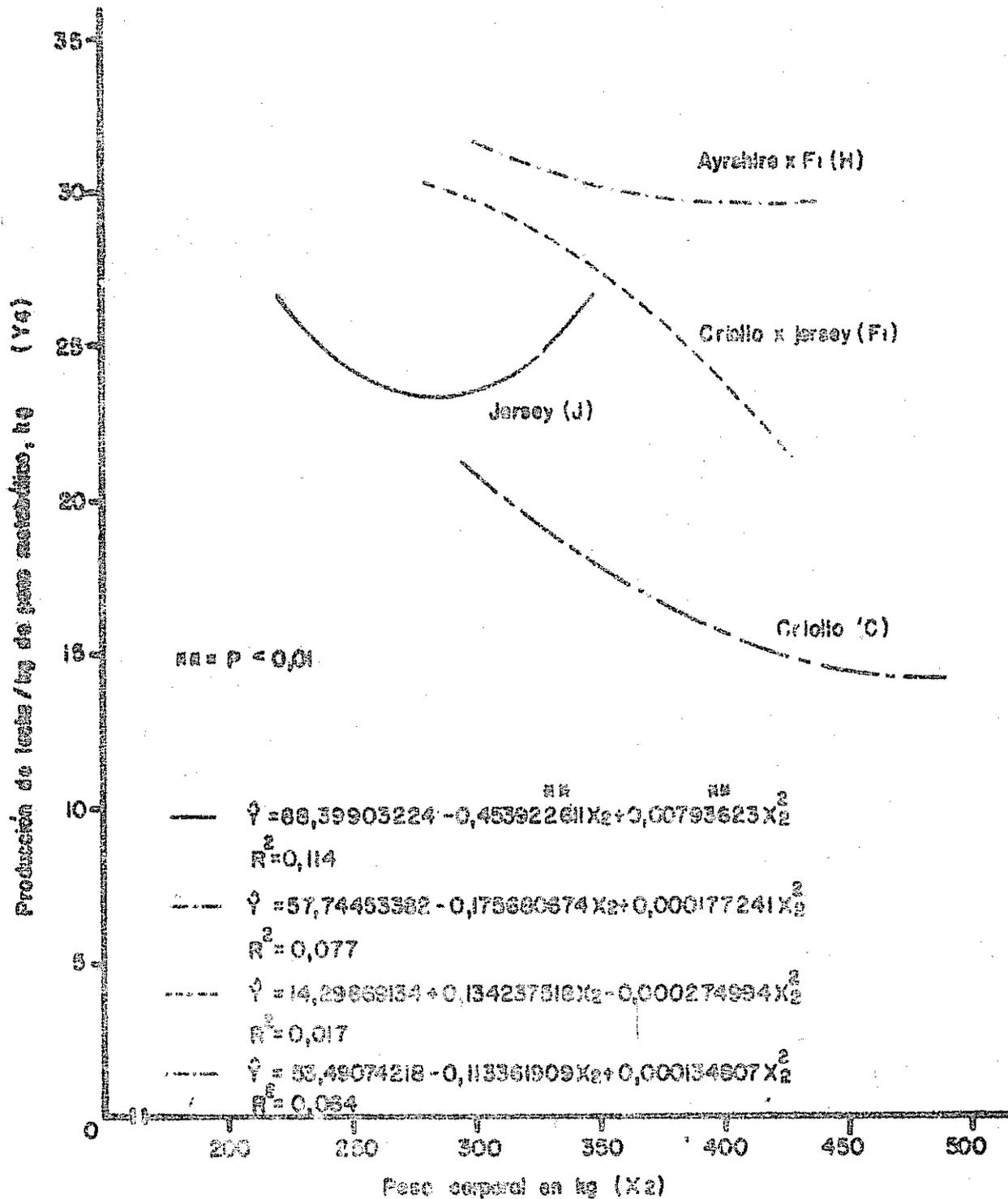


Fig. 8 Producción de leche / kilogramo de peso metabólico en función del peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intraracial)

Estos resultados difieren totalmente de los anteriores que corresponden al análisis entre vacas, cuya tendencia (Fig 7) fue positiva y de incremento constante. La diferencia tan marcada de los resultados puede estar indicando una mayor variación de los pesos corporales dentro de vacas que entre vacas, debido posiblemente a la falta de uniformidad en el manejo del hato a través de los años. La poca confiabilidad puede estar relacionada al reducido número de observaciones sobre todo de vacas con más de dos lactancias.

En los tres restantes grupos raciales, los resultados del análisis no fueron significativos. Sin embargo (Fig 8), se puede apreciar las marcadas tendencias negativas de la producción, presentadas por los grupos Criollo y Criollo x Jersey, así como la ligera negatividad de la tendencia del cruce rotacional.

#### 4.1.4 Influencia de la edad y el peso sobre la producción de leche

##### 4.1.4.1 Ganado Criollo

###### a) Producción real de leche por lactancia

Al analizar edad y pesos conjuntos sobre la producción de leche, se encontró un efecto lineal y cuadrático significativo ( $P \leq 0,01$ ) debido solamente a la edad. Los coeficientes de regresión estandarizados expresados en porcentajes (Cuadro 12A), demuestran que la edad es el factor de mayor influencia (62 %), sobre la variación de la producción

En las Figuras 9 y 1A se puede apreciar la variación de la producción de leche en el ganado Criollo, debido a

$$\hat{Y} = 68.7480702 + 1.7843072 X_1 - 6.5703042 X_2 - 0.0001797 X_1^2 + 0.015280 X_2^2 - 0.0018104 X_1 X_2$$

$$R^2 = 0.417$$

$$RR = P < 0.01$$

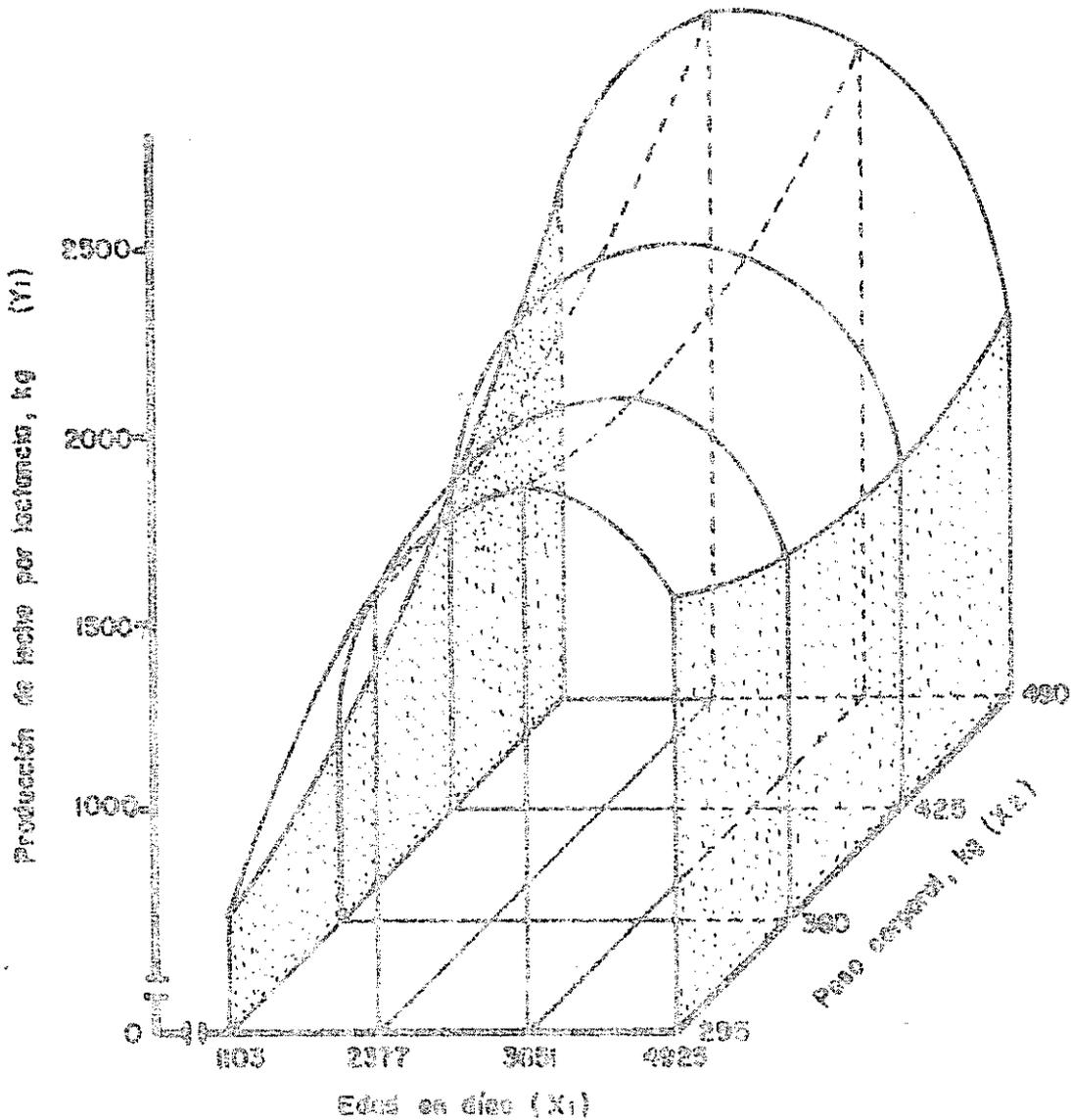


Fig. 9 Producción de leche en función de la edad y del peso corporal en el ganado criollo

la edad en diferentes categorías de pesos, aunque el efecto del peso no resultó significativo.

Al mantener constante el peso y variar la edad, se puede observar que los animales livianos inician la producción con poca cantidad de leche, se retardan en alcanzar la máxima producción y su fase de declinación es menos pronunciada, haciendo más consistente la producción. En cambio los animales pesados inician la producción con mayor cantidad de leche, son precoces en alcanzar la máxima producción, que es la mejor de todas, pero ésta declina temprano y a un ritmo muy pronunciado. Los animales de pesos intermedios muestran un comportamiento productivo promedio en relación a los extremos.

Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Farthing (11) con ganado Holstein y Jersey en Estados Unidos y por Oliveira (34) con Holstein en el Brasil. Las tendencias de estas producciones pueden ser comparables a las obtenidas por Schultz (42) con tres grupos de vacas Holstein sometidos a niveles de alimentación bajo, medio y alto durante cuatro lactancias consecutivas. Esto indica que el efecto de la edad sobre la producción no varía bajo condiciones de alimentación controlada.

