

ESTUDIO DEL VIGOR HIBRIDO EN CRUZAMIENTOS RECIPROCOS DE LAS
RAZAS BRAHMAN, SANTA GERTRUDIS Y CRIOLLO

por

JESUS ANTONIO LUNA DURAN

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba, Costa Rica

Enero de 1965

ESTUDIO DEL VIGOR HIBRIDO EN CRUZAMIENTOS RECIPROCOS DE LAS
RAZAS BRAHMAN, SANTA GERTRUDIS Y CRIOLLO

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados
como requisito parcial para optar al grado

de

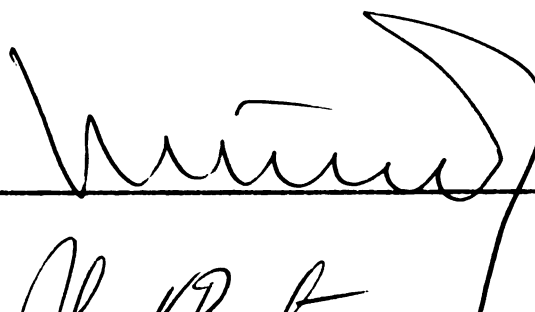
Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

Permiso para su publicación, reproducción total o parcial,
debe ser obtenido en dicho Instituto.

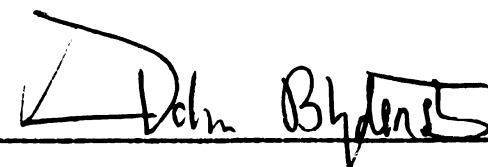
APROBADA:



Consejero



Comité



Comité



Comité

Enero de 1965

iii

A mis padres y hermanos

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento:

Al Dr. Jorge de Alba por facilitarme la ayuda necesaria para continuar estudios de postgraduado en esta Disciplina de Zootecnia.

Al Ing. Héctor Muñoz C., quien en todas las etapas de desarrollo de este estudio participó activamente y me inculcó los principios básicos de la cría animal.

Al Ing. Gilberto Páez B., quien participó en la ejecución de los cálculos y me trasmitió conocimientos de estadística.

Al Dr. Richard A. Damon Jr. Director Asociado de la Estación Experimental de Massachusets por su ardua cooperación en la resolución de las matrices de mínimos cuadrados, mediante las máquinas IBM de esa Institución.

Al Dr. John V. Bateman por sus consejos en la realización de este trabajo.

A mis compañeros.

BIOGRAFIA

El autor nació en San Pedro de las Colonias, Coahuila, México el 2 de setiembre de 1940. Hizo sus estudios de primaria, secundaria y bachillerato en la ciudad de Torreón, Coahuila. En el año de 1957 ingresó a la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" de la ciudad de Saltillo Coah. donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo el 2 de julio del año de 1962.

Desde julio de 1962 prestó sus servicios como inspector técnico en el Banco Agrario de la Laguna S. A.

En julio de 1963, ingresó al I.I.C.A. para efectuar estudios postgraduados en la disciplina de Zootecnia, egresando en enero de 1964.

?

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	vii
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
Peso al nacer	3
Peso al destete	7
Aumentos después del destete	12
MATERIALES Y METODOS	18
Datos de la localidad, manejo y diseño de los animales .	18
Métodos utilizados para el ajuste y cálculo de datos ...	22
Peso al nacer	22
Peso al destete	23
Aumentos después del destete	24
Análisis de variancia simultáneo para los valores de los puros y sus cruzas	25
PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	29
Ajuste de datos	29
Peso al nacer	29
Peso al destete	31
Aumentos de peso después del destete	34
Análisis de variancia simultáneo para los valores de los puros y sus cruzas	36
Peso al nacer	36
Peso al destete	43
Aumentos de peso después del destete en las hembras .	49
Aumentos de peso después del destete en los machos ..	53
RESUMEN Y CONCLUSIONES	58
SUMMARY AND CONCLUSIONS	62
LITERATURA CITADA	66
APENDICE	71

