

ASPECTOS GENETICO—FISIOLOGICOS DEL CRECIMIENTO
EN GANADO DE CARNE EN EL TROPICO

Tesis de Grado Magister Scientiae

Gerardo J. Bailón Ariza



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ganadería Tropical
Turrialba, Costa Rica
Agosto, 1974

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos

AGRADECIMIENTO

El autor agradece:

Al Dr. Héctor Muñoz, Consejero Principal, por su colaboración y confianza.

Al Dr. Oliver Deaton, profesor y amigo.

A los Doctores Karel Vohnout y Jorge Soria, por sus enseñanzas.

A la Universidad Nacional Agraria de La Selva, Tingo María, por el apoyo brindado para realizar sus estudios de postgrado.

A la Dirección Regional para la Zona Andina del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, por la ayuda recibida para sus estudios.

BIOGRAFIA

El autor nació en Tingo María, Perú. Realizó sus estudios primarios en la escuela fiscal #1121 y sus estudios secundarios en el Colegio Particular Padre Abad, en la misma ciudad.

En 1971 se graduó de Ingeniero Zootecnista en la Universidad Nacional Agraria de La Selva, ingresando a esta misma Universidad, en el mismo año, como docente para el Departamento de Ciencias Pecuarias.

En setiembre de 1972 ingresó como estudiante graduado al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios de postgrado en el Departamento de Ganadería Tropical, egresando en agosto de 1974.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos fisiológicos del crecimiento	3
2.2 Aspectos genéticos del crecimiento	5
3. MATERIALES Y METODOS	8
3.1 Localización del estudio	8
3.2 Recolección de los datos	8
3.3 Análisis de los datos	8
3.3.1 Medidas de crecimiento	8
3.3.2 Determinación de los índices de herencia	12
4. RESULTADOS Y DISCUSION	14
4.1 Crecimiento	14
4.2 Tasa absoluta de crecimiento	24
4.3 Tasa relativa de crecimiento	31
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	40
5a. SUMMARY AND CONCLUSIONS	42
6. LITERATURA CITADA	44

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Grupos raciales del estudio	9
2	Número de animales al primer parto	9
3	Número de animales por grupo racial	12
4	Valores de los parámetros para la función logística	16
5	Análisis de variancia para los parámetros "C" y "AC" en la función logística	16
6	Peso y edad al punto de inflexión para la curva de crecimiento deducido de la función logística	18
7	Pesos estimados por la función logística para la curva de crecimiento	19
8	Análisis de variancia para pesos adultos y al punto de inflexión estimados por la función logística	19
9	Pesos estimados por la función lineal. Hembras	21
10	Pesos estimados por la función lineal. Machos	22
11	Indices de herencia para peso corporal	23
12	Tasa absoluta de crecimiento deducidos de la función logística y expresados en kg/día	26
13	Punto máximo para la tasa absoluta de crecimiento deducido de la función logística	28
14	Tasa absoluta de crecimiento deducido de la función lineal. Kg/día	28
15	Análisis de variancia para tasa de crecimiento absoluto deducidos de la función lineal. Kg/día ..	29
16	Tasa relativa de crecimiento deducido de la función logística. Hembras. g/día/kpv	31

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
17	Tasa relativa de crecimiento deducido de la función lineal. Hembras. g/día/kpv	37
18	Tasa relativa de crecimiento deducido de la función lineal. Machos. g/día/kpv	37
19	Índice de herencia para tasa relativa de crecimiento	38
20	Índices de herencia combinados	38

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1	Curva de crecimiento. Hembras.	15
2	Tasa absoluta de crecimiento. Hembras.	25
3	Tasa relativa de crecimiento. Hembras.	32
4	Tasa relativa de crecimiento. Hembras.	34
5	Tasa relativa de crecimiento. Machos.	35

1. INTRODUCCION

El constante incremento de la población humana está desplazando la actividad pecuaria a zonas cada vez más adversas que corresponde en gran parte a las áreas tropicales. Las condiciones ambientales del trópico pueden afectar el crecimiento normal del ganado ya sea limitando el consumo de alimentos o disminuyendo su metabolismo. Sin embargo, el comportamiento de los diferentes grupos raciales, bajo estas condiciones, no es el mismo, existiendo razas más adaptadas que otras. Estas diferencias raciales sugieren la posibilidad de incrementar la producción de carne utilizando grupos raciales genéticamente más eficientes en las condiciones locales. Además, en la actualidad en el trópico se están logrando progresos utilizando sistemas de cruzamientos de ganado Criollo, Cebú y europeo.

Los factores que generalmente se toman en consideración para evaluar la eficiencia de la producción de carne son reproducción, pesos al nacimiento, destete, ganancia de peso postdestete y kilogramos de carne producida por vaca expuesta a toro. Sin embargo, el conocimiento del comportamiento de los diferentes grupos raciales en sus características de crecimiento, tales como evaluación por parámetros y tasas de crecimiento durante todo el desarrollo del animal, podría permitir evaluar adecuadamente las ventajas de una raza. Si además se conocieran las heredabilidades de estos parámetros, entonces se podrían establecer sistemas más adecuados de selección y cruzamiento con el fin de incrementar la eficiencia de producción de carne en el trópico.

Los objetivos de este estudio fueron:

1. Determinar y comparar el comportamiento de 10 grupos raciales de ganado de carne de acuerdo con las tasas de crecimiento.
2. Estimar los Índices de herencia para estas características en cuatro razas puras bajo estudio.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos fisiológicos del crecimiento

La eficiencia de producción de un hato de ganado de carne depende básicamente de la capacidad reproductiva de la hembra y la eficiencia de crecimiento del ganado (38, 45). Un conocimiento básico del crecimiento animal tiene por lo tanto una aplicación al problema de la producción eficiente de carne. La medida más usada para la estimación del crecimiento en animales de granja es el peso, el cual es el resultado del complejo genético, ambiental y sus interacciones (3, 6, 21) y que en la etapa post natal está determinado predominantemente por la hipertrofia (29).

La eficiencia alimenticia puede ser definido como la ganancia en peso corporal resultante del consumo de una cantidad de alimento dado (10, 18, 37, 51). Esta eficiencia, bajo condiciones tropicales, puede ser disminuida. Así, animales no adaptados presentan depresiones en el consumo de alimento y caídas en la tasa de crecimiento, producción de leche y comportamiento reproductivo (15, 16, 18, 24, 33, 39, 51). Tratar de mejorar este comportamiento animal es muy importante para la adecuada utilización de los recursos forrajeros disponibles en el trópico (16, 17, 51) y que no pueden ser utilizados directamente por animales monogástricos ni por el hombre (8).

En la vida de un animal de engorde hay un punto en el cual el NDT requerido para producir una unidad de peso vivo es mínimo. Este punto de máxima eficiencia u óptimo peso al sacrificio es diferente para diferentes grupos raciales así, en ganado Angus y Hereford bajo condiciones de pastoreo se reportó que están entre los 334-400 kg con edades que

oscilaron entre 17 a 22 meses (25, 30). Por otro lado, los requerimientos de mantenimiento de animales adultos son proporcionales a su tamaño, por lo que animales más grandes tienen requerimientos mayores para mantenimiento que animales pequeños (10, 33, 51). Esto puede interpretarse como que los requisitos de energía para mantenimiento de vacas grandes que pueden o no producir terneros grandes, pueden ser usados para mantener mayor número de vacas pequeñas que produzcan terneros no muy diferentes en tamaño que los de las vacas grandes (30, 37). En consecuencia, es más importante considerar la eficiencia del hato antes que la eficiencia de animales individuales, puesto que es necesario incluir los gastos de mantenimiento del plantel de cría (6, 33, 51), y los factores de mayor importancia que contribuyen a la eficiencia de producción de carne de un hato son, el comportamiento reproductivo, habilidad materna, tasa de crecimiento, eficiencia de crecimiento, y longevidad (6, 22, 33).

El mayor interés por conocer los factores que modifican el crecimiento es con el fin de explotarlo y lograr producir carne más eficientemente.

La descripción matemática del crecimiento en el ganado sigue una curva sigmoidea presentando dos asíntotas (a la concepción y a la madurez) y un punto de inflexión. Entre las ecuaciones más conocidas que explican la función del crecimiento, se pueden citar la ecuación logística, la ecuación exponencial de Brody y la ecuación de Gompertz (40, 50).

El peso vivo es un tipo de medición simple y tiene valor como medida total del crecimiento (6) pero está influenciado por factores genéticos y ambientales (3, 6, 21, 23, 41). Puesto que el crecimiento es

un fenómeno esencialmente cuantitativo, su tasa o ritmo es su propiedad más importante porque está asociado con la conversión de alimentos (10) y, por lo tanto, con los costos de producción (22). Esta tasa está afectada por la edad, sexo, raza, y ambiente (9, 15, 46, 48). Por esta razón se han realizado numerosos estudios para comparar estas tasas en diferentes grupos raciales. Así, por ejemplo, algunos estudios indican una superioridad significativa en la tasa de crecimiento de Charolais sobre el Angus comparados a una misma edad (51) y al comparar diferentes razas Cebú, la Gir se mostró inferior al Guzerat e Indubrasil (11, 40); pero comparando estas razas puras con los cruces entre ganado europeo por Cebú, los animales cruzados superaron en tasa de ganancia a los puros (41, 44).

La tasa relativa de crecimiento es la ganancia de peso por unidad de peso corporal a una edad determinada (6). Existen diferencias raciales y efectos de ambiente en el crecimiento relativo (9, 15, 31, 46). También hay diferencias entre sexos ya que el consumo de alimento por unidad de peso es igual en hembras y machos pero los machos logran más ganancia por unidad de peso, por lo que los machos son más eficientes que las hembras (4). Si el crecimiento relativo se define como la velocidad de crecimiento con relación al peso adulto, las diferencias entre sexos desaparece (31).