#### b) Producción de leche/kg de peso metabólico

La producción relativa fue afectada significativamente ( $P \leq 0,01$ ) tanto lineal como cuadráticamente sólo por la edad, cuyo nivel de influencia, de acuerdo a los coeficientes de regresión estandarizados expresados en porcentajes (Cuadro 14A), llegó al 58,6 %.

Las Figuras 10 y 2A permiten observar la variación de la producción relativa debido a la edad en varias categorías de pesos corporales de ganado Criollo, donde el efecto del peso no fue significativo.

Si se mantiene fijo el peso y se varía la edad, se aprecia que los animales livianos tienen una producción relativa inicial muy pequeña, seguida de un incremento pronunciado que tardamente alcanza la mayor eficiencia productiva entre las categorías de pesos, para continuar con una tasa de declinación no muy pronunciada. En cambio, los animales pesados presentan una alta producción relativa inicial que muy pronto alcanza la máxima producción, la misma que es inferior a la obtenida por los animales livianos, para luego continuar con una fase de declinación muy pronunciada.

Los animales de peso intermedio, mantienen un comportamiento productivo medio en relación a los dos pesos anteriores. Estos resultados, si bien no fueron significativos en relación al peso, pueden interpretarse como que, los animales livianos (pequeños), biológicamente poseen mayor eficiencia productiva que los pesados. La tasa metabólica por unidad de peso disminuye sistemáticamente con el aumento del peso corporal (23).

#### 4.1.4.2 Cruce Criollo x Jersey

##### a) Producción real de leche por lactancia

El análisis estadístico, detectó efecto lineal y cuadrático significativo ( $P \leq 0,05$ ) solamente de la edad

$$\hat{Y} = 6,76523395 + 0,02617937 X_1 - 0,00112810 X_2 - 0,00000232 X_1^2 + 0,00023423 X_2^2 - 0,00002809 X_1 X_2$$

$$R^2 = 0,301$$

$$n \cdot n = P < 0,01$$

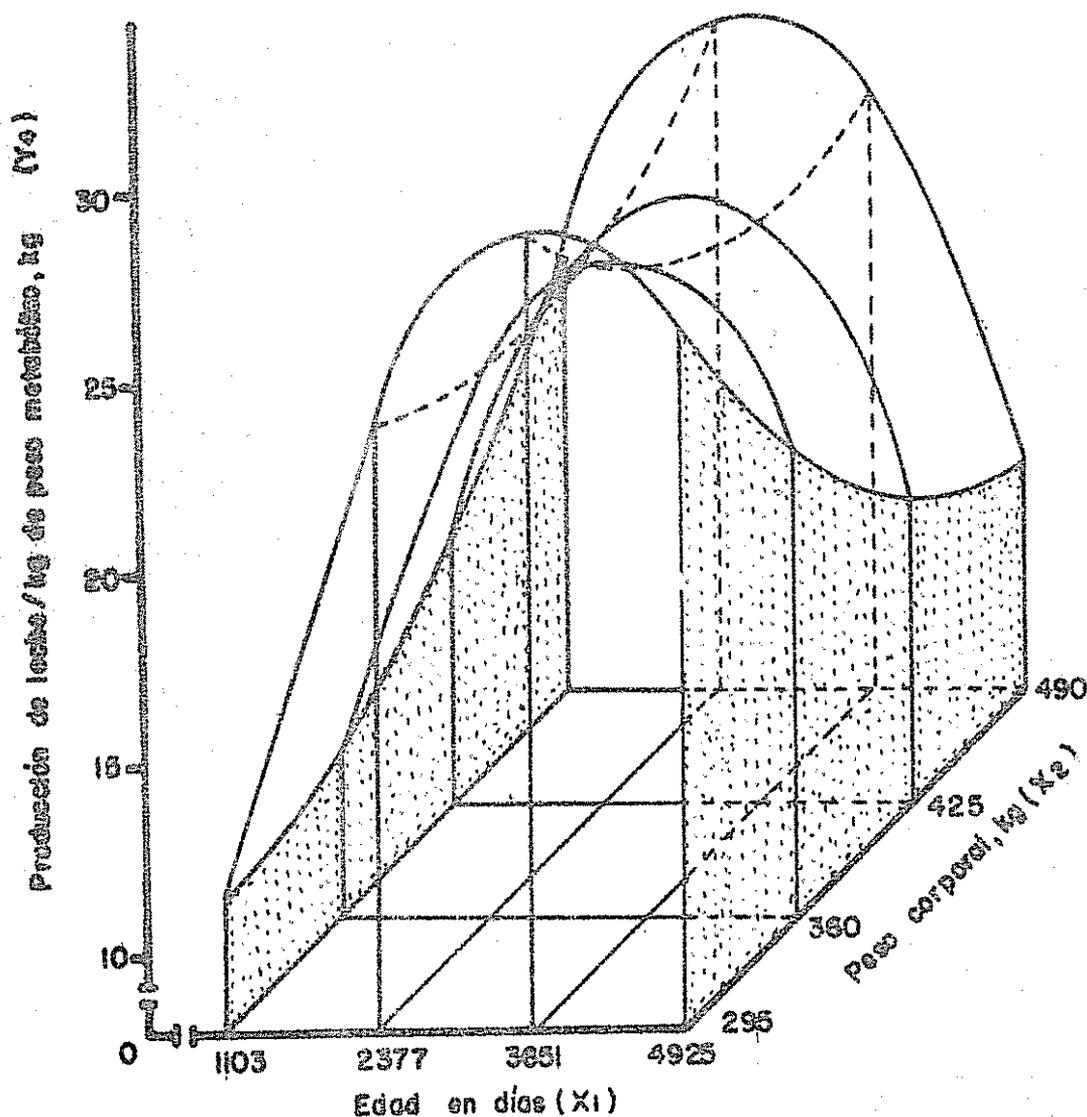


Fig. 10 Producción de leche/kilogramo de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el ganado criollo

sobre la producción real de leche, en el grupo racial Criollo x Jersey. El nivel de influencia de la edad, según los coeficientes de regresión estandarizados expresados en porcentajes (Cuadro 15A del apéndice), fue de 47,7 %.

En las Figuras 11 y 3A se puede apreciar la variación de la producción de leche debida a la edad, en las diferentes categorías de pesos corporales de este grupo racial, cuyo efecto del peso no fue significativo. La producción inicial de leche, en cada categoría de peso corporal mantiene una relación positiva. Cuanto mayor es el peso corporal inicial, mayor es la producción inicial. Al avanzar en edad y llegar a la etapa de máxima producción, ésta es alcanzada primero por los animales de mayor peso corporal, pero con menor cantidad, seguida por los de peso intermedio que obtienen la mejor producción y la más tardía por los de menor peso, con una cantidad intermedia. La fase de declinación es precoz y más pronunciada en los animales de mayor peso, seguida por los de peso intermedio; correspondiendo la más tardía y menos pronunciada a los de menor peso corporal. Lo que significa mayor consistencia en la producción total.

Estos resultados demuestran que, los animales que inician su vida productiva con pesos corporales altos, son muy precoces tanto en la fase de incremento como en la de disminución de la producción. En los livianos sucede lo contrario. También podría esperarse que, si las condiciones ambientales son iguales durante la vida productiva, la producción total de los animales livianos puede ser igual o ligeramente superior a la de los animales que inician su vida productiva con pesos corporales altos (42). Sin

$$\hat{Y} = -1944,0470824 + 1,1498012X_1 + 15,2369192X_2 - 0,0001199X_1^2 - 0,0171582X_2^2 - 0,0014112 X_1X_2$$

$$R^2 = 0,242$$

$$n = P < 0,05$$

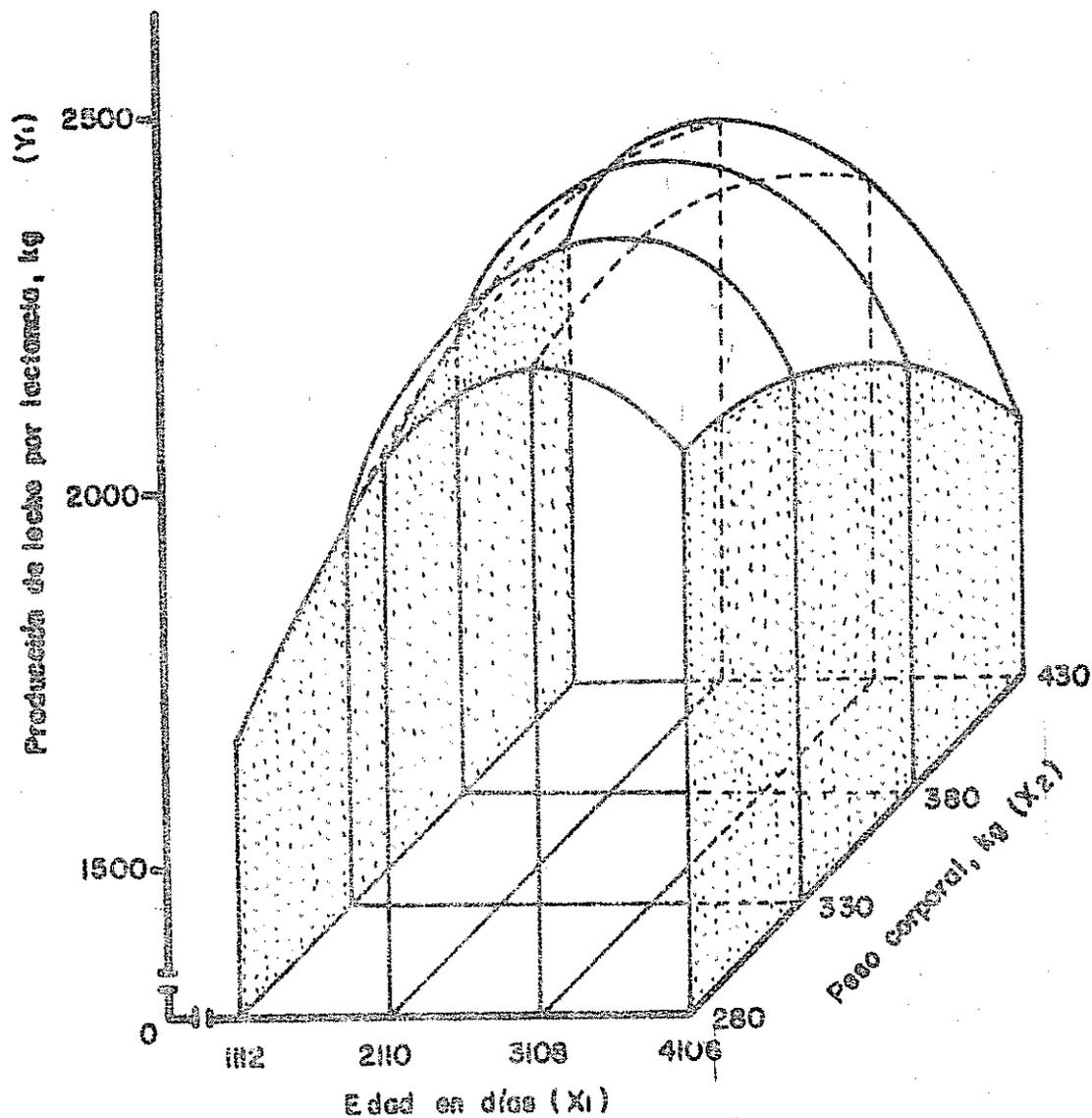


Fig. II Producción de leche en función de la edad y del peso corporal en el ganado cruzado criollo x jersey

embargo, hay que tomar en cuenta que estas interrelaciones están a veces confundidas con los efectos de la selección, lo cual dificulta su interpretación.