LISTA DE CUADROS

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Algunos índices de herencia para peso al nacer estimados por diferentes autores y métodos	4
2	Índices de herencia para pesos al destete, estimados por diferentes autores	7
3	Origen genético de los animales	19
4	Obtención y grados de libertad para el modelo matemático, utilizado en las tres medidas en estudio	27
5	Datos originales de los tres años para pesos al nacer, destete, y aumentos después del destete en tres razas puras y sus cruzas recíprocas	72
6	Datos ajustados de los tres años para pesos al nacer, destete y aumentos después del destete en tres razas puras y sus cruzas recíprocas	73
7	Ecuaciones reducidas de mínimos cuadrados para el modelo: $Y_{ghijk} = \mu + t_g + a_n + p_{1ii} + g_{.i} + g_{.j} + m_{.j} + Y_{2ij} + \Sigma_{ghijk}$. Peso al nacer	74
8	Ecuaciones reducidas por columnas en peso al nacer	74
9	Ecuaciones reducidas para mínimos cuadrados y RHM (miembro derecho de la ecuación) para peso al nacer	74
10	Ecuaciones de mínimos cuadrados para peso al destete	75
11	Ecuaciones reducidas para mínimos cuadrados en peso al destete	75
12	Ecuaciones de mínimos cuadrados para aumentos de peso en hembras	76
13	Ecuaciones reducidas para mínimos cuadrados y RHM's en aumentos de peso para hembras	76
14	Ecuaciones de mínimos cuadrados para aumentos de peso en machos	77
15	Ecuaciones reducidas para mínimos cuadrados y RHM's en aumentos de peso para machos	77

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
16	Análisis de variancia para pesos al nacer (valores sin ajustar)	29
17	Influencia del sexo en el peso al nacer	30
18	Valores de la ecuación cuadrática para la edad de la madre	31
19	Análisis de variancia para peso al destete	32
20	Valores de la ecuación cúbica para la edad de la madre y el peso al destete de sus crías	34
21	Análisis de variancia para peso al nacer, destete y aumentos después del destete	37
22	Tabla de constantes para ajuste	38
23	Comparaciones para años y efectos genéticos en peso al nacer ajustados por sus constantes	42
24	Comparaciones para años y efectos genéticos, en pesos al destete ajustados por sus constantes	48
25	Comparaciones para efectos genéticos en aumentos de peso de las hembras	52
26	Comparaciones para efectos genéticos en aumentos de peso de los machos	57

INTRODUCCION

En los últimos años la investigación ganadera ha enfocado su atención hacia el desarrollo de animales superiores en sus caracteres de producción, mediante la aplicación de la genética animal.

Uno de los métodos más valiosos en la producción comercial del ganado de carne es el de cruzamientos. Este puede efectuarse entre animales de una misma raza o entre animales de razas diferentes. El híbrido que resulta de estos apareamientos generalmente posee un aumento extra en producción, aparte del promedio de las razas puras paternas, esto es precisamente lo que se conoce como vigor híbrido.

El uso de este sistema en la explotación del ganado de carne se inició desde que el criador comenzó a conocer los problemas y la relación entre el medio ambiente y los animales.

Los primeros trabajos de cruzamientos fueron realizados en la región sureste de los Estados Unidos donde las condiciones de temperatura, clima, humedad y calidad de los pastos fueron adversos para la adaptación de razas de origen europeo.

Las importaciones de ganado Cebú contribuyeron a resolver los problemas de adaptación encontrados por las razas europeas y además mostraron habilidad para mejorar el ganado nativo de esas regiones mediante cruzamientos.

El éxito de estos cruzamientos reside en la magnitud del vigor híbrido expresado en los caracteres de mayor importancia económica.

El objetivo principal del presente estudio es el de medir el efecto de la heterosis a través de los cruzamientos recíprocos en las razas Brahman, Santa Gertrudis y Criollo, así como estimar las

diferencias en las razas puras, en cuanto a su habilidad combinatoria general, efecto materno y efecto ligado al sexo, en sus pesos al nacer, destete y aumentos después del destete.

REVISION DE LITERATURA

Para evaluar y comparar correctamente el comportamiento entre los puros y los híbridos es necesario conocer los factores genéticos ambientales que están causando la variación total entre los individuos. La variación debida al ambiente puede constituir una gran porción de la variación total que puede deberse a efectos prenatales, sexo, año de nacimiento, edad de la madre, edad del becerro, nutrición y otros factores de menor reconocimiento.