2.2 Aspectos genéticos del crecimiento

El crecimiento está afectado por muchos factores. El aspecto genético juega una parte muy importante desde el punto de vista de la herencia y el mejoramiento (14) y es interesante conocer qué mecanismos

genéticos regulan el crecimiento con el fin de mejorar la eficiencia de producción (6). Las relaciones entre las diferentes medidas de crecimiento tales como peso, ganancia diaria y tasa relativa de crecimiento, indican que muchos genes son comunes a esas características de crecimiento; sin embargo, ellos no son controlados por idénticos grupos de genes (6).

La gran variación genética para los pesos y tasas de crecimiento y la alta heredabilidad para estas características de crecimiento en los diferentes períodos de vida del animal, sugieren que en la selección pueden encontrarse diferentes modelos óptimos de crecimiento entre razas y también en sus cruces (6, 10, 19). Numerosos estudios revelaron que la tasa de crecimiento es una cualidad altamente heredable en ganado de carne encontrándose valores de heredabilidad de 0.30 a 0.60 (22, 50), además, hay una alta correlación genética entre la eficiencia alimenticia y la tasa de ganancia alcanzando valores de 0.40 a 0.79 (5, 13, 22, 34, 35, 50).

La selección y el cruzamiento de razas son métodos disponibles para lograr mejoramiento genético. Si las variaciones genéticas aditiva y no aditiva son importantes, el mejoramiento podría ser maximizado por sistemas de cruzamientos combinados con la selección entre y dentro de razas (10, 11).

Dada la alta correlación entre la ganancia y la eficiencia, la selección para eficiencia alimenticia podría incrementar la ganancia (5, 12, 18, 20, 34, 37, 49). Por otro lado, la utilización de la heterosis ha permitido incrementar estas ganancias lográndose animales más pesados tanto al destete como postdestete (14, 23). Así, al cruzar toros Brahman

con vacas Criollas se obtuvo un efecto de heterosis, en peso al nacer, de 7.6 por ciento (42). Los cruzamientos entre razas británicas han mostrado un efecto de heterosis muy bajo, entre 2.5 a 5.2 por ciento para ganancia diaria postdestete (23) comparado con 11.5 por ciento en los cruces de razas europeas con Brahman (32, 42).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

Para este estudio se utilizaron los datos provenientes del hato de ganado de carne del Departamento de Ganadería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. El Centro está localizado a 645 msnm, a los 83° 39' y 40" de longitud Oeste y 9° 55' 21" de latitud Norte. Temperatura media anual de 22.5°C con una máxima de 27.7°C y mínima de 15.5°C. Precipitación pluvial de 2600 mm distribuidos casi uniformemente durante todo el año, siendo diciembre el mes más lluvioso y los más secos febrero, marzo y abril. Humedad relativa promedio 87.0 por ciento (27).

3.2 Recolección de los datos

Se utilizó la información acumulada de 9 años (1961-1969) proveniente de los registros del hato de carne de los que se tomó 10 grupos raciales (Cuadro 1).

Los datos utilizados incluyen: raza, identificación del animal, identificación del padre, identificación de la madre, sexo, fecha de nacimiento, peso al nacimiento, a los 6, 8, 10, 12, 14, 18, 24 y 36 meses.

3.3 Análisis de los datos

3.3.1 Medidas de crecimiento

Los datos disponibles se dividieron en dos grupos de acuerdo a un límite de edad. El primer grupo corresponde a las hembras que contaron con pesos hasta el primer parto a una edad de más o menos 3 años cuya distribución por grupo racial se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Grupos raciales del estudio.

Identificación N°	Letra	Grupo Racial		
		Padre		Madre
1	B	Brahman	x	Brahman
2	C	Criollo	x	Criollo
3	G	Santa Gertrudis	x	Santa Gertrudis
4	H	Brahman	x	Criollo
5	J	Criollo	x	Brahman
6	L	Brahman	x	Santa Gertrudis
7	N	Santa Gertrudis	x	Brahman
8	S	Criollo	x	Santa Gertrudis
9	E	Santa Gertrudis	x	Criollo
10	R	Romo Sinuano	x	Romo Sinuano

Cuadro 2. Número de animales al primer parto.

Raza		Número de animales
Padre	Madre	
B	B	28
C	C	19
G	G	23
B	C	8
C	B	14
B	G	21
G	B	9
C	G	13
G	C	19
R	R	55
TOTAL		209

B = Brahman
C = Criollo

G = Santa Gertrudis
R = Romo Sinuano

Para describir la curva de crecimiento en este grupo se utilizó la siguiente función logística:

$$Y = \frac{1}{A + B \cdot e^{-CX}}$$

donde:

Y = peso en kilos a una edad x

A = inversa del peso adulto

B = $\frac{1}{Y_0} - A$; donde Y_0 es peso a la concepción

C = factor de aceleración del crecimiento

e = base de logaritmos naturales

X = edad en días

Para describir la tasa absoluta de crecimiento se utilizó la función:

$$Z = \frac{dy}{dx} = (C - ACY)Y$$

donde:

Z = tasa absoluta de crecimiento expresado en kg/día

C = factor de aceleración del crecimiento

AC = factor de desaceleración del crecimiento

La tasa relativa de crecimiento se estimó con la función:

$$W = \left[\frac{dy}{dx} \right] \left[\frac{1}{Y} \right] = C - ACY$$

donde:

W = tasa de crecimiento relativo expresado en g/día/kpv

Para los efectos de aceleración y desaceleración del crecimiento, así como para el peso adulto y el punto de inflexión se hizo un análisis de variancia de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = U + R_i + E_{ij}$$

donde:

U = media general

R_i = efecto de raza

E_{ij} = componente aleatorio

Los diferentes grupos raciales se compararon por medio de la prueba de rangos múltiples de Duncan, utilizando los promedios correspondientes a cada característica considerada.

Para describir el crecimiento del segundo grupo, o sea, de los animales que contaron con datos hasta los dos años de edad, se utilizó la siguiente ecuación lineal:

$$Y = A + BX$$

donde:

Y = peso del animal a una edad x

A = peso al nacimiento

B = tasa de crecimiento = $Z = \frac{dy}{dx}$

En consecuencia, la tasa relativa de crecimiento será:

$$W = \left[\frac{dy}{dx} \right] \left[1/Y \right] = B/Y$$

Los machos y las hembras se analizaron por grupos separados y la composición de cada grupo se presenta en el Cuadro 3.

Se hizo un análisis de variancia para la tasa absoluta de crecimiento para cada sexo utilizando el mismo modelo matemático anterior y luego se compararon los grupos raciales por medio de la prueba de rangos múltiples de Duncan. Para la tasa relativa se hizo el mismo análisis de variancia a los 180, 360 y 720 días de edad.

Cuadro 3. Número de animales por grupo racial.

Grupo racial		Número de padres para razas puras	Número de animales	
Padre	Madre		Hembras	Machos
B	B	7	35	36
C	C	8	36	26
G	G	4	36	25
B	C		22	35
C	B		35	35
B	G		36	17
G	B		25	37
C	G		23	32
G	C		31	36
R	R	4	86	85
TOTAL			365	364

3.3.2 Determinación de los índices de herencia

La determinación de los índices de herencia para las tasas de crecimiento se hizo solamente para los grupos puros por la poca información disponible para los otros grupos raciales y se utilizaron los datos tanto de machos como de hembras hasta los dos años de edad. Las heredabilidades estimadas corresponden a las edades del nacimiento, 180, 360 y 720 días de edad.

La determinación se hizo por medio del análisis de grupos paternos mediante el método de componentes de variancia entre padres y dentro de padres (2). El modelo matemático utilizado para el análisis de variancia para cada una de las características y razas fue:

$$Y_{ij} = U + P_i + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = tasa de crecimiento o peso a la edad x

U = media general

P_i = efecto de padres

E_{ij} = componente aleatorio

La fórmula para el índice de herencia fue:

$$h^2 = \frac{4 \sigma_p^2}{\sigma_e^2 + \sigma_p^2}$$

El error estándar (E.S.) de estos índices se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$E.S. = 4 \sqrt{\frac{2(n. - 1) (1 - t)^2 [j + (K - 1)t]^2}{K^2 (n. - p) (p - 1)}}$$

$$K = \frac{1}{p - 1} (n. - \frac{\sum n^2}{n.})$$

$$t = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_e^2}$$

p = número de padres por raza

n = número de hijos por raza

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Crecimiento

Las curvas de crecimiento descritas mediante la función logística muestran diferencias entre razas en algunas características del crecimiento (Figura 1). En el Cuadro 4 se presentan los valores de los parámetros respectivos. En el Cuadro 6 se presentan los pesos y las edades al punto de inflexión y en el Cuadro 7 se encuentran los pesos estimados a diferentes edades para las razas estudiadas. Se puede observar en la Figura 1 que las curvas de crecimiento descritas muestran la forma general de la curva típica de crecimiento. También se observa que las diferencias entre razas no son las mismas para todas las edades. Así, por ejemplo, las menores diferencias se observan al nacimiento y conforme avanza la edad las diferencias entre razas se vuelven más marcadas. Hasta la edad de cuatro años, edad límite del estudio, las curvas no alcanzaron los valores de peso adulto, aunque algunos de ellos como el B, BxG, GxB y R estuvieron muy cerca al valor asintótico.