b) Producción de leche/kg de peso metabólico

El mayor efecto en la variación de la producción relativa de leche, en el ganado Criollo x Jersey fue debido a la edad ( $P \leq 0,05$ ), con una influencia del 55,6 % según los coeficientes de regresión estandarizados, expresados en porcentajes en el Cuadro 16A del apéndice.

En las Figuras 12 y 4A se presentan las variaciones de la producción relativa de leche debida a la edad, en las diferentes categorías de pesos corporales del cruce Criollo x Jersey. Se aprecia una variación bien definida; la mejor producción corresponde a los animales de menor peso corporal, la menor a los de mayor peso y los de peso promedio mantienen un comportamiento productivo intermedio. Estos resultados difieren de los correspondientes obtenidos para la producción real de este grupo racial, presentados en la Figura 11. Sin embargo, aunque el efecto del peso no resultó significativo, puede interpretarse como una tendencia de las vacas más pequeñas a comportarse con mayor eficiencia productiva que las vacas más pesadas.

4.1.4.3 Ganado Jersey y cruce Ayrshire x F1

En los grupos raciales Jersey y Ayrshire x F1, la influencia de la edad y peso conjunto sobre la producción de leche

$$\hat{Y} = -1,20399021 + 0,017113069X_1 + 0,11382131X_2 - 0,00000171X_1^2 - 0,00017432X_2^2 - 0,00002159X_1X_2$$

$$R^2 = 0,191$$

$$F = P < 0,05$$

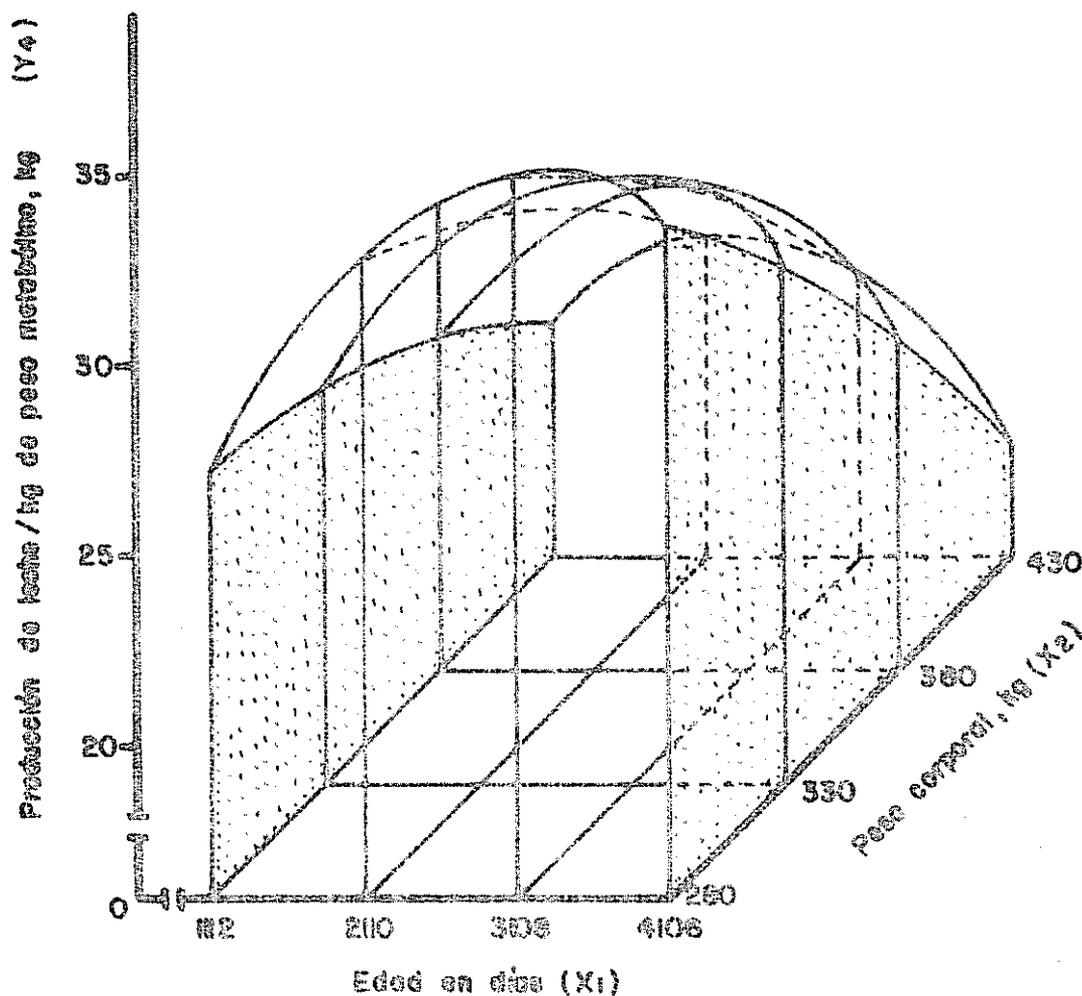


Fig. 12 Producción de leche/kilogramo de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el ganado cruzado criollo x jersey

che real y relativa no fue consistente, sobre todo en cuanto al efecto de edad, en comparación a los resultados obtenidos cuando se analizó por separado el efecto de edad y peso sobre las formas de producción. Este hecho puede deberse a la falta de información, fundamentalmente en un rango más amplio de edad de los animales. El período de estudios sólo involucró datos hasta la séptima lactancia para estos dos grupos raciales, en tanto que, para el Criollo x Jersey y el Criollo, la información abarcó hasta la duodécima y décimatercera lactancias, respectivamente. Además, en el caso del Jersey, los pesos corporales de las vacas están muy lejos de los tipos de la raza, lo que hace suponer que a estos animales les falta mayor peso.

Los resultados del análisis de regresión cuadrática múltiple se pueden observar en los Cuadros 13A, 14 A, 15A y 16A del apéndice.

#### 4.2 Producción de grasa

La producción de grasa presentó una alta correlación fenotípica positiva con la producción de leche, ya sea al considerarse como producción real, por kg de peso vivo o por kg de peso metabólico. Los valores de las correlaciones se presentan en el Cuadro 3.

Los valores de las correlaciones correspondientes a los valores reales de producción de leche y grasa son comparables a los obtenidos por Vaccaro (47) con ganado Holstein en el Perú.

Cuadro 3. Correlaciones fenotípicas simples entre producciones de leche y grasa en sus valores reales y relativos en los grupos raciales

GRUPO RACIAL	LECHE Y GRASA		
	Producción total	Producción/kg de peso vivo	Producción/kg de peso metabólico
JERSEY (J)	0,93	0,94	0,92
CRIOLLO (C)	0,96	0,96	0,96
CRIOLLO x JERSEY (F1)	0,86	0,86	0,86
AYRSHIRE x F1 (H)	0,91	0,92	0,91

Los resultados de edad y peso en forma individual, y de los dos factores en conjunto, presentaron los mismos efectos que los encontrados para leche (Cuadros 17A, 18A, 19A y 20A del apéndice). Las tendencias de producción también fueron similares. Esto significa que las dos producciones, leche y grasa, están estrecha y positivamente relacionadas.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en las condiciones del presente estudio permiten concluir lo siguiente:

1. La producción de leche puede mejorarse, utilizando los cruces rotacionales, que permiten aprovechar mejor los efectos de heterosis y aditividad.
2. El ganado Criollo debe utilizarse en los cruzamientos, para aprovechar la heterosis y la tendencia a mantener una producción aceptable aún a edades avanzadas.
3. La edad tiene mayor influencia sobre la producción de leche que el peso, por lo que deberá darse menor importancia al peso del animal en la selección.
4. Para una evaluación más real y confiable del comportamiento productivo de los grupos raciales, futuras investigaciones deben incluir: a) grupos raciales de mayor tamaño, b) rangos amplios de edad en todos los grupos y c) índices de reproducción, abortos y mortalidad.

## 6. RESUMEN

Para evaluar el comportamiento productivo lechero de cuatro grupos raciales en ambiente tropical húmedo, en base a edad y peso al parto, y desarrollar criterios para la selección del ganado lechero a fin de mejorar su productividad, se utilizaron los datos del hato lechero del Programa de Producción Animal del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, entre los años de 1972 y 1977.

El estudio se hizo con edades, pesos y lactancias sin ajustes de 62 vacas Jersey (J), 52 Criollas (C), 59 Criollo x Jersey (F1) y 84 Ayrshire x F1 (H). Los promedios de producción de leche fueron 1494, 1352, 1913 y 2177 kg para J, C, F1 y H, respectivamente, a los 1449, 2377, 2110 y 2724 días de edad promedio. Los pesos corporales promedio al parto fueron 263, 360, 329, 249 kg para las mismas razas, con valores extremos de 178 y 380, 232 y 519, 220 y 459, 230 y 511 en J, C, F1 y H, respectivamente.