En este trabajo de revisión se discutirán algunos de los factores ambientales que tienen mayor influencia en los puros y los híbridos, y se compararán en cuanto a sus pesos al nacer, destete y aumentos después del destete.

Peso al nacer

Si el fenotipo de un animal a una edad temprana es la expresión del genotipo, es posible seleccionar individuos con características superiores en base a su comportamiento inicial (15, 21).

El peso al nacer tiene alguna ventaja en la selección ya que los individuos que nacen con pesos arriba del promedio son más fuertes y crecen más rápido, pudiendo en un tiempo relativamente corto estar dispuestos al sacrificio (15, 20, 21).

La ventaja más útil del peso al nacer como medida de selección es la relación que existe con otras medidas de crecimiento en el individuo. Varios autores (21, 30, 39, 42, 43, 55), han indicado que los becerros más pesados al nacer conservan esta ventaja al destete y en aumentos de peso después del destete.

El grado de respuesta que se puede esperar de este carácter a través de la selección, depende del índice de herencia, y puede variar ampliamente si se considera que han sido estimados en diferentes ambientes y razas de animales.

CUADRO 1. Algunos índices de herencia para peso al nacer estimados por diferentes autores, y métodos.

Autores	h^2 en %	Método
Dawson <u>et al.</u> (15)	11	Correlación entre medios hermanos
Blunn, M.J. y Blunn, C.T. (9)	22	Correlación entre medios hermanos
Knapp y Nordskog (30)	23	Correlación intra-padre
Knapp y Nordskog (30)	42	Regresión de padres e hijos
Gregory <u>et al.</u> (21)	45-100	Correlación entre medios hermanos paternos

De estos valores podemos concluir que el índice de herencia para este carácter en general es alto y que bastante progreso se puede lograr a través de la selección.

Para considerar válido el peso al nacer como medida de selección y en base de comparación es necesario separar del fenotipo aquellos factores que inhiban o confundan su verdadera expresión.

La edad de la madre es considerada por varios investigadores (9, 15, 21, 39, 48, 59), como uno de los factores de mayor variación para juzgar el peso al nacer del becerro. Marlowe (39) trabajando con un

total de 10,076 becerros de las razas Angus, Hereford y Shorthorn, encontró que los becerros más pesados al nacer fueron producidos por vacas de 6 y 7 años de edad. En las vacas Angus y Hereford hubo aproximadamente $1 \frac{2}{3}$ lbs. de aumento por año de incremento en la edad de la madre. En las vacas Shorthorn fue de $2 \frac{1}{3}$ lbs. hasta los 6 y 7 años de edad. Después de esta edad en las tres razas, el peso al nacer decrece conforme la edad de la madre aumenta. Resultados similares a los anteriores fueron obtenidos por (9, 15, 21, 34) y diferentes a los encontrados por Burris y Blunn (9), quienes indican que los mayores pesos al nacer en ganado Angus y Hereford fueron producidos por vacas de 9 y 10 años de edad y el valor de la regresión fue de 1.04 altamente significativo. Otros resultados diferentes, en cuanto a la edad óptima de la vaca para producir becerros más pesados son dados por Knapp, et al. (31), quienes encontraron que las vacas de 4 y 5 años producen los becerros más pesados al nacer, pero consideran además, que el peso de la vaca, secuencia y número de partos y longitud de gestación son factores importantes en el peso al nacer. Estos últimos conceptos están parcialmente de acuerdo a los obtenidos por Dawson, et al. (15), al considerar 307 becerros, encontró una correlación positiva de 0.25 entre el peso al nacer y longitud de gestación, aunque fue significativa al 5%, la consideran con poca asociación. Estos mismos autores consideran que el peso de la madre es un factor importante que debe considerarse en el peso al nacer del becerro. Una correlación múltiple hecha para la edad y peso de la madre, sobre el peso al nacer del becerro, fue de 0.562 altamente significativo.