El proceso del crecimiento está controlado por dos fenómenos importantes, el de autoaceleración y el de autoinhibición. Estos factores están estimados en la ecuación utilizada en este estudio, por los parámetros "C" y "AC", respectivamente, cuyos valores para cada grupo racial se presentan en el Cuadro 4. Los valores para "C" variaron entre 0.49×10^{-2} a 0.61×10^{-2} y los valores para "AC" estuvieron entre 0.15×10^{-4} a 0.11×10^{-4} . En el análisis de variancia (Cuadro 5) se detectó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre razas para el parámetro "C" y diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para "AC". Joandet y Cartwright (30),

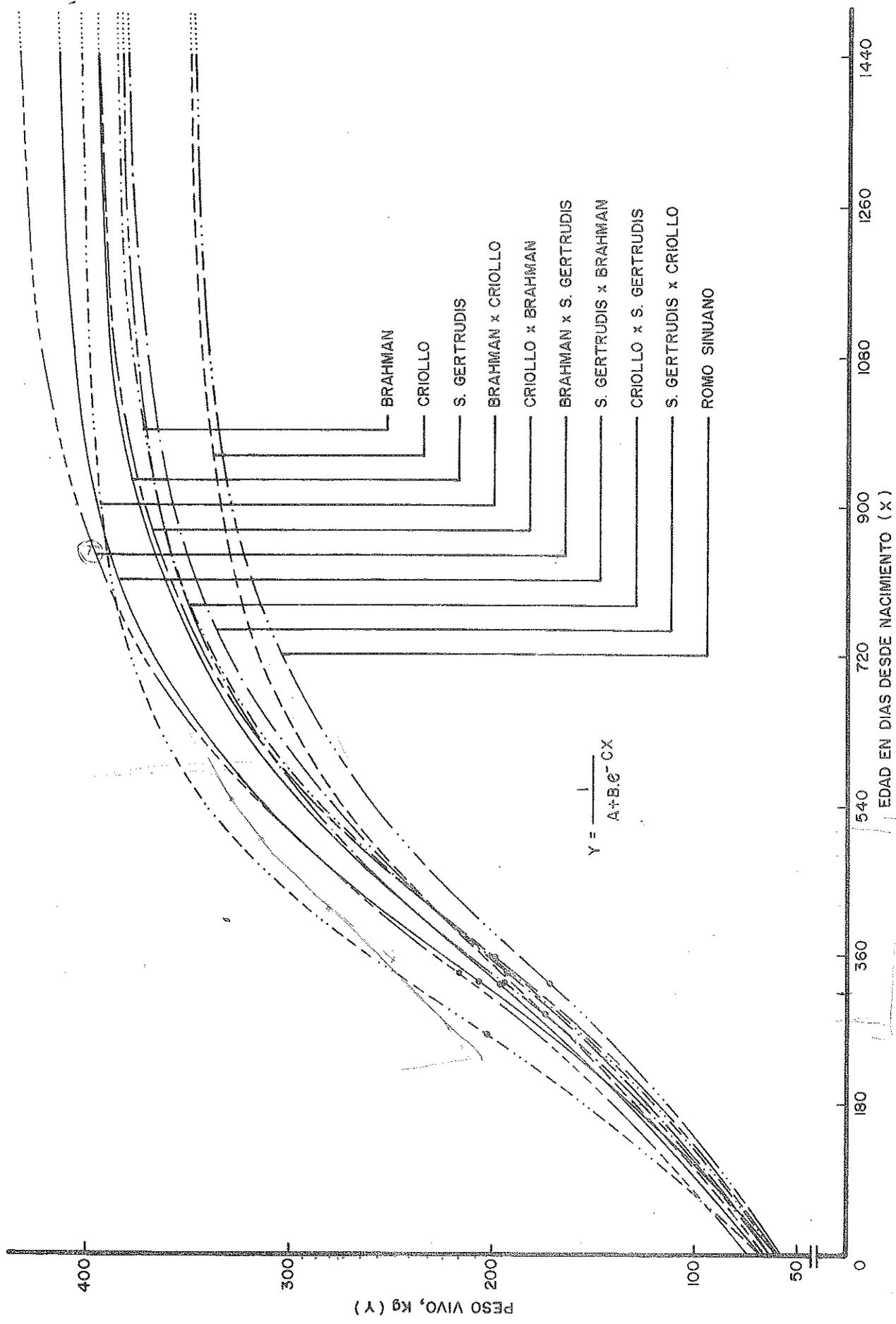


FIG. 1.- CURVA DE CRECIMIENTO. HEMBRAS.

Cuadro 4. Valores de los parámetros para la función logística.

Raza		A	B	C	AC	R ²
Padre	Madre	($\times 10^{-2}$)	($\times 10^{-1}$)	($\times 10^{-2}$)	($\times 10^{-4}$)	
B	B	0.26	0.14	0.50	0.13	0.97
C	C	0.29	0.13	0.51	0.14	0.95
G	G	0.25	0.12	0.49	0.12	0.95
B	C	0.25	0.12	0.61	0.15	0.97
C	B	0.25	0.15	0.50	0.12	0.97
B	G	0.23	0.12	0.48	0.11	0.96
G	B	0.24	0.14	0.54	0.13	0.96
C	G	0.26	0.13	0.51	0.13	0.97
G	C	0.26	0.13	0.49	0.12	0.96
R	R	0.29	0.15	0.49	0.14	0.96

Cuadro 5. Análisis de variancia para los parámetros "C" y "AC" en la función logística.

F. V.	G. L.	C. M. para "C"	C. M. para "AC"
Entre razas	9	$0.16 \times 10^{-5*}$	$0.30 \times 10^{-10**}$
Dentro de razas	199	0.07×10^{-5}	0.11×10^{-10}
TOTAL	208		

* Significativo $P \leq 0.05$ ** Significativo $P \leq 0.01$

utilizando la función de Gompertz también estudiaron los factores de aceleración y desaceleración del crecimiento y encontraron diferencias estadísticas entre razas para estos factores.

La relación entre los parámetros "C" y "AC" tiene gran importancia en la descripción del tipo de curva de crecimiento y el ritmo de crecimiento de los animales en cada uno de los grupos raciales. En el Cuadro 4 se observa que el cruce BxC es el que tiene los mayores valores para ambos parámetros y al comparar las curvas de crecimiento (Fig. 1), este cruce racial resulta ser el más precoz. En cambio el cruce BxG que tiene los menores valores para estos factores, alcanza su máximo peso a una edad más tardía. Como se pudo apreciar, de los valores que alcancen los parámetros "C" y "AC" cada raza puede ser caracterizada desde el punto de vista de su grado de madurez. De ahí la importancia de conocer las variaciones dentro y entre razas para las características del crecimiento.

En la prueba de rangos múltiples de Duncan no se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para los promedios de "C" entre los grupos raciales BxC, GxB, C y B, pero estos grupos superaron significativamente a las razas CxB, R, G, GxC y BxG. El cruce BxC superó a los otros grupos raciales y el BxG fue el que alcanzó el menor valor.

<u>BxC</u>	<u>GxB</u>	<u>CxG</u>	<u>C</u>	<u>B</u>	<u>CxB</u>	<u>R</u>	<u>G</u>	<u>GxC</u>	<u>BxG</u>
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>									

Al comparar los promedios de "AC" las razas BxC y C fueron superiores a los otros grupos y el cruce BxG fue el que presentó el menor valor.

<u>BxC</u>	<u>C</u>	<u>R</u>	<u>CxG</u>	<u>GxB</u>	<u>B</u>	<u>GxC</u>	<u>CxB</u>	<u>G</u>	<u>BxG</u>
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>									

En el Cuadro 6 se muestran los pesos y las edades al punto de inflexión de la curva de crecimiento. Este punto está relacionado con el punto de mayor tasa de crecimiento y varía para cada animal. Entre las razas estudiadas el rango fue de 174 kg para el Romo y 217 kg para BxG y las edades variaron entre 261 días para BxC y 389 días para C.

Cuadro 6. Peso y edad al punto de inflexión para la curva de crecimiento deducido de la función logística.

Raza		Edad en días	Peso en kg
Padre	Madre		
B	B	340	194
C	C	389	175
G	G	325	199
B	C	261	202
C	B	356	199
D	G	338	217
G	B	325	207
C	G	318	192
G	C	335	191
R	R	329	174

En el Cuadro 7 se presentan los pesos a diferentes edades para cada grupo racial, de acuerdo con las curvas de crecimiento de la Fig. 1. Los mayores pesos alcanzados a los 180 días fueron para BxC con 152 kg y el menor peso para R con 113 kg. A los cuatro años de edad el mayor peso fue para BxG con 433 kg y el menor peso fue para R con 348 kg. En el

Cuadro 7. Pesos estimados por la función logística para la curva de crecimiento.

Raza		Edad en días					
Padre	Madre	Nacimiento	180	360	720	1080	1440
B	B	59	120	204	338	378	386
C	C	65	128	207	315	344	349
G	G	68	131	216	347	388	396
B	C	68	152	261	380	400	402
C	B	58	118	202	343	387	395
B	G	72	139	229	374	423	433
C	B	61	130	226	370	407	413
C	G	63	127	212	340	376	382
G	C	62	122	203	331	371	380
R	R	57	113	188	305	341	348

análisis de variancia se detectó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) tanto para los pesos alcanzados a la inflexión como a la madurez (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de variancia para pesos adultos y al punto de inflexión estimados por la función logística.

F. V.	G. L.	C. M. Peso al punto de inflexión = $1/2A$	C. M. Peso adulto = $1/A$
Entre razas	9	4329**	17315**
Dentro de razas	199	493	1973
TOTAL	208		

** Significativo $P \leq .01$

En la prueba de rangos múltiples para pesos adultos no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los grupos BxG, GxB, BxC, G y CxB, pero estos grupos superaron significativamente al B, CxG, C y R (Cuadro 7, Fig. 1). La raza más pesada fue el cruce BxG y los más livianos el C y el R. Estas mismas diferencias se observaron para los pesos a la inflexión puesto que en el tipo de función utilizado el punto de inflexión está dado al 50 por ciento del peso adulto. El peso adulto en este estudio se consideró al peso en la asíntota cuando la edad tiende a infinito siendo igual a $1/A$.

<u>BxG</u>	<u>GxB</u>	<u>BxC</u>	<u>G</u>	<u>CxB</u>	B	CxG	GxC	<u>C</u>	<u>R</u>

A pesar de los valores de R^2 de 0.95 a 0.97 para las predicciones, el modelo descrito por la ecuación exponencial hace una sobreestimación del peso al nacimiento y la estimación del punto de inflexión discrepa con otros modelos de crecimiento que muestran la inflexión a un tercio del peso adulto (6, 30). En este estudio el punto de inflexión corresponde a la tasa de mayor crecimiento.