La edad afectó significativamente ( $P \leq 0,01$ ) a la producción real en todos los grupos raciales. Las máximas producciones promedio (curvas de producción) alcanzadas fueron 1878, 1962, 2133 y 2490 kg de leche, a los 2332, 3352, 2737 y 2830 días de edad. Los incrementos de la producción real desde la primera lactancia hasta la edad de maduración corporal fueron 32, 53, 26, 23 % para J, C, F1 y H, respectivamente. En el análisis intraclase, el efecto de edad sobre la producción real fue significativo ( $P \leq 0,01$ ) sólo en el F1 ( $R^2 = 0,05$ ), con tendencia de producción ligeramente negativa. La magnitud de la tendencia indicó menor variación de la producción dentro de vacas que entre vacas.

A excepción del grupo H, el efecto de edad fue significativo ( $P \leq 0,01$ ) sobre la producción/kg de peso metabólico. En el orden usual los promedios de producción relativa fueron 25, 18, 28 y 31 kg. Las producciones relativas máximas fueron 28, 25, 30 y 33 kg de leche a los 2057, 3229, 2357 y 2701 días de edad, con incrementos de la producción relativa desde la primera lactancia hasta la edad adulta de 20, 45, 13 y 12 % para los grupos J, C, F1 y H, respectivamente.

El efecto del peso al parto sobre la producción real y sobre la de leche/kg de peso metabólico fue significativo ( $P \leq 0,01$ ) sólo en el grupo F1. En el F1 se detectó un incremento de 4 kg de leche por cada kg de aumento de peso corporal hasta el peso de máxima producción (375 kg), y una tendencia negativa en la producción de leche/kg de peso metabólico. La máxima producción relativa fue de 29,7 kg a los 315 kg de peso corporal. Dentro de vacas el efecto del peso corporal sobre la producción real fue significativo ( $P \leq 0,01$ ) en los grupos J y F1. La tendencia de producción en el J fue notablemente positiva. En el F1 fue similar y de menor magnitud que la correspondiente entre clase. En el análisis intraclase, la tendencia de la producción/kg de peso metabólico en función del peso corporal fue significativa ( $P \leq 0,01$ ) sólo en el J, con una magnitud de variación tan pequeña en la tendencia que se la consideró como constante.

La edad antes que el peso, fue el factor de mayor influencia en la producción real y relativa de los grupos raciales. Los coeficientes de regresión parcial estandarizados indican que la edad tiene una influencia relativa de 62 % y 58 % sobre la producción

real y relativa en el C. Estimaciones comparables de 48 % y 56 % fueron encontradas en el F1.

La producción de grasa tuvo valores altos de correlaciones fenotípicas en relación a la producción de leche. Los valores de las correlaciones para la producción real fueron 0,93, 0,96, 0,86 y 0,91 y para la producción/kg de peso metabólico 0,92, 0,96, 0,86 y 0,91, respectivamente, en cada caso, para J, C, F1 y H.

De los resultados obtenidos se puede concluir:

- La producción de leche puede mejorarse, utilizando los cruces rotacionales, que permiten aprovechar mejor los efectos de heterosis y aditividad.
- El ganado Criollo debe utilizarse en los cruzamientos, para aprovechar la heterosis y la tendencia a mantener una producción aceptable aún a edades avanzadas.
- La edad, tiene mayor influencia sobre la producción de leche que el peso, por lo que, deberá darse menor importancia al peso del animal en la selección.

## 7. SUMMARY

An evaluation of the milk productivity, under humid tropical conditions, of four breed-groups based on age and weight at calving was made to develop selection criteria for dairy cattle for the purpose of improving productivity. Data was used from the dairy herd of the Animal Production Program of CATIE, Turrialba, Costa Rica, representing the period 1972 through 1977.

The study involved unadjusted lactation records with corresponding ages and weights of 62 Jerseys (J), 52 Criollos (C), 59 Criollo x Jersey (F1) and 84 Ayrshire x F1 (H). Average lactation productions were 1494, 1352, 1913 and 2177 kg for J, C, F1 and H, respectively, at average ages of 1449, 2377, 2110 and 2724 days. Body weights at calving were 263, 360, 329 and 349 kg with corresponding ranges of 178-380, 232-519, 220-459 and 230-511 kg for J, C, F1, and H groups, respectively.

Age showed a significant ( $P \leq 0,01$ ) effect on actual production in all breed groups. Average maximum productions (from quadratic regression curve) reached 1978, 1962, 2133 and 2490 kg milk at corresponding ages of 2332, 3352, 2737 and 2830 days. Increases of actual production (from first lactation to maturity) were 32, 53, 26, and 23 % for the J, C, F1 and H groups, respectively. In the intra-class analysis (within cows), the effect of age on actual production was significant ( $P \leq 0,01$ ) only in the F1 group ( $R^2 = 0,05$ ), and the tendency was slightly negative. The magnitude of the tendency indicated less variation in production, with age, within cows than between cows.

Excluding the group H, age was significantly associated ( $P \leq 0.01$ ) with production/kg of metabolic weight. Breed group averages for relative production (milk/metabolic wt) were 25, 18, 28 and 31 kg in the usual order. The relative production maximums were 28, 25, 30 and 33 kg (milk/ unit metabolic weight) corresponding to 2057, 3229, 2357 and 2701 days age, for the breed groups J, C, F1, and H, respectively. For this characteristic the corresponding increases from first lactation to adult age was 20, 45, 13 and 12 % for the respective groups.

The effect of weight at calving on actual and relative milk production was significant ( $P \leq 0.01$ ) only in the group F1. In the F1 an increment of 4 kg milk per kg increase in body weight (up to a maximum weight of 375 kg) was detected; the tendency of relative production was negative. The maximum relative production was 29.7 kg at 315 kg bodyweight. Within cows the effect of weight on actual milk production was significant ( $P \leq 0.01$ ) in groups J, and F1. The tendency of production in the J was notably positive and in the F1 positive, but less accentuated. In the intraclass analysis, the relative production as a function of bodyweight was significant ( $P \leq 0.01$ ) only in group J although the amplitude of variation was very narrow and of little importance.

Age was much more important than weight as factors influencing actual or relative production in the various breed groups. Standard partial regression coefficients indicated that age was associated with 62 % and 58 % of the variation in actual and relative production, respectively, in group C. Comparable estimations in the F1

were 48 % and 56 %.

Lactation fat production was highly correlated, phenotypically, with milk production. Based on actual production, these correlations were 0.93, 0.96, 0.86 and 0.91 in the respective groups J, C, F1 and H, whereas in relative production in the same groups the correlations were 0.92, 0.96, 0.86 and 0.91, respectively.

Based on these results, the following conclusions were made:

- Milk production can be improved utilizing rotational crosses which take advantage of both heterosis and additive breed differences.
- The Criollo is useful in crossbreeding due to apparent heterosis and the tendency to remain productive at advanced ages.
- Age has a greater effect on milk production than does body weight and therefore weight should not be an important factor in selection.

## 8. LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, J.R. Evaluación de 25 años de selección en un hato lechero del trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1975. 53p.
2. BODISCO, V., et al. Cuatro lactancias consecutivas en vacas Criollas y Pardo Suizas en Maracay Venezuela. Memoria ALPA (Mexico) 3:61-76. 1968.
3. BRANTON, C. y STONE, E.J. The interrelationship among age, body weight and milk production of Holstein Friesian cows in Louisiana. Compendiado en Journal of Animal Science 16:1068. 1957.
4. BUTENDIECK, B.M., et.al. Effect of weight on reproductive performance and milk production of heifers mated at an early age. Agricultura Técnica 37(4):155-161. 1977. Compendiado en Dairy Science Abstracts 40(5):259. 1978
5. CIBULA, H. y PLESNIK, J. Milk production of crossbreds of Slovakian Pinzgau with Ayrshire cattle. Pol'nohospodárstvo 25(2):173-186. 1979. Compendiado en Animal Breeding Abstracts 47(9):515. 1979.
6. CLARK, R.D. y TUOCHBERRY, R.W. Effect of body weight and age calving on milk production in Holstein cattle. Journal of Dairy Science Abstracts 45:1500. 1962.
7. DAUPHIN, G.B. 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 Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 38 p.
8. ERB, N.E. Relationships between weight and yield of dairy cows. Journal of Dairy Science 43(6):872. 1960.
9. ----- y ABMORPH, V.S. Relationships between age, body weight and yield of dairy cows. Journal of Dairy Science 44:515. 1961.
10. FAGGI, D.H., DELLA NEA, J.C. y VEGA, L.M. Efecto del peso del cuerpo y edad al primer parto en la producción de vacas Holando. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7a, Panamá, 1979. p. irr.
11. FARTHING, B.R. y LEGATES, J.E. Relation between weight and production in dairy cattle. Journal of Dairy Science 41:747. 1958.

12. FASKO, J. Improving dairy performance by the use of Jersey cattle. Vedecké Práce Vyskumnehó Ustavu Zivocisnej Vyroby v Nitre no. 15:41-49. 1977. Compendiado en Dairy Science Abstracts 40(8):421. 1978.
13. GABRIS, J., DOBOS, M. y TIMKO, L. The relationships between milk production, body weight and body measurements of dairy cows. Zivocisnej Vyroba 23(3):183-189. 1978. Compendiado en Animal Breeding Abstracts 47(5):231. 1979.
14. GOLIKOVA, A.P. The effect of age on protein and fat content of the milk of Russian Brown Cows. Vsesoyuznyi Sel'skokhozyaistvennyi Institut Zaochnogo Otrazovaniya no. 103: 27-28. 1975. Compendiado en Dairy Science Abstract 38(12):808.
15. GOPAL, D., BHATNAGAR, D.S. Effect of age at first calving and first lactation yield of life time production in Sahival cattle. Indian Council of Agricultural Research 1971:57-58. Compendiado en Animal Breeding Abstracts 41(9):438. 1973.
16. HAFEZ, E.S. Adaptación de los animales domésticos. Trad. por Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, Acribia, 1960. 585 p.
17. HAMMOND, J. Avances en fisiología zootécnica. Zaragoza, Acribia, 1959. v. 1, 686 p.
18. -----. Avances en fisiología zootécnica. Las bases fundamentales de la producción animal. La Habana, Edición Revolucionaria, 1966. v. 2, 1330 p.
19. HARVILLE, D.A. y HENDERSON, C.R. Interrelationships among age, body weight and production traits during first lactation of dairy cattle. Journal of Dairy Science 49:1254-1261. 1966
20. HICKMAN, C.G., et al. Influence of body size during lactation of level of milk production. Canadian Journal Animal Science 51(2):317-325. 1971.
21. JANICKI, C. Milk and fat yields of cows with long herd life. Roczniki Akademi Rolniczej w Poznaniu no. 66:77-83. 1973. Compendiado en Dairy Science Abstracts 37(1):3. 1975.
22. KAPUR, I.S., SHARMA, D.D. Performance of Jersey cattle in India. Maryana Veterinarian 11(2):27-29. 1972. Compendiado en Dairy Science Abstracts 39(3):131. 1977.
23. KLEIBER, H. Bioenergética animal. Trad. por Sanches Viscaíno y Roberto Smilg Manasse. Zaragoza, Acribia, 1972. 428 p.