El sexo del becerro es otra fuente importante de variación en el

peso al nacer. Varios trabajos (8, 9, 21, 39), demuestran que los machos son superiores a las hembras, cuando se comparan bajo condiciones similares.

La superioridad del híbrido sobre el puro empieza desde que el becerro nace. Algunos estudios (5, 19, 27, 38), concuerdan en que el vigor híbrido se puede manifestar, bajo dos puntos de vista:

La exteriorización del vigor híbrido sobre la descendencia de dos razas puras (3, 5, 10, 12, 13, 14, 17, 26, 27), y el comportamiento de la madre híbrida sobre el desarrollo de su descendencia (3, 5, 19, 38), Baker y Quesenberry (5), compararon el comportamiento de novillos Hereford v.s. Hereford x Shorthorn, encontraron que los híbridos fueron significativamente más pesados al nacer que los Hereford.

Mc.Cormick y Southwell (38), comparando el comportamiento de becerros de cruza Británicas contra becerros Brahman x razas Británicas, encontraron que los becerros Brahman x Hereford fueron significativamente más pesados al nacer que los becerros Angus x Hereford, Estos resultados son similares a los encontrados por Kincaid (27), quien además considera que el efecto de heterosis en los cruzamientos de razas Británicas es de pequeña magnitud. Este último autor difiere de lo encontrado por Baker y Quesenberry (5) y Godley et al. (19), quienes al comparar el comportamiento de vacas Angus puras, Brahman x Angus, Hereford x Angus y Brahman x Hereford apareadas con un toro Shorthorn encontraron que los becerros más pesados al nacer fueron producidos por las vacas Angus x Hereford.

Peso al destete

El peso del becerro al destete es una combinación de la producción de leche de la madre y la capacidad genética del becerro para crecer (18, 20, 21, 22, 27, 37, 42, 43, 44, 48, 52, 53, 58). Muchos de estos estudios han indicado que la producción de leche de la madre es el factor más importante en el peso del becerro al destete.

Otros autores (16, 18, 21, 22, 47), consideran que el peso al destete es una de las medidas de mayor importancia económica en la producción del ganado de carne, debido a que los aumentos hechos antes del destete resultan más económicos que los que se obtienen después, en el lote de alimentación o en pruebas de pastoreo.

El valor promedio de los índices de herencia para pesos al destete oscila entre 20 y 30%, e indica que aunque el ambiente influye en su mayor parte, se puede lograr un mejoramiento en esta medida de crecimiento mediante la selección.

CUADRO 2. Índices de herencia para pesos al destete, estimado por diferentes autores.

Autores	h^2 en %
Carter, R.C. y Kincaid, C.M. (11)	69, 8
Dawson, W.M. <u>et al.</u> (15)	0, 5, 15, 19
Guyer, P. Q. y Lucas, L.E. (22)	30
Hamann, H.K. <u>et al.</u> (24)	47, 49
Rollins, W.C. y Wagnon, K.A. (53)	
Knapp y Nordskog (30)	0, 12
Knapp y Clark (29)	28
Swiger, L.A. (59)	0.28 \pm 0.08
	0.00 \pm 0.06
	0.20 \pm 0.06

El verdadero genotipo del becerro puede ser inhibido por los factores ambientales y confundir la selección de animales con alto mérito genético.

Para evaluar el comportamiento del becerro es necesario conocer los factores de tipo ambiental y la magnitud en que éstos, causan variabilidad en el peso al destete. Varios autores (39, 40, 42, 44, 47) indican que los principales factores que afectan el peso al destete del becerro son: (edad de la madre, edad y sexo del becerro y en menor grado el peso al nacer.)

— La edad de la madre es un factor importante en el peso al destete del becerro. Las vacas adultas producen más leche y consecuentemente esta producción contribuye en el peso del becerro al destete. Algunos autores (18, 34, 39, 40, 60), concuerdan en que los becerros más livianos al destete son producidos por vacas de 2, 3 y 4 años de edad y conforme aumenta la edad de estas el peso del becerro incrementa hasta los 6 y 7 años, después de esta edad, el peso de los becerros permanece constante hasta los 11 años; vacas mayores de esta edad producen becerros tan livianos como las vacas de dos años.