Muchos trabajos sostienen que la edad y peso a la inflexión y a la madurez son afectados por el año de nacimiento (1, 6, 28, 30, 51) pero la poca disponibilidad de datos no permitió evaluar el efecto de año en el presente trabajo. En algunos trabajos con ganado europeo (30, 52), el peso a la madurez ocurrió entre 11 a 12 años siendo frecuente entre 5 a 9 años. En el presente estudio se analizó la información sólo hasta los 4 años y se observó que todos los grupos raciales continuaron acumulando peso aunque algunos de ellos a una tasa muy baja.

Los pesos estimados mediante la función lineal, tanto para hembras como para machos, se presentan en los Cuadros 9 y 10, respectivamente. En el Cuadro 9 se puede apreciar que las razas más pesadas fueron el BxC y BxG con 400 y 376 kg respectivamente a los 720 días de edad y los más livianos fueron el R y el C con 279 y 305 kg respectivamente para la misma edad.

Cuadro 9. Pesos estimados por la función lineal. Hembras.

Raza		Edad en días			
Padre	Madre	Nacimiento	180	360	720
B	B	71	136	200	329
C	C	73	131	189	305
G	G	77	143	208	340
B	C	76	157	238	400
C	B	65	137	209	352
B	G	78	153	227	376
G	B	65	145	220	372
C	G	74	140	207	340
G	C	76	140	204	332
R	R	66	120	173	279

En el Cuadro 10 se observa que las razas más pesadas fueron BxC con 510 kg y los más livianos fueron el R con 359 kg y el B con 414 kg para 720 días de edad.

Tanto en hembras como en machos el BxC y BxG superaron en peso

Cuadro 10. Pesos estimados por la función lineal. Machos.

Razas		Edad en días			
Padre	Madre	Nacimiento	180	360	720
B	B	42	135	228	414
C	C	46	145	244	443
G	G	50	147	243	437
B	C	53	168	283	514
C	B	36	147	257	479
B	G	55	169	282	510
G	B	43	146	248	453
C	G	47	153	258	469
G	C	49	148	247	444
R	R	42	121	201	359

a las otras razas, en cambio el B macho es más liviano que el Criollo macho, mientras que para las hembras sucede lo inverso.

Los valores mostrados en los Cuadros 9 y 10, aunque son aproximaciones de los pesos, menos precisos que los estimados por la función exponencial, presentan diferencias raciales similares. Sin embargo, los pesos están sobreestimados para los 720 días de edad.

Los pesos más altos alcanzados por los cruces de BxG y BxC tanto en hembras como en machos superando a las razas puras coinciden con resultados analizados por Muñoz (44) y son atribuibles al efecto de heterosis (43).

Las heredabilidades estimadas para los pesos en los cuatro grupos

raciales puros se presentan en el Cuadro 11. Las heredabilidades combinadas para los pesos al nacimiento, 180, 360 y 720 días de edad, fueron 0.34, 0.40, 0.25 y 0.14 respectivamente. Estos valores coinciden con valores estimados por otros trabajos (5, 26, 37), pero otros investigadores (21, 47) estimaron valores mayores para el peso al nacimiento (0.45 a 0.72) y valores menores para peso al destete (0.23 a 0.26) lo que indica la gran variabilidad de este carácter por efectos ambientales. Los valores mayores se encontraron en el Criollo y el Brahman. En todos los grupos raciales del estudio el error estándar fue alto debido posiblemente al poco número de observaciones.

Cuadro 11. Índices de herencia para peso corporal.

Raza	Edad en días			
	Nacimiento	180	360	720
Brahman	0.31 _{+0.38}	0.60 _{+0.49}	0.43 _{+0.44}	0.13 _{+0.31}
Criollo	0.74 _{+0.50}	1.12 _{+0.62}	0.60 _{+0.51}	0.48 _{+0.47}
Sta. Gertrudis	0.39 _{+0.48}	0.00 _{+0.51}	0.00 _{+0.13}	0.00 _{+0.22}
Romo Sinuano	0.20 _{+0.25}	0.29 _{+0.22}	0.14 _{+0.18}	0.08 _{+0.13}

Las diferencias de los valores de heredabilidad entre razas posiblemente se deben al reducido número de padres e hijos utilizados en el estudio. Además, las diferencias para las diferentes edades estimadas podrían deberse principalmente a que el conjunto de genes que determinan el carácter a una edad determinada, no son las mismas para otra

edad, existiendo algunos genes que pueden activarse o bloquearse a edades distintas. Sin embargo, tanto el factor número de animales como la activación o inhibición de genes, es posible que afecten a los dos aspectos, raza y edad.

Aunque los índices de herencia estimados sugieren la posibilidad de seleccionar para peso, bajo el nuevo concepto de la ganadería de carne, la selección para animales más pesados no es tan importante como la eficiencia del animal para utilizar los alimentos y esta eficiencia alimenticia está más relacionada con la tasa de crecimiento que con el peso del animal (12).

4.2 Tasa absoluta de crecimiento

Las tasas de crecimiento absoluto para hembras hasta los cuatro años se describe en la Figura 2 y los valores estimados a diferentes edades se presentan en el Cuadro 12.

En la Figura 2 se observa que los incrementos de peso son crecientes hasta una edad aproximada de un año y luego se vuelven decrecientes con la edad tendiendo a cero. Se puede notar que en algunas razas los incrementos son más rápidos y para otras las caídas son mayores. También la edad en que el crecimiento tiende a cero es muy variable. Estas mismas tendencias generales fueron observadas en otros trabajos realizados en zonas diferentes y con razas diferentes (15, 40).

Los valores del Cuadro 12 muestran las diferencias en tasa absoluta de crecimiento para diferentes edades. Así, por ejemplo, al año de edad la mayor tasa corresponde al BxC con 0.58 kg/día y la menor tasa es para R con 0.44 kg/día. A los tres años las diferencias ya no son las mismas, teniendo la mayor tasa el GxC con 0.15 kg/día, y la menor tasa

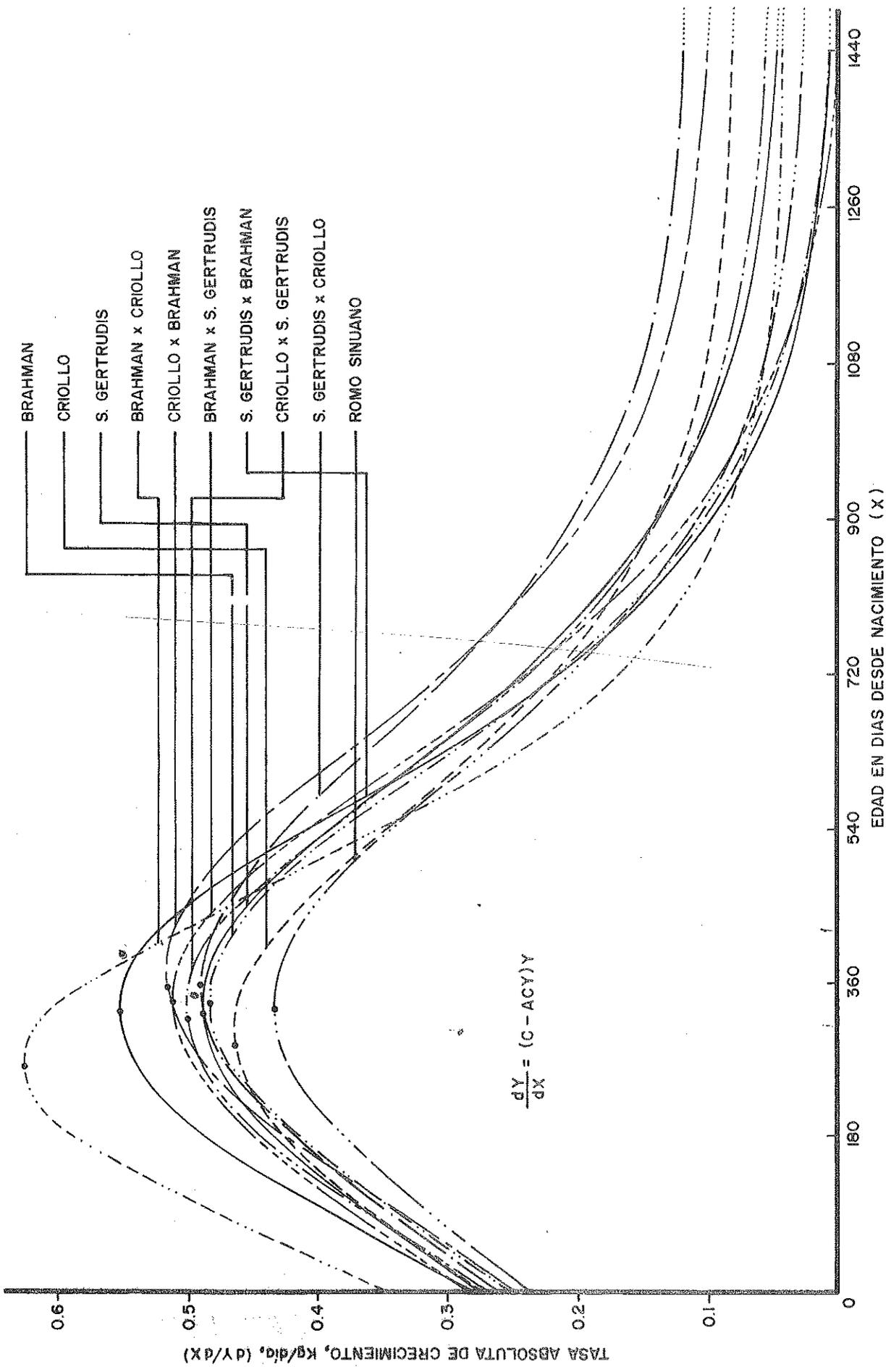


FIG. 2.- TASA ABSOLUTA DE CRECIMIENTO. HEMBRAS.