24. LIEBENBERG, O., KOBE, H. y ROSS, K. Investigation of the relationships between performance and body weight in German Black Pied cattle at selected farms in the Halle region. *Archiv für Tierzucht* 18(2):93-108. 1975. Compendiado en *Dairy Science Abstracts* 38(3):154. 1976.
25. McDOWELL, R.E. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Trad. por Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, Acribia, 1975. 692 p.
26. -----, HOOVEN, H.W. y CANOENS, J.K. Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. *Journal of Dairy Science* 59(5):965. 1976.
27. MEINI, G. Ajuste para edad y peso en producción de leche en Criollo Centroamericano. Tesis Mañ. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 35 p.
28. MILLER, R.H. y MCGILLIARD, L.D. Relations between weight at first calving and milk production during the first lactation *Journal of Dairy Science* 42:1932-1943. 1959.
29. ----- . Biases in the estimation of the regression of milk production on age. *Journal of Dairy Science* 47:855. 1964.
30. MORRIS, C.A. y WILTON, J.W. Influence of body size on the biological efficiency of cows. A. Review. *Canadian Journal of Animal Science* 56(4):613-647. 1976.
31. NENADOVIC, M., ZDRAVKOVIC, J. y LAZAREVIC, L. Effect of lactation number and age on milk yield of Yugoslav Pied cows. *Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu* 24(27):79-86. 1976. Compendiado en *Dairy Science Abstracts* 38(12):808. 1976
32. NGERE, L.O., et al. Factors influencing milk yield of Hariana cattle. *Journal of Animal Science* 36(3): 457. 1973.
33. NOVÝ, J. Variability of body weight of cows and its relationships to milk production taking into consideration phenotypic groups for polymorphic biochemical traits. *Acta Zootechnica Universitatis Agriculturae Nitra* no. 31:37-48. 1976. Compendiado en *Dairy Science Abstracts* 39(12):777. 1977.
34. OLIVEIRA, F.H. DE., et al. Environmental factors affecting milk yield in a Holstein Friesian herd. *Arquivos da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais* 29(1) 69-76. 1977. Compendiado en *Dairy Science Abstracts* 40 (4):200. 1978.

35. PLANAS, N.T., RODRIGUEZ, R. y BEROVIDES, V. Comportamiento productivo de hembras F1 Cebú x Holstein. Memoria, ALPA 11:46-47, 1976.
36. RAMIREZ, S.G. DE y MARTINES, N.D. Efecto de algunos factores ambientales sobre la producción de leche. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7a, Panamá, 1979. p. irr.
37. REAVES, C.W. Factores lucrativos de manejo basados en resultados de estudios de registros en hatos lecheros en El Salvador. In Conferencia Anual sobre ganadería y Avicultura en América Latina, 2a, Gainesville, Fla. 1975. p. irr.
38. RIBAS, M., PONCE DE LEON, R. y PORTAL, N. Preliminary study on non-genetic factors and correlations in milk and fat production in Holstein in Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science 12(3):217-224. 1978. Compendiado en Animal Breeding Abstracts 47(7):376. 1979.
39. RODRIGUEZ, F., et al. Efecto de la edad sobre la producción de leche en Holstein. Memoria ALPA (Mexico) 11:47. 1976.
40. SATTARZADE, R.Kh. y BAIRANOV, V.A. The relationships of live weight with milk production in cows. Trudy Azerbaidzhanskogo Sel'skokhozyaistvennogo Instituta, Seriya Zootekhnii no. 1:53-54. 1975. Compendiado en Animal Breeding Abstracts 46(7):370. 1978.
41. SCHMIDT, G.H. y VAN VLECK, L.D. Bases científicas de la producción lechera. Trad. por Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, Acribia, 1975. 583 p.
42. SCHULTZ, L.H. Relationship rearing rate of dairy heifers to mature performance. Journal of Dairy Science 52(8):1321-1329. 1969.
43. SMITH, V.R. Fisiología de la lactancia; factores fisiológicos que afectan la lactancia. Trad. por Melchor Cadena. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1962. 282p.
44. S'RTMADZHIEV, Kh. Relationship between live weight and milk yield in Bulgarian Brown cows. Zhivotnov'dni Nauki 14(7): 23-27. 1977. Compendiado en Dairy Science Abstracts 41(9):541. 1979.
45. TOUCHBEKRY, R.W. A comparison of the general merits of purebred and crossbred dairy cattle resulting from twenty years (four generations) of crossbreeding. In Optimum Methods of cattle Breeding for Increasing Meat and Dairy Producti n. Warsaw, 1978. Proceedings, Warsaw, 1978. pp. 107-140.

46. TURNER, C.W. The relation between weight and fat production of Guernsey cattle. *Journal of Dairy Science* 12:60-73. 1929.
47. VACCARO, R., PALLETE, A. y CORDERO, A. Parámetros fenotípicos de vacunos Holstein de la cuenca lechera de Lima. In *Reunión Latinoamericana de Producción Animal*, 7a, Panamá, 1979. p. irr.
48. VASIL'EV, V.F., et al. Productive characteristics of 3/8 Jersey cows. *Trudy Belorusskogo Nauchno-issledovatel'skogo Instituta Zhivotnovodstva* 9:15-22. 1970. Compendiado en *Dairy Science Abstracts* 37(1):3. 1975.
49. VERDE, O. Características productivas de un rebaño mestizo Pardo Suizo. In *Reunión Latinoamericana de Producción Animal*, 7a, Panamá, 1979. p. irr.
50. VSYAKIKH, A.B. y DUNAIEV, L.I. Comparison of the productivity of Ayrshire and Kholmogor cattle. *Doklady Usesoyuznoĭ Ordena Lenina Akademii Sel'skokhozyaĭstvennykh Nauk imeni* 1(3):24-26. 1976. Compendiado en *Dairy Science Abstracts* 40(1):16. 1978.
51. WILCOX, C.F. Comparación del valor genético del ganado para leche en zonas tropicales templadas. In *Conferencia Anual sobre Ganadería y Avicultura en América Latina*, 7a, Gainesville, Fla, 1975. p. irr.

## 9. APENDICE

Cuadro 1A. Edad, peso y producción promedio por partos en el Grupo racial Jersey

VARIABLES	PARTOS							Σ
	1	2	3	4	5	6	7	
Número de lactancias	57	28	14	12	9	3	2	125
VARIABLES INDEPENDIENTES								
Edad (días)	997	1403	1766	2009	2406	2787	3059	1449
Peso vivo (kg)	237	267	290	305	317	280	348	265
Peso metabólico (kg)	54	59	62	65	67	61	71	58
VARIABLES DEPENDIENTES								
Producción de leche por lactancia (kg)	1201	1587	1904	1798	1884	1432	2183	1494
Producción de grasa por lactancia (kg)	50	69	84	75	78	55	87	63
Producción relativa (kg)								
Leche/kg de peso vivo	5,05	5,97	6,64	5,92	5,90	4,85	6,18	5,58
Leche/kg de peso metabólico	22,06	26,95	30,60	27,79	28,03	22,56	30,21	25,24
Grasa/kg de peso vivo	0,20	0,25	0,29	0,24	0,24	0,18	0,24	0,23
Grasa/kg de peso metabólico	0,91	1,17	1,36	1,16	1,15	0,87	0,21	1,06

Cuadro 2A. Edad, peso y producción promedio por partos en el grupo racial Criollo

VARIABLES	PARTOS													Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
NO	40	14	10	6	6	7	6	6	5	5	3	2	1	111
VI														
X <sub>1</sub> (días)	1251	1631	1973	2274	2744	3182	3535	3932	4158	4550	4813	5274	5531	2377
X <sub>2</sub> (kg)	307	352	375	364	371	395	410	428	455	423	422	444	431	360
X <sub>3</sub> (kg)	65	72	75	74	73	78	80	83	84	82	82	85	84	73
VD														
Y <sub>1</sub> (kg)	735	1656	1778	1745	1728	1875	1771	1918	1724	1564	1311	1099	1013	1352
Y <sub>2</sub> (kg)	51	69	73	71	71	75	66	78	71	63	55	48	51	56
PR (kg)	-													
Y <sub>3</sub>	2,37	4,81	4,80	4,81	4,78	4,71	4,46	4,55	3,97	3,72	3,11	2,46	2,35	3,69
Y <sub>4</sub>	11,16	23,32	23,77	23,60	23,58	23,71	22,39	23,28	20,55	28,98	15,95	12,83	12,05	18,17
Y <sub>5</sub>	0,09	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,16	0,18	0,16	0,15	0,12	0,10	0,11	0,14
Y <sub>6</sub>	0,48	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,83	0,94	0,85	0,77	0,67	0,56	0,60	0,75

NO = Número de lactancias, VI = Variables independientes, X<sub>1</sub> = Edad en días, X<sub>2</sub> = Peso vivo en kg, X<sub>3</sub> = Peso meta metabólico en kg, VD = Variables dependientes, Y<sub>1</sub> = Producción de leche por lactancia en kg, Y<sub>2</sub> = Producción de Grasa por lactancia en kg, PR = Producción relativa en kg, Y<sub>3</sub> = Leche/kg de peso vivo, Y<sub>4</sub> = Leche/kg de peso metabólico, Y<sub>5</sub> = Grasa/kg de peso vivo, Y<sub>6</sub> = Grasa/kg de peso metabólico

Cuadro 3A. Edad, peso y producción promedio por partos en el grupo racial Criollo x Jersey