Resultados algo diferentes fueron encontrados por Peacock (48), al estudiar el comportamiento entre las razas Brahman, Shorthorn y sus cruza, indicando que las vacas de 2 años producían los becerros más livianos, pero las vacas de 3 años destetaron becerros de igual tamaño que las de 7, 9, 13 y 18 años. Los becerros de vacas de 10 y 12 años de edad fueron los más pesados. Otros resultados, encontrados por Rollins y Guilbert (52), muestran que una curva de regresión de segundo grado describe adecuadamente, el efecto de la edad de la

madre en el crecimiento de becerros Hereford a los 4 y 8 meses de edad.

Numerosos estudios (8, 39, 48, 50, 51, 64), han revelado que el sexo es una fuente importante de variación en los pesos del ganado en todas las edades.

Brinks, et al. (8), estudiando los valores de ajuste para el sexo del becerro, en peso al nacer, aumentos del nacimiento al destete y peso al destete, encontraron que las diferencias en sexo para las tres pruebas estudiadas resultaron altamente significativas ($P < .01$), a favor de los toretes. Estos resultados son corroborados por Knapp et al. (31), Peacock (48), y Swiger (59). Este último autor, encontró que los novillos fueron más pesados al destete que las novillas y además tienen la habilidad para aumentar más rápido y eficientemente. ✓

Si dos becerros son de igual mérito genético y son hijos de vacas que producen igual cantidad de leche, el becerro de más edad pesará más que el becerro más joven. Este concepto es dado por Marlowe (39) quien encontró un descenso en el promedio de aumento diario conforme la edad aumentaba en los becerros de los 60 a 300 días. Para estudiar la correlación en el crecimiento del nacimiento al destete, Swiger et al. (59), efectuaron regresiones parciales sobre la edad del nacimiento a los 130 días, y de los 130 días a los 200 días, encontraron que el período inicial de crecimiento tenía un efecto ligeramente curvilíneo, pero el promedio de aumento diario se ajustaba a la regresión lineal. Mientras que el crecimiento de los 130 a los 200 días tuvo un efecto curvilíneo pronunciado y la regresión fue significativa ✓
($P < .05$).

Estos resultados están parcialmente de acuerdo a los dados por Peacock, et al. (47), encontrando más satisfactorio el coeficiente de regresión lineal para ajustar la edad del becerro a un promedio de 180 días.

Los trabajos anteriores (47, 59) están en desacuerdo con los obtenidos por Sullivan, (58), quien estudiando la relación de crecimiento del nacimiento a los 120 días de edad en becerros puros de las razas Angus, Brahman, Brangus y Hereford así como cruza F_1 y retrocruzas, indicaron que tanto en novillos como novillas de cada grupo, el crecimiento fue encontrado curvilíneo durante el período estudiado.

destete
El peso al nacer, lo consideran algunos autores (39, 42, 49, 55) como una fuente de variación en los aumentos del nacimiento al destete y peso al destete. Marlowe (39), encontró que el peso al nacer afectaba los aumentos del nacimiento al destete en 0.085 y 0.086 lbs. por día por cada diferencia de 10 lbs. en el peso al nacer. Resultados obtenidos por Nelms y Bogart (42), indican que el peso al nacer **tiene** mayor influencia sobre los aumentos de peso. Ellos encontraron un valor de regresión de 0.115 por cada diferencia de 10 lbs. en peso al nacer. Estos resultados coinciden con los de Shah (55), al encontrar en ganado Hereford, que los becerros más pesados al nacer fueron más pesados a los 8 1/2, 13, y 15 meses de edad.

Cuando los pesos al destete son ajustados por todos aquellos factores que influyen sobre su verdadero valor, las comparaciones que se realizan son más indicativas de la habilidad productiva de las vacas y del mérito genético del becerro. x

Las comparaciones entre los puros y sus cruzas en esta etapa de crecimiento han demostrado que los mayores pesos promedio favorecen al híbrido. Numerosos trabajos (3, 5, 10, 12, 17, 26, 27, 28, 37, 38, 64), han indicado que el vigor híbrido se manifiesta en el peso al destete.