Cuadro 12. Tasa absoluta de crecimiento deducidos de la función logística y expresados en kg/día.

Raza		Edad en días					
Padre	Madre	Nacimiento	180	360	720	1080	1440
B	B	0.25	0.42	0.49	0.22	0.04	0.01
C	C	0.27	0.42	0.46	0.22	0.10	0.08
G	G	0.28	0.43	0.49	0.24	0.08	0.05
B	C	0.35	0.59	0.58	0.17	0.06	0.04
C	B	0.25	0.42	0.52	0.30	0.14	0.10
B	G	0.29	0.45	0.51	0.24	0.05	0.00
G	B	0.28	0.48	0.55	0.21	0.04	0.01
C	G	0.27	0.44	0.50	0.24	0.09	0.06
G	C	0.26	0.42	0.49	0.30	0.15	0.12
R	R	0.24	0.38	0.44	0.21	0.06	0.03

el B con 0.04 kg/día.

La precocidad de los animales está dada por tasas de crecimiento relativamente grandes a edades tempranas. Generalmente, los animales precoces tienden a dejar de crecer a una edad más temprana. El peso no da al ganadero una información precisa de la habilidad del animal para crecer. En consecuencia, un estudio de las tasas de crecimiento puede ayudar a escoger los grupos raciales más idóneos.

En la Figura 2 al observar las curvas para cada grupo racial se ve que cada una de las razas tienen características peculiares en el ritmo de crecimiento para una edad dada. Esta situación plantea la posibilidad de obtener diferentes modelos de crecimiento mediante selección y cruzamientos

de razas en el trópico. Así, por ejemplo, el cruce BxC tiene las tasas más altas hasta más o menos un año de edad y luego desciende con más velocidad que las demás, ubicándose por debajo de las otras razas entre los dos años de edad, a partir de esta edad su tasa de crecimiento disminuye a un ritmo mucho más lento que la del B, BxG, GxB y R. El R y el C son los que tienen las tasas más bajas hasta el año de edad, pero sus tasas no descienden tan bruscamente en ningún período de su crecimiento.

Si la precocidad de crecimiento estaría asociado con la precocidad reproductiva los grupos que convendrían más para una explotación similar a la del estudio, serían el BxC y el GxB que son los que alcanzan las máximas ganancias entre los 12 y 15 meses (Fig. 2).

En el Cuadro 13 se presentan los máximos valores de las tasas y las edades a las que se alcanzan estos valores en cada grupo racial. Este máximo valor corresponde al punto de inflexión de la curva de crecimiento (Fig. 1).

Los máximos valores para las tasas absolutas de crecimiento estuvieron entre 0.63 y 0.44 kg/día para BxC y R respectivamente y las edades variaron entre 356 a 289 días para GxB y C respectivamente.

En el Cuadro 14 se muestran los valores de las tasas absolutas estimadas mediante la función lineal para hembras y machos. Por el tipo de función utilizada, en este grupo de animales, la tasa absoluta ha sido constante para todas las edades. En consecuencia, se estudió solamente diferencias entre razas. Las mayores tasas absolutas de crecimiento correspondió al BxC tanto en hembras como en machos, con valores de 0.45 y 0.64 kg/día respectivamente. Las menores tasas correspondieron al R con

Cuadro 13. Punto máximo para la tasa absoluta de crecimiento deducido de la función logística.

Raza		Tasa en kg/día	Edad en días
Padre	Madre		
B	B	0.49	340
C	C	0.47	289
G	G	0.49	325
B	C	0.63	261
C	B	0.52	356
B	G	0.52	338
G	B	0.56	325
C	G	0.51	318
G	C	0.49	335
R	R	0.44	329

Cuadro 14. Tasa absoluta de crecimiento deducidos de la función lineal. Kg/día.

Raza		Hembra	Macho
Padre	Madre		
B	B	0.36	0.52
C	C	0.32	0.55
G	G	0.37	0.54
B	C	0.45	0.64
C	B	0.40	0.62
B	G	0.41	0.63
G	B	0.42	0.57
C	G	0.37	0.59
G	C	0.36	0.55
R	R	0.30	0.44

0.30 y 0.44 kg/día para hembras y machos respectivamente.

Al análisis de variancia de las tasas absolutas hasta los dos años deducidas mediante la función lineal, para machos y hembras por separado, se detectó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre razas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de variancia para tasa de crecimiento absoluto deducidos de la función lineal. Kg/día.

F. V.	G. L.		C. M.	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Entre razas	9	9	0.181**	0.093**
Dentro de razas	354	355	0.007	0.004
TOTAL	363	364		

** Significativo $P \leq 0.01$)

En la comparación de promedios para machos, las razas que lograron las mayores tasas absolutas fueron BxC, BxG, CxB y CxG y los que tuvieron las menores ganancias fueron G, B, y R.

BxC BxG CxB CxG GxB C GxC G B R

En hembras las diferencias raciales son casi las mismas con ligeros cambios en el orden, así se tiene que las mayores tasas son para BxC, GxB, BxG y CxB y las menores tasas son para GxC, C, y R.

BxC GxB BxG CxB CxG G B GxC C R

Los resultados obtenidos mediante la función lineal para la tasa absoluta de crecimiento son aproximaciones de aquéllas obtenidas mediante la función exponencial que describe en forma más precisa el ritmo de crecimiento para cada período de vida del animal. Sin embargo, la aproximación lineal permite obtener una idea general de las diferencias raciales en cuanto a su tasa de crecimiento.

La heredabilidad combinada para tasa absoluta de crecimiento fue 0.32 y las heredabilidades para cada grupo racial fueron 0.00 ± 0.31 ; 0.46 ± 0.47 ; 0.01 ± 0.25 y 0.52 ± 0.13 para Brahman, Criollo, Santa Gertrudis y Romo Sinuano, respectivamente. Estos valores están dentro del rango de valores obtenidos en otros trabajos los cuales variaron de 0.00 a 0.65 (5, 7, 21, 22, 37). La gran variabilidad de los valores de heredabilidad para este carácter sugiere la posibilidad de obtener progresos en los modelos de crecimiento por selección de razas puras y cruzadas. Al igual que en los pesos, posiblemente, las variaciones obtenidas en este estudio son debidos básicamente al poco número de animales tanto en padres como en individuos que se utilizaron para estimar las heredabilidades.

Se ha demostrado que la tasa absoluta de crecimiento está correlacionada ($r = 0.60$) con la eficiencia alimenticia y consumo de alimento (37, 47). Por lo tanto, al seleccionar por este parámetro se podría incrementar también la eficiencia (37). Sin embargo, al seleccionar un tipo de animal es conveniente considerar la eficiencia del hato en conjunto y no sólo la eficiencia individual de los animales de sacrificio.

Esto involucra también la eficiencia reproductiva.

4.3 Tasa relativa de crecimiento

La tasa relativa de crecimiento es la ganancia de peso por unidad de peso vivo del animal. En la Figura 3 se observan las tendencias de la tasa relativa y en el Cuadro 16 se presentan los valores estimados de la tasa relativa de crecimiento mediante la función logística.

Cuadro 16. Tasa relativa de crecimiento deducido de la función logística. Hembras. g/día/kpv.

Padre	Raza Madre	Edad en días					
		Nacimiento	180	360	720	1080	1440
B	B	4.3	3.5	2.4	0.64	0.12	0.02
C	C	4.2	3.3	2.2	0.70	0.30	0.23
G	G	4.1	3.3	2.3	0.70	0.21	0.12
B	C	5.1	3.9	2.2	0.44	0.14	0.11
C	B	4.3	3.6	2.6	0.89	0.35	0.25
B	G	4.0	3.2	2.2	0.64	0.11	0.00
G	B	4.6	3.7	2.4	0.58	0.09	0.02
C	G	4.3	3.5	2.4	0.70	0.23	0.15
G	C	4.1	3.4	2.4	0.90	0.41	0.31
R	R	4.1	3.4	2.3	0.67	0.17	0.07

Las curvas para tasa relativa de la Figura 3 muestran que las tasas relativas de crecimiento disminuyen rápidamente desde el nacimiento hasta más o menos el año de edad (punto de inflexión), luego descienden menos