VARIABLES	PARTOS												Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Nº	37	28	23	22	20	14	11	8	6	5	2	1	177
VI													
X <sub>1</sub> (días)	995	1362	1764	2075	2482	2831	3200	3551	3941	4270	4717	5071	2110
X <sub>2</sub> (kg)	276	307	326	334	345	363	373	380	381	388	409	408	329
X <sub>3</sub> (kg)	60	65	68	69	71	73	75	76	76	77	80	80	68
VD													
Y <sub>1</sub> (kg)	1512	1949	1998	2198	2014	2187	2129	1813	1769	1971	1365	1798	1913
Y <sub>2</sub> (kg)	66	85	84	93	85	95	90	70	71	84	56	89	81
PR (kg)													
Y <sub>3</sub>	5,45	6,38	6,20	6,62	5,91	6,07	5,74	4,82	4,64	5,18	3,33	4,40	5,85
Y <sub>4</sub>	24,93	29,96	29,51	31,77	28,58	29,73	28,38	23,99	23,16	25,82	16,95	22,47	28,00
Y <sub>5</sub>	0,23	0,27	0,25	0,27	0,24	0,26	0,23	0,18	0,18	0,22	0,13	0,21	0,24
Y <sub>6</sub>	1,09	1,31	1,23	1,34	1,20	1,30	1,19	0,95	0,92	1,10	0,68	1,11	1,19

Nº = Número de lactancias, VI = Variables independientes, X<sub>1</sub> = Edad en días, X<sub>2</sub> = Peso vivo en kg,  
 X<sub>3</sub> = Peso metabólico en kg, VD = Variables dependientes, Y<sub>1</sub> = Producción de leche por lactancia en kg,  
 Y<sub>2</sub> = Producción de grasa por lactancia en kg, PR = Producción relativa en kg, Y<sub>3</sub> = Leche/kg de peso vivo,  
 Y<sub>4</sub> = Leche/kg de peso metabólico, Y<sub>5</sub> = Grasa/kg de peso vivo, Y<sub>6</sub> = Grasa/kg de peso metabólico

Cuadro 4A. Edad, peso y producción promedio por partos en el grupo racial Ayrshire x F1

	P A R T O S							$\bar{X}$
	1	2	3	4	5	6	7	
V A R I A B L E S								
Número de lactancias	76	52	39	31	20	13	4	235
VARIABLES INDEPENDIENTES								
Edad (días)	1112	1480	1860	2223	2583	2905	3199	1724
Peso vivo (kg)	317	339	360	365	371	385	379	345
Peso metabólico (kg)	66	70	73	74	74	77	76	71
VARIABLES DEPENDIENTES								
Producción de leche por lactancia (kg)	1879	2158	2336	2382	2470	2560	2245	2177
Producción de grasa por lactancia (kg)	74	86	92	93	100	105	99	86
Producción relativa (kg)								
Leche/kg de peso vivo	5,97	6,41	6,53	6,57	6,76	6,68	5,94	6,35
Leche/kg de peso metabólico	28,21	30,86	32,00	32,33	33,34	33,30	29,44	30,71
Grasa/kg de peso vivo	0,23	0,25	0,25	0,25	0,26	0,27	0,25	0,25
Grasa/kg de peso metabólico	1,11	1,23	1,25	1,26	1,35	1,36	1,30	1,22

Cuadro 5A. Producción de leche en función de la edad en los distintos grupos raciales  
(análisis entre vacas)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	34,9814767	1,5714549**	0,3784886	-0,0003366**	0,0001079	0,260
(C)	-713,5162777	1,5963908**	0,2219613	-0,0002381**	0,0000378	0,391
(F1)	766,5172963	1,0282453**	0,1538999	-0,0001878**	0,0000301	0,210
(H)	922,3849546	1,1081434**	0,3483752	-0,0001958*	0,0000897	0,162

Cuadro 6A. Producción de leche en función de la edad en los distintos grupos raciales  
(análisis intraclase)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	1309,282231	0,232264862	0,215566377	-0,000062353	0,000058982	0,009
(C)	1497,300169	0,043659827	0,200865929	-0,000034270	0,000028711	0,102
(F1)	1610,890298	0,340437653*	0,134042729	-0,000076341**	0,000025702	0,052
(H)	1608,163450	0,430910222	0,240720325	-0,000051871	0,000060730	0,120

(J) = Jersey (C) = Criollo (F1) = Criollo x Jersey (H) = Ayrshire x F1  
EE = Error estandar

Cuadro 7A. Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	6,80979721	0,02147683**	0,00639634	-0,00000522**	0,00000182	0,119
(C)	5,27445954	0,01873160**	0,00312090	-0,00000290**	0,00000053	0,279
(F1)	18,33590439	0,01013900**	0,00236601	-0,00000215**	0,00000046	0,116
(H)	21,30625081	0,00853682	0,00520111	-0,00000158	0,00000134	0,040

Cuadro 8A. Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales (análisis intraclass)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	30,75382728	-0,004976855	0,003354483	0,000000700	0,000000917	0,085
(C)	24,96602730	-0,003220187	0,002720955	0,000000119	0,000000388	0,085
(F1)	31,08129694	-0,001120664	0,001915342	-0,000000131	0,000000367	0,010
(H)	28,79397273	0,001234588	0,003422039	-0,000000063	0,000000863	0,010

(J) = Jersey (C) = Criollo (F1) = Criollo x Jersey (H) = Ayrshire x F1

EE = Error estandar

Cuadro 9A. Producción de leche en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	- 304,3636344	6,1954729	9,9149287	0,0021496	0,0181350	0,349
(C)	-1623,0449743	11,4975133	3,5953108	-0,0087294	0,0115000	0,225
(F1)	-4183,2308010	34,9993509**	7,8990950	-0,0489529**	0,0118322	0,143
(H)	- 857,9319846	14,1821822	7,5198178	-0,0153369	0,0105881	0,082

Cuadro 10A. Producción de leche en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intraclase)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	3090,410669	-15,817922361*	6,326321647	0,036030395**	0,012575016	0,165
(C)	2273,567025	- 5,450291743	9,567756232	0,007777355	0,013032464	0,003
(F1)	-1301,926614	18,559256270	3,474751207	-0,026118362*	0,012873734	0,034
(H)	1157,837940	2,38080805136	6,939273053	0,001622622	0,009974256	0,070

(J) = Jersey (C) = Criollo (F1) = Criollo x Jersey (H) = Ayrshire x F1

EE = Error estandar

Cuadro 11A. Producción de leche/kg de peso metabólico en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis entre vacas)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	8,79512006	0,06924390	0,18259087	-0,00002667	0,00033397	0,080
(C)	-16,66929753	0,16116662	0,12190144	-0,00017342	0,00016423	0,066
(F1)	-34,41196654	0,40599953**	0,11829454	-0,00064280	0,00017719	0,090
(H)	20,57181900	0,07432345	0,10887515	-0,00012782	0,00015330	0,011

Cuadro 12A. Producción de leche/kg de peso metabólico en función al peso corporal en los distintos grupos raciales (análisis intracriolado)

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	88,39903224	-0,453922611**	0,116964983	0,000793623**	0,000212278	0,114
(C)	57,74453382	-0,175680674	0,120928340	0,000177241	0,000168236	0,077
(F1)	14,29869134	-0,113361909	0,095700746	0,000134807	0,000137556	0,017
(H)	53,49074218	0,134237518	0,118988974	0,000274994	0,000180752	0,064

(J) = Jersey (C) = Criollo (F1) = Criollo x Jersey (H) = Ayrshire x F1

EE = Error estandar

Cuadro 13A. Producción de leche en función de la edad y el peso en los grupos raciales Jersey y Criollo

COEFICIENTES DE REGRESION 1/				ERROR ESTANDAR
PARCIAL	ESTANDARIZADO	%		
<u>Jersey</u> $R^2 = 0,389^{**}$				
b 0	-300,9468863	-----	-----	-----
b 1	0,7035420	0,7670577	25,73	0,6238740
b 2	3,0305259	0,2433789	8,16	12,0798274
b 3	- 0,0003203*	-1,2242857	41,08	0,0001320
b 4	0,0003637	0,0159703	0,53	0,0276112
b 5	0,0018037	0,7293709	24,47	0,0028108
<u>Criollo</u> $R^2 = 0,417^{**}$				
b 0	-98,7490702	-----	-----	-----
b 1	1,7843072**	3,2548624	38,74	0,3752629
b 2	- 6,5709042	-0,6118729	7,28	9,4039310
b 3	- 0,0001797**	-1,9207561	22,86	0,0000514
b 4	0 0,0175280	1,2114868	14,42	0,0157427
b 5	- 0,0016104	-1,4018622	16,69	0,0012602

$$\underline{1/} \quad \hat{Y}_1 = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

donde:

$X_1$  = Edad al parto en días

$X_2$  = Peso vivo al parto en kg

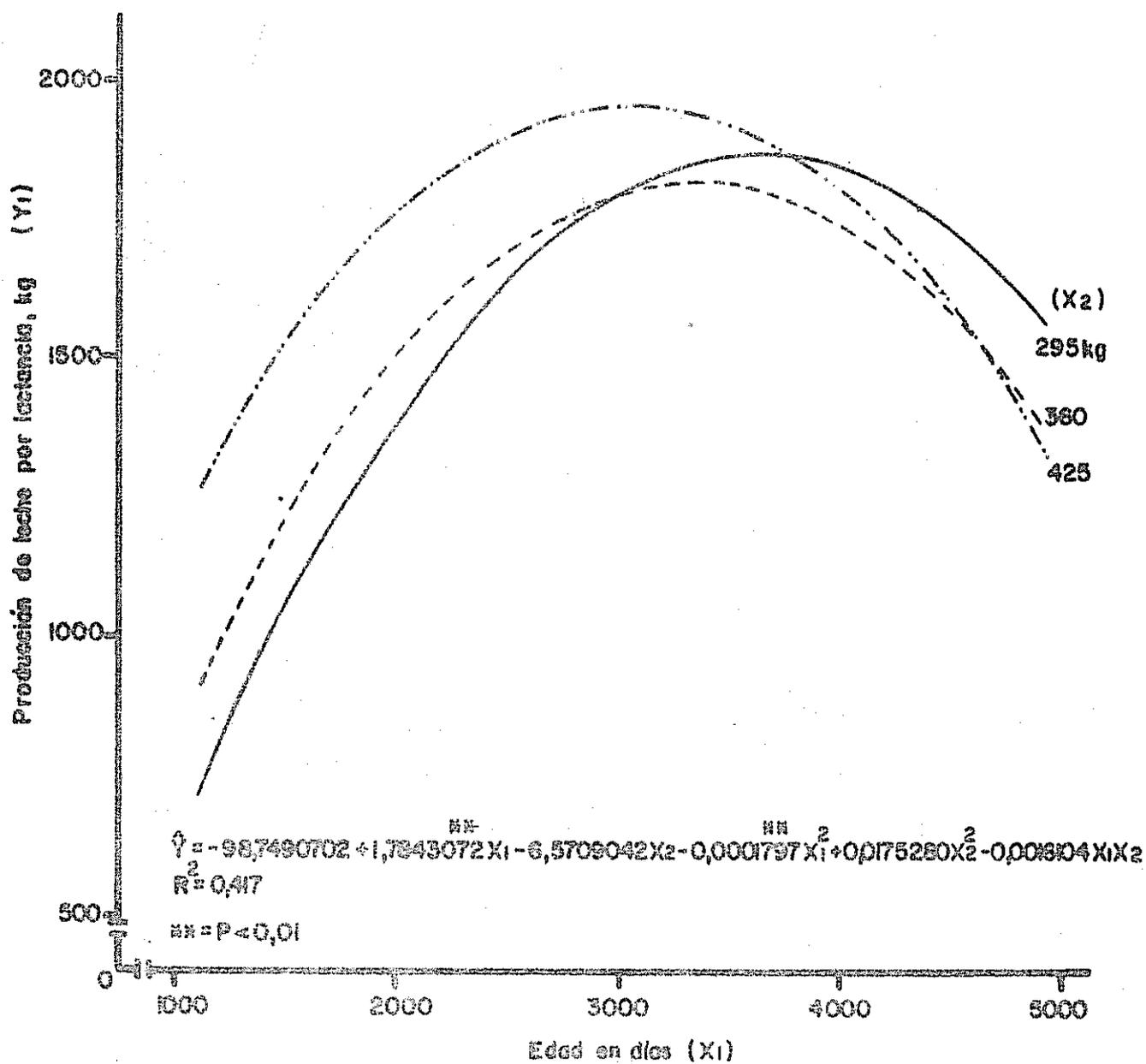


Fig. 1A Producción de leche en función de la edad y del peso corporal en el ganado criollo

Cuadro 14A. Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y el peso en los grupos raciales Jersey y Criollo

COEFICIENTES DE REGRESION $\frac{1}{}$				ERROR ESTANDAR
PARCIAL	ESTANDARIZADO	%		
<u>Jersey</u> $R^2 = 0,137^{**}$				
b 0	9,49653923	-----	-----	-----
b 1	0,01388267	0,97750148	29,47	0,01147907
b 2	0,00094287	0,00489017	0,15	0,22226478
b 3	-0,00000591*	-1,45902402	43,98	0,00000242
b 4	-0,00003216	-0,09120988	2,75	0,00050803
b 5	0,00003004	0,78461980	23,65	0,00005171
<u>Criollo</u> $R^2 = 0,301^{**}$				
b 0	6,78523395	-----	-----	-----
b 1	0,02617967**	3,69650474	38,61	0,00530894
b 2	-0,11112810	-0,80098429	8,36	0,13303983
b 3	-0,00000232**	-1,91913332	20,05	0,00000072
b 4	0,00023623	1,26384973	13,20	0,00022271
b 5	-0,00002809	-1,89276537	19,77	0,00001782

$$\frac{1}{\hat{Y}_4} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

donde:

$X_1$  = Edad al parto en días

$X_2$  = Peso vivo al parto en kg

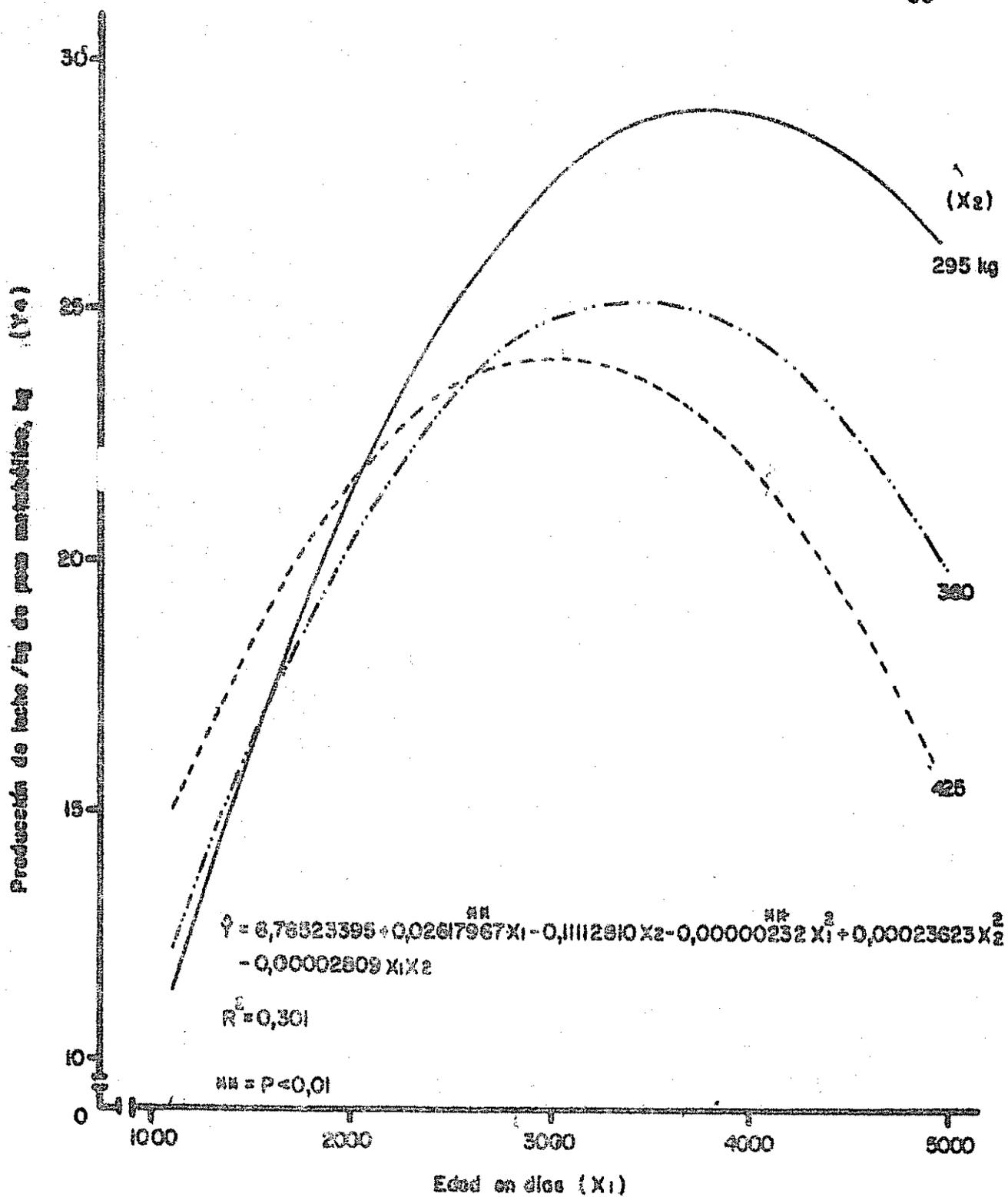


Fig.2A Producción de leche /kilogramo de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el ganado criollo

Cuadro 15A. Producción de leche en función de la edad y el peso en los grupos raciales Criollo x Jersey y Ayrshire x F1

COEFICIENTES DE REGRESION <sup>1/</sup>				ERRO <sup>r</sup> ESTANDAR
PARCIAL	ESTANDARIZADO	%		
<u>Criollo x Jersey</u> $R^2 = 0,242^{**}$				
b 0	-1944,0470824	-----	-----	-----
b 1	1,1498012	2,2986025	31,12	0,5057874
b 2	15,2369192	1,5138658	20,49	11,7020988
b 3	- 0,0001199*	-1,2334521	16,56	0,0000603
b 4	- 0,0171582	-1,1380873	15,14	0,0228838
b 5	- 0,0014112	-1,2110825	16,39	0,0021050
<u>Ayrshire x F1</u> $R^2 = 0,186^{**}$				
b 0	694,8577833	-----	-----	-----
b 1	2,1431419 <sup>oo</sup>	2,2804310	37,04	0,6294038
b 2	- 4,2809976	-0,3480092	5,65	8,5615768
b 3	- 0,0000038	-0,0158542	0,26	0,0001167
b 4	0,0195649	1,1295655	18,35	0,0153059
b 5	- 0,0050690 <sup>o</sup>	-2,3823263	38,69	0,0021851

$$1/ \hat{Y}_1 = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

donde:

$X_1$  = Edad al parto en días

$X_2$  = Peso vivo al parto en kg

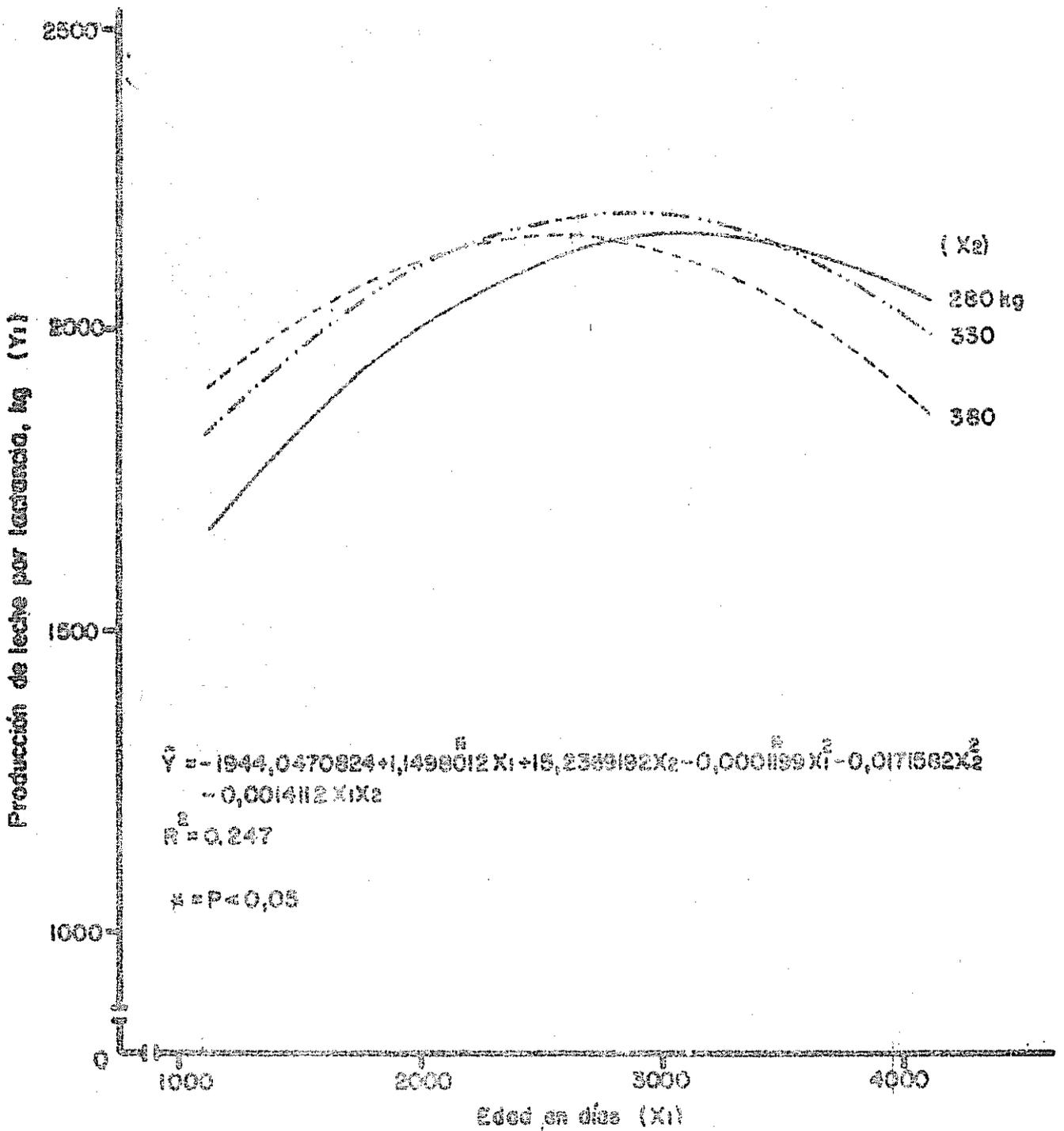


Fig.3A Producción de leche en función de la edad y del peso corporal en el ganado cruzado criollo x jersey

Cuadro 16A. Producción de leche/kg de peso metabólico en función de la edad y el peso en los grupos raciales Griollo x Jersey y Ayrshire x F1

COEFICIENTES DE REGRESION $\frac{1}{\hat{y}}$				ERROE ESTANDAR
PARCIAL	ESTANDARIZADO	%		
Griollo x Jersey $R^2 = 0,190$				
b 0	-1,20899021	-----	-----	-----
b 1	0,01713089*	2,35683375	36,78	0,00759720
b 2	0,11382431	0,77825450	12,15	0,17577175
b 3	-0,00000171*	-1,20103147	18,35	0,00000090
b 4	-0,00017432	-0,79572910	12,42	0,00034372
b 5	-0,00002158	-1,27506220	19,90	0,00003161
Ayrshire x F1 $R^2 = 0,127$				
b 0	43,78646278	-----	-----	-----
b 1	0,03269252**	2,49752772	31,12	0,00908983
b 2	-0,20504139	-1,19477766	14,91	0,12364608
b 3	-0,00000003	0,01045060	0,13	0,00000168
b 4	0,00040585	1,67959110	20,95	0,00022104
b 5	-0,00007822*	-2,63517093	32,88	0,00003155

$$\frac{1}{\hat{y}} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

donde:

$X_1$  = Edad al parto en días

$X_2$  = Peso vivo al parto en kg.

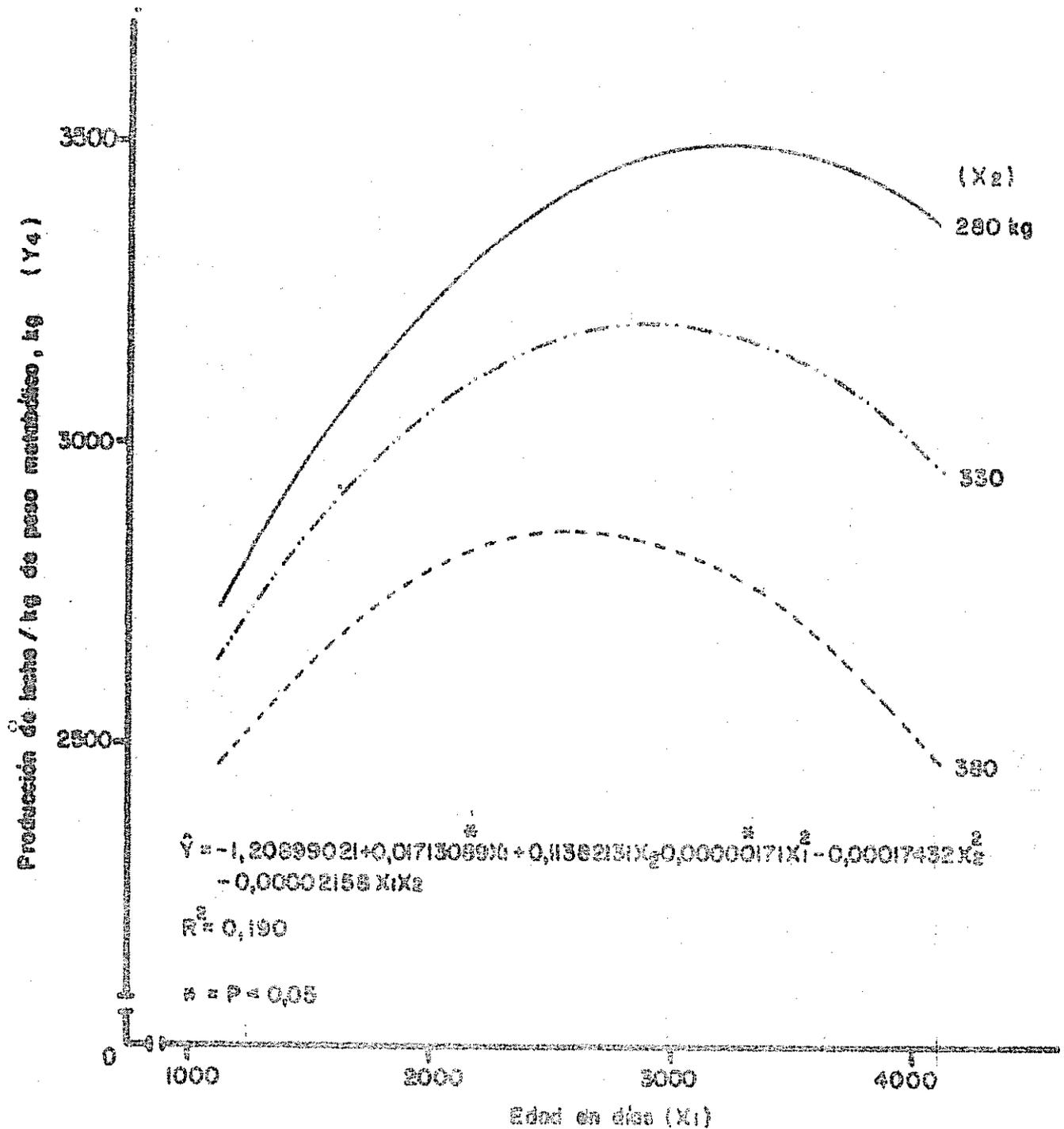


Fig.4A Producción de leche / litrogramo de peso metabólico en función de la edad y del peso corporal en el genotipo cruzado criollo x jersey

Cuadro 17A. Producción de grasa en función de la edad en los distintos grupos raciales

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	-10,54201800	0,08450568**	0,01695099	-0,00001992**	0,000000483	0,254
(C)	-20,14133144	0,05858079**	0,00999912	-0,00000866**	0,000000170	0,306
(F1)	41,20061480	0,03732774**	0,00774648	-0,00000698**	0,000000151	0,118
(H)	44,48343199	0,03379827*	0,01391146	-0,00000472	0,000000358	0,178

Cuadro 18A. Producción de grasa/kg de peso metabólico en función de la edad en los distintos grupos raciales

GRUPO RACIAL	bo	b1	EE	b2	EE	R <sup>2</sup>
(J)	0,09384639	0,00118930**	0,00028313	-0,00000030**	0,000000008	0,142
(C)	-0,09600935	0,00067592**	0,00014007	-0,00000010**	0,000000002	0,202
(F1)	0,90705843	0,00033391**	0,00011761	-0,000000007**	0,000000002	0,202
(H)	0,94777501	0,00020108	0,00020305	-0,000000002	0,000000005	0,051

(J) = Jersey (C) = Criollo (F1) = Criollo x Jersey (H) = Ayrshire  $\pi$ F1  
 EE = Error estandar

Cuadro 19A. Producción de grasa en función al peso corporal en los distintos grupos raciales

GRUPO RACIAL	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	EE	b <sub>2</sub>	EE	R <sup>2</sup>
(J)	- 89,31895679	0,84178626	0,45259189	-0,00097652	0,00082782	0,319
(C)	- 70,29187935	0,51053188	0,37137888	-0,00042966	0,00050034	0,187
(F1)	-175,23338583	1,49158646**	0,38511426	-0,00211018	0,00057686	0,103
(H)	- 50,74480585	0,64349702	0,29952128	-0,00069615	0,00042173	0,104

Cuadro 20A. Producción de grasa/kg de peso metabólico en función al peso corporal en los distintos grupos raciales

GRUPO RACIAL	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	EE	b <sub>2</sub>	EE	R <sup>2</sup>
(J)	-0,86399662	0,01218374	0,00816517	-0,00001801	0,00001493	0,086
(C)	-0,67685036	0,00681787	0,00524977	-0,00000766	0,00000707	0,048
(F1)	-1,54970879	0,01806948**	0,00576626	-0,00002889**	0,00000863	0,084
(H)	0,58607913	0,00403339	0,00428346	-0,00000624	0,00000603	0,007

(J) = Jersey (C) = Criollo (F1) = Criollo x Jersey (H) = Ayrshire x F1

EE = Error estandar