Uno de los primeros trabajos en cruzamientos fue realizado por Lush et al. (36), en Texas para comparar el comportamiento de vacas Brahman, Hereford y Hereford x Brahman, en pastoreo, encontrando que las vacas cruzadas Brahman x Hereford producían becerros considerablemente más pesados al destete que los becerros de vacas Hereford o Brahman puras.

Dentro de los trabajos de cruzamientos uno de los más completos y mejor diseñado para medir el valor del vigor híbrido fue realizado por Damon y colaboradores (12, 13, 14), en Jeanerette, Louisiana. Se comparó el comportamiento de toros de las razas Angus, Brahman, Brangus, Hereford, Shorthorn y Charolaise que fueron apareados con vacas Angus, Brahman, Brangus y Hereford. Los mayores pesos al destete correspondieron a los híbridos, siendo superiores a los puros. Las cruzas más sobresalientes fueron: Charolaise x Brahman, Charolaise x Brangus, Hereford x Brangus, Hereford x Brahman, Charolaise x Angus, Brahman x Brangus y Shorthorn x Brangus, resultando del apareo entre los toros y vacas que produjeron y criaron los becerros más pesados al destete. En este mismo estudio, para estimar más eficientemente el efecto del vigor híbrido, se comparó el comportamiento de las razas Angus, Brahman, Brangus y Hereford contra sus cruzas recíprocas. El análisis de variancia reveló para el efecto de la heterosis, significancia estadística al 1%, y el promedio resultó a favor de los híbridos.

Trabajos realizados por Baker y Knapp (4) y Gerlaugh et al. (17) concuerdan en que el híbrido resultante del apareo entre razas Británicas es superior en peso al de los becerros de las razas puras.

Aparte del híbrido F_1 , existen otros cruzamientos que indican una buena magnitud de vigor híbrido. Kidder et al. (26), compararon becerros puros de las razas Brahman y Angus contra sus cruza recíprocas, retrocruzas y cruzamientos entre los híbridos F_1 . Encontraron que el promedio de todas las cruza fue superior en un 17% al promedio de los Brahman y Angus puros.

Otra expresión del vigor híbrido, es la habilidad materna que tienen las vacas cruzadas para criar becerros de buen peso al destete. Mc.Cormick y Southwell (38), y Godley et al. (19), están de acuerdo en que las vacas híbridas Brahman x razas Británicas apareadas con toros Hereford o Shorthorn producen becerros más pesados al destete que los producidos por vacas puras o de cruza Británicas apareadas por los mismos toros. Resultados similares también fueron obtenidos por Kincaid (27) y por Baker y Black (3).

Aumentos de peso después del destete

Las pruebas de comportamiento en el individuo son de mayor validez, si se realizan después del destete, ya que, es cuando el animal tiene que buscar por sí solo su propio alimento y es precisamente donde muestra su verdadera habilidad productiva, independientemente de la habilidad lechera de la madre.

La habilidad para aumentar de peso en ganado de carne es un carácter que se puede mejorar rápidamente, mediante la selección de

individuos con alto mérito genético en el comportamiento después del destete.

Varios autores (4, 29, 30, 39, 63) indican que el índice de herencia para aumentos de peso es un carácter altamente heredable. Knapp y Nordskog (30), encontraron un índice de herencia de 75%, estimado por el método de correlación intra-padre y por regresión de padres a hijos de 72%. Knapp y Clark (29), revisando las estimaciones sobre la progenie de 64 toros obtuvieron índices de 67% por el método de correlación entre medios hermanos y 77% por el método de regresión de padres a hijos.

Para evaluar el mérito verdadero de un animal durante esta etapa de crecimiento hay que equilibrar aquellos factores que están causando mayor variación en el comportamiento de los individuos.

Varios autores (39, 41, 49, 56, 61) consideran que la edad y peso inicial en los becerros son los factores que tienen mayor influencia sobre los aumentos. Pierce et al. (49) encontraron en una prueba de alimentación después del destete que la edad al inicio de la prueba tuvo un efecto positivo y significativo sobre los aumentos durante la prueba, y que el peso sobre la prueba de alimentación tuvo un efecto negativo y significativo sobre los aumentos. Resultados similares fueron obtenidos por Moore et al. (41