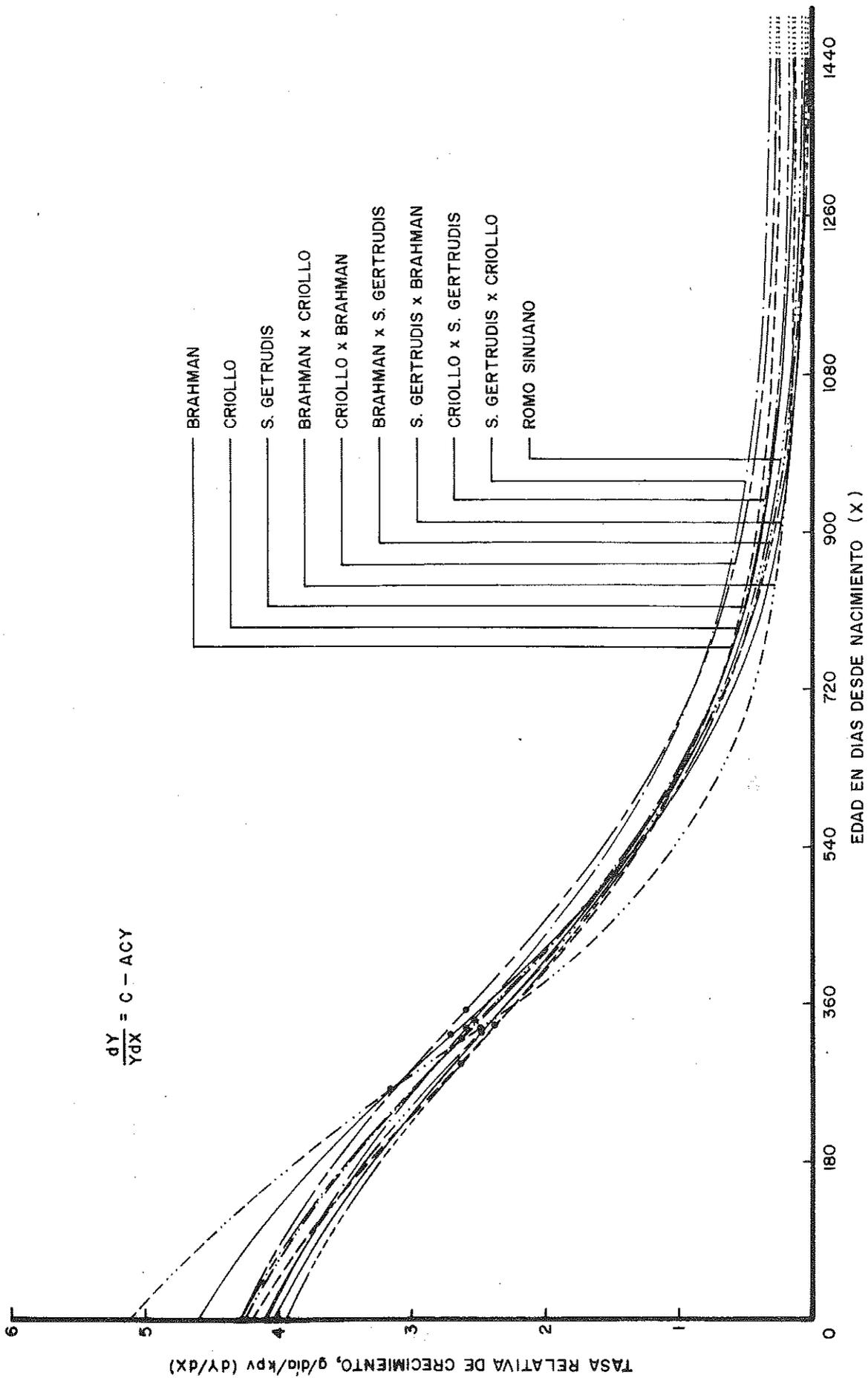


FIG. 3.- TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO. HEMBRAS.

rápido, de modo que a partir de los dos años de edad en adelante la caída de la curva es mucho más lenta y sus valores están cerca a cero.

En el Cuadro 16 podemos observar que los valores de la tasa relativa de crecimiento no son tan diferentes entre razas pero se reducen con la edad, tendiendo a cero. El rango de los valores para el crecimiento es de 5.1 a 4 g/día/kpv para BxC y BxG respectivamente. Al año de edad el rango es de 2.6 g/día/kpv para CxB y 2.2 g/día/kpv para C, BxC y BxG. A los tres años las tasas relativas son 0.35 g/día/kpv para el CxB y de 0.09 g/día/kpv para GxB.

Las diferencias que existen entre razas para el crecimiento relativo para una edad dada no son las mismas para otra edad. Estas diferencias y cambios de rango pueden observarse en las Figuras 3, 4 y 5. En todos los casos las tasas relativas de crecimiento se producen con la edad tendiendo a cero.

En la Figura 3 y el Cuadro 16 se puede observar que las mayores tasas relativas corresponden al BxC y GxB entre las edades del nacimiento a los ocho meses y a partir de esta edad el BxC empieza a disminuir su tasa más rápidamente ocupando el último lugar al año de edad, mientras que en el GxB el cambio de rango es más lento. La raza con menor tasa relativa durante todo el período de estudio fue el BxG; sin embargo, su tasa absoluta estuvo muy cerca a la de GxB. Muchas de las diferencias entre razas en tasa absoluta desaparecen al considerar la tasa relativa por lo que es más conveniente evaluar a los animales a través de su tasa relativa. Klosterman (34) y Cundiff (12) sostienen que la tasa relativa está altamente correlacionada con la eficiencia alimenticia ($r = 0.79$).

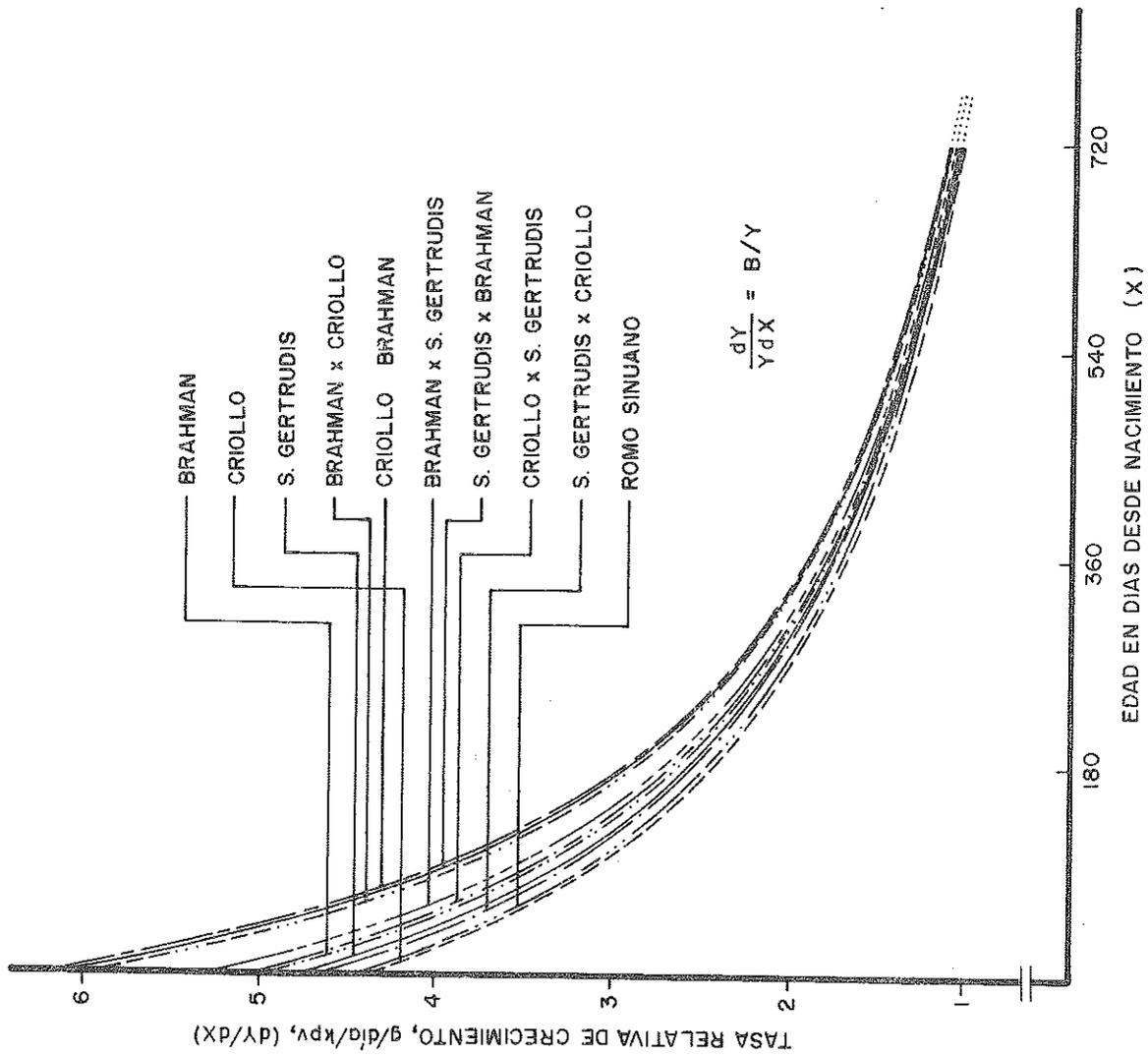


FIG. 4.- TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO. HEMBRAS.

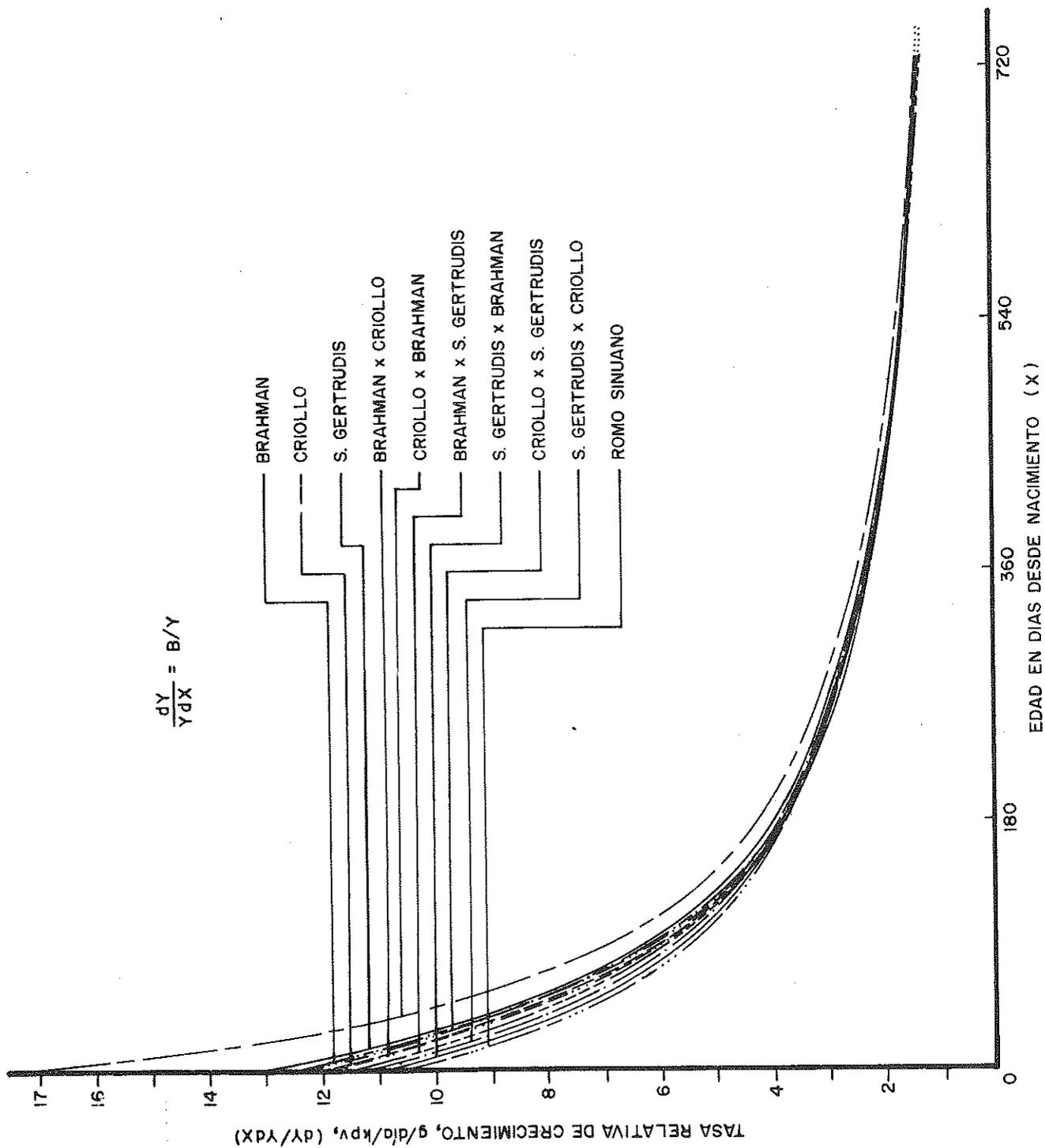


FIG. 5.- TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO. MACHOS.

Las tasas relativas estimadas mediante la función lineal presentados en los Cuadros 17 y 18, muestran valores mucho más altos que los estimados por la función exponencial (Cuadro 16), pero las diferencias entre las razas estudiadas son casi las mismas. En todas las razas las tasas relativas de los machos son mayores a la de las hembras. El análisis de variancia mostró diferencia significativa ($P \leq 0.01$) entre las razas estudiadas para las tasas relativas a los 180, 360 y 720 días de edad en ambos sexos.

En las hembras las razas con mayores tasas fueron CxB, GxB, BxC y las razas con menores tasas fueron C, R, GxC y G. En los machos las mayores tasas fueron para CxB, GxB y CxG, y las menores tasas fueron para R, G, y GxC.

Mattoso (40), trabajando con la ecuación exponencial propuesta por Brody, encontró que no había diferencias en las tasas relativas entre las cuatro razas estudiadas por él (Indubrasil, Nelore, Guzerat y Gir), pero fueron superiores a las razas lecheras europeas Holstein, Jersey, Ayrshire y Guernsey estudiadas por Brody y citado por Mattoso (40).

Las heredabilidades combinadas fueron 0.24; 0.20; 0.23 y 0.66 para las tasas relativas de crecimiento al nacimiento, 180, 360 y 720 días de edad. Las heredabilidades para cada raza se presentan en el Cuadro 19, en el que se puede observar que el Criollo presenta los valores más altos aunque el error estándar también es el más alto y las heredabilidades más bajas fueron para el Brahman. Estas grandes variaciones de las heredabilidades entre razas puede ser debido, básicamente, por el bajo número de observaciones. En general, las heredabilidades para tasa relativa son más altas que para tasa absoluta y peso. Asimismo, las mayores

Cuadro 17. Tasa relativa de crecimiento deducido de la función lineal. Hembras. g/día/kpv.

Raza		Edad en días			
Padre	Madre	Nacimiento	180	360	720
B	B	5.0	2.6	1.8	1.1
C	C	4.4	2.5	1.7	1.1
G	G	4.8	2.6	1.8	1.1
B	C	5.9	2.9	1.9	1.1
C	B	6.2	2.9	1.9	1.1
B	G	5.3	2.7	1.8	1.1
G	B	6.1	2.9	1.9	1.1
C	G	5.0	2.6	1.8	1.1
G	C	4.7	2.5	1.7	1.1
R	R	4.5	2.5	1.7	1.1

Cuadro 18. Tasa relativa de crecimiento deducido de la función lineal. Machos. g/día/kpv.

Raza		Edad en días			
Padre	Madre	Nacimiento	180	360	720
B	B	12	3.8	2.3	1.3
C	C	12	3.8	2.3	1.3
G	G	11	3.7	2.2	1.2
B	C	12	3.8	2.3	1.3
C	B	17	4.2	2.4	1.3
B	G	12	3.7	2.2	1.2
G	B	13	3.9	2.3	1.3
C	G	12	4.8	2.3	1.3
G	C	11	3.7	2.2	1.2
R	R	11	3.7	2.2	1.2

heredabilidades para cualquiera de estas características parecen ser mayores a los dos años (Cuadro 20). Por esta razón sería más conveniente seleccionar para tasa relativa que para los otros parámetros de crecimiento y la edad más adecuada para la selección sería a los dos años de edad.

Cuadro 19. Índices de herencia para tasa relativa de crecimiento.

Raza	Edad en días			
	Nacimiento	180	360	720
Brahman	0.09±0.38	0.00±0.04	0.00±0.04	0.00±0.25
Criollo	1.03±0.61	0.88±0.57	0.85±0.57	0.90±0.57
Santa Gertrudis	0.11±0.34	0.15±0.36	0.15±0.36	0.16±0.25
Romo Sínuano	0.07±0.13	0.06±0.13	0.12±0.18	1.03±0.13

Cuadro 20. Índices de herencia combinados.

	Edad en días			
	Nacimiento	180	360	720
Peso	0.34	0.40	0.25	0.14
Tasa absoluta	0.32	0.32	0.32	0.32
Tasa relativa	0.24	0.20	0.23	0.66

El mejoramiento genético, teniendo como base la tasa relativa de crecimiento, es más importante desde el punto de vista económico que la selección para peso o para tasa absoluta, porque refleja mejor la eficiencia del animal. Sin embargo, en un sistema integral de explotación de ganado de carne es necesario considerar además, otros aspectos tales como la reproducción, habilidad materna, longevidad, rusticidad, consumo de alimento para mantenimiento del plantel de cría y las características o tipo de explotación. Esto quiere decir que si animales tan precoces en crecimiento como el BxC, que tienen una tasa relativa de crecimiento alto, serían los mejores cruces si tienen buena capacidad reproductiva. Sin embargo, a menos que el manejo del hato incluya un empadre o inseminación a edad temprana, la utilización de grupos raciales precoces no resulta en una ventaja, más bien podría ser una desventaja debido al mayor consumo de alimento.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente estudio se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. La información corresponde a los datos acumulados entre 1961-1969 del hato de carne. Para el estudio de los pesos y las tasas de crecimiento se utilizaron 10 grupos raciales siendo estos el B, C, G, sus cruces recíprocos y el R. Para estimar los índices de herencia se utilizaron solamente la información de los animales puros (B, C, G, R). Para el análisis de los datos de las hembras hasta el primer parto se utilizó la función $Y =$

$\frac{1}{A + B \cdot e^{-CX}}$ y para hembras y machos hasta los dos años de edad, se utilizó la función $Y = A + BX$. Los índices de herencia se estimaron por el método de componentes de variancia para grupos paternos.

Los grupos raciales más pesados a la edad adulta fueron BxG, GxB y BxC y los que alcanzaron los menores pesos fueron C y R. Para las tasas de crecimiento absolutas y relativas, las ventajas de una raza a una edad dada no fueron las mismas a otra edad. La mayor tasa absoluta hasta el año de edad fue para el BxC seguido del GxB y la tasa absoluta más baja fue para el R. Del año de edad en adelante el GxC y el CxB mantuvieron mayores tasas absolutas y los que crecieron a un ritmo más lento fueron el R, BxG, B y GxB. Del nacimiento a los ocho meses, las mayores tasas relativas correspondieron al BxC, GxB y CxB y las menores tasas relativas fueron para BxG, G y GxC. Del año de edad a los cuatro años las mayores tasas relativas correspondieron al GxC, CxB y C y las menores tasas fueron para GxB, BxG y B. Las heredabilidades combinadas para peso al nacimiento, 180, 360 y 720 días de edad fueron 0.34, 0.40, 0.25 y 0.14 respectivamente. La heredabilidad combinada para tasa de crecimiento absoluto

fue 0.32. Las heredabilidades combinadas para tasa de crecimiento relativo fueron 0.24, 0.20, 0.23 y 0.66 para el nacimiento, 180, 360 y 720 días de edad respectivamente.

De los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir lo siguiente:

- Por exhibir mayores índices de herencia, la selección para tasa relativa podría ser más efectiva que la selección para tasa absoluta y peso corporal.
- Por el mayor índice de herencia, la edad más adecuada para selección por tasa relativa podría ser a los dos años de edad.
- Las diferencias en las tasas de crecimiento entre grupos raciales permite seleccionar el tipo más adecuado de animal, según el sistema de manejo adoptado.
- La selección de grupos raciales por su tasa de crecimiento, para hembras, debe tomar en cuenta también la edad al empadre.

5a. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The present study was carried out at the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE) in Turrialba, Costa Rica. Weights and growth rates from 10 breed-groups (Brahman (B), Criollo (C), Santa Gertrudis (G), crossbreds of these, and Romo Sinuano (R)) were analyzed using data from the beef herd for the years 1961-1969. The data from females were analyzed according to the function $Y = \frac{1}{A + B \cdot e^{-CX}}$; whereas data from both sexes, up until two years of age, were analyzed by the function $Y = A + BX$. Heritability estimates were derived from the data of purebreds by components of variance analysis of paternal half-sibs.

The breed groups which attained the heaviest adult weights were BxG, GxB and BxC, whereas the lightest were C and R. In respect to absolute and relative growth rates, the various breed groups changed according to the age considered. Absolute growth rate, to a year of age, was greatest for the BxC and the GxB and lowest in the R.

Absolute growth rates beyond a year of age were greatest in the GxC and the CxB group, whereas the R, BxG, B, and GxB were least. Considering the period from birth to eight months, the most rapid relative growth rates were obtained in the BxC, GxB, and CxB and the slowest were the BxG, G, and GxC groups. Relative growth rates for the period one to four years were greatest in the GxC, CxB, and C groups and lowest in the GxB, BxG, and B.

Heritabilities derived from a combined breed analysis for weights at birth, 180, 360 and 720 days of age were 0.34, 0.40, 0.25, and 0.14 respectively. Similarly the heritability for absolute growth rate was 0.32.

In the case of relative growth rate the combined estimates of heritability were 0.24, 0.20, 0.23, and 0.66 respectively, corresponding to birth, 180, 360, and 720 days.

From the results obtained in this study the following conclusions were drawn:

- Higher estimates of heritability indicate that selection for relative growth rate should be more effective than selection for body weight or absolute growth rate.
- The various breed groups demonstrate different growth rates which permit selecting the breed or type of animal most apt for a given system of management and production.
- When deciding between breeds or crosses for growth rate, it is important to also consider the age of first breeding.

6. LITERATURA CITADA

1. ARIJE, G. F. y WILTBANK, J. N. Age and weight at puberty in Hereford heifers. *Journal of Animal Science* 33(2):401-405. 1971.
2. BECKER, W. A. Manual of procedures in quantitative genetics. 2a. ed. Washington State University, Pullman. 1967. 129 p.
3. BIDART, J. et al. Cruzamiento con bovinos en Argentina. I. Peso al nacer. *Memoria ALPA* 6:177. 1971.
4. BOGART, R. y ENGLAND, N. C. Feed consumption, daily gain and feed required per unit of gain in beef calves. *Journal of Animal Science* 32(3):420-423. 1971.
5. BRINKS, J. S. et al. Estimates of genetic, environmental and phenotypic parameters in range Hereford females. *Journal of Animal Science* 23(3):711-716. 1964.
6. BROWN, J. E., BROWN, C. J. y BUTTS, W. T. Relationships among measures of growth from birth to maturity in Hereford and Angus cattle. Arkansas Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 773. 1972. 72 p.
7. BRUMBY, P. J., WALKER, O. K. y GALLAGHER, R. M. Factors associated with growth in beef cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 6:526-537. 1963.
8. BYERLY, T. C. Efficiency of feed conversion. *Science* 157: 890-895. 1967.
9. CARNEIRO, G. G. y MEMORIA, J. M. P. Efeito de sexo e de raça sobre o ganho em peso de bezerros Zebus. *Memoria ALPA* 1: 67-76. 1966.
10. CARTWRIGHT, T. C. Selection criteria for beef cattle for the future. *Journal of Animal Science* 30(5):706-711. 1970.
11. CUNDIFF, L. V. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. *Journal of Animal Science* 30(5):694-705. 1970.
12. _____ et al. Genetic relationships among growth and carcass traits of beef cattle. *Journal of Animal Science* 33(3): 550-555. 1971.

13. CHRISTIANS, C. J. et al. Heretability estimates of beef characteristics. *Journal of Animal Science* 21:387. 1962.
14. DAMON Jr., R. A. et al. Performance of crossbred beef cattle in the Gulf Coast region. *Journal of Animal Science* 18(1): 437-447. 1959.
15. DAVIS, H. P. y HATMAWAY, I. L. Growth measurements of Holstein females from birth to seven years. *Nebraska Agricultural Experiment Station, Bulletin no. 177.* 1955. 47 p.
16. DE ALBA, J., MUÑOZ, H. y EDWARDS, C. Pesos al destete y aumentos de peso en ganado de carne. *Turrialba (Costa Rica)* 13(3): 164-167. 1963.
17. DEVENDRA, C. The comparative efficiency of feed utilization of ruminants in the tropics. *Tropical Science* 13(2):123-132. 1971.
18. DICKINSON, F. N., McDANIEL, B. T. y McDOWELL, R. E. Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 52(4):489-497. 1969.
19. FITZHUGH Jr., H. A. y ST. TAYLOR, C. S. Genetic analysis of degree of maturity. *Journal of Animal Science* 33(4):717-731. 1971.
20. FREEMAN, A. E. Genetic aspects of the efficiency of nutrient utilization for milk production. *Journal of Animal Science* 26(5): 976-983. 1967.
21. GREGORY, K. E., BLUNN, T. C. y BAKER, M. L. A study of some of the factors influencing the birth and weaning weights of beef calves. *Journal of Animal Science* 9(3):338-346. 1950.
22. _____. Improvement of beef cattle through breeding methods. *Nebraska Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 196.* 1961.
23. _____. et al. Heterosis effects on growth rate and feed efficiency of beef steers. *Journal of Animal Science* 25(2):299-230. 1966.
24. HADAD, C. y VOHNOUT, K. Estabulación y pastoreo en el crecimiento de terneros de lechería en el trópico. *In Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 3a, Bogotá, 1971.* 56 p.
25. HEDRICK, H. B. Beef cattle type and body composition for maximum efficiency. *Journal of Animal Science* 34(5):870-874. 1972.

26. HICKMAN, C. G. y BOWDEN, D. M. Correlated genetic responses of feed efficiency, growth and body size in cattle selected for milk solids yield. *Journal of Dairy Science* 54:1848-1855. 1971.
27. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Archivos de la Estación Meteorológica de Turrialba. Turrialba, Costa Rica, Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, 1972. p. irr.
28. ITURBIDE, A., SANCHEZ, C. y CORDON, O. Factores que afectan el peso al destete en un ható Brahman. *Memoria ALPA* 6:180..
29. JEUBERT, D. M. An analysis of factors influencing postnatal growth and development of the muscle fibre. *Journal of Agricultural Science* 47(1):59-102. 1956.
30. JOANDET, G. E. y CARTWRIGHT, T. C. Estimation of efficiency of beef production. *Journal of Animal Science* 29(6):862-867. 1969.
31. _____. Estudio de dificultades de parto, sobrevivencia y características de crecimiento de bovinos cruza sobre madres Aberdeen Angus. Texas, 1973? s.n.t. 19 p. (Mecanografiado).
32. KINCAID, C. M. Breed crosses with beef cattle in the South: a report of cooperative research under Southern Regional Project S-10. Alabama Agricultural Experiment Station. Southern Cooperative Series Bulletin no. 81. 1962. 24 p.
33. KLEIBER, M. The fire of life, an introduction to animal energetics. New York, Wiley, 1961. pp. 291-326.
34. KLOSTERMAN, E. W. Beef cattle size for maximum efficiency. *Journal of Animal Science* 34(5):875-880. 1972.
35. KNAPP Jr., B. y NORDSKOG, A. W. Heretability of growth and efficiency in beef cattle. *Journal of Animal Science* 5(1):62-70. 1946.
36. KOCH, R. M. y CLARK, R. T. Genetic and environmental relationships among economic characters in beef cattle. III. Evaluating maternal environment. *Journal of Animal Science* 14(4):979-996. 1955.
37. _____. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science* 22(2):486-494. 1963.
38. LABBE, S. Comportamiento reproductivo y productividad de las razas Criollo, Santa Gertrudis, Brahman y Romo Sinuano. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1970. 56 p.

39. LUITINGH, H. C. The efficiency of beef production in terms of carcassweight increase as influenced by the ration concentration and the age of steers. *Journal of Agricultural Science* 61(1):127-134. 1963.
40. MATTOSO, J. Aspectos do crescimento de zebus, na fazenda experimental de criação de Uberaba. *Experientiae (Brasil)* 1(3): 65-118. 1961.
41. MEDINA, O. D. Productividad de carne de ocho grupos raciales de bovinos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1973. 52 p.
42. MULLER-HAYE, B. D. et al. Influencias genéticas sobre el peso al nacer y su relación con aumento diario en becerros Criollos, Brahman y sus cruces recíprocos. *Memoria ALPA* 3:89-102. 1968.
43. MUÑOZ, H. y MARTIN, T. G. Crecimiento antes y después del destete en ganado Criollo, Brahman y Santa Gertrudis y sus cruces recíprocos. *Memoria ALPA* 3:197. 1968.
44. _____. Growth and carcass traits of Santa Gertrudis, Brahman and Criollo cattle and their reciprocal crosses. Thesis Ph.D. Purdue University, 1969. 169 p.
45. PEACOCK, F. M. et al. Genetic and environmental influences on weaning weight and slaughter grade of Brahman, Shorthorn and Brahman Shorthorn crossbred calves. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 624. 1960. 15 p.
46. PRICE, D. A. et al. Rate and efficiency of gains in beef cattle. Oregon Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin no. 46. 1959. 23 p.
47. SHELBY, C. E., CLARK, R. T. y WOODWARD, R. R. The heritability of some economic characteristics of beef cattle. *Journal of Animal Science* 14(2):372-385. 1955.
48. TANEJA, V. K. y BHAT, P. N. Genetic parameters of growth in Sahiwal cattle. *Indian Journal of Animal Science* 41(10): 897-902. 1971.
49. TAYLOR, C. S. ST. y FITZHUGH Jr., H. A. Genetic relationships between mature weight and time taken to mature within a breed. *Journal of Animal Science* 33(4):726-731. 1971.
50. TORRES, J. R. Correlações genéticas de pesos e ganhos em pêso de bezerros Zebus. *Experientiae (Brasil)* 2(1):445-517. 1962.

51. TULLOH, N. M. Efficiency of production by farm animals. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 38(2): 81-85. 1972.
52. URICK, J. J. et al. Relationships between cow and calf weaning weights in Angus, Charolais and Hereford breeds. Journal of Animal Science 33(2):343-348. 1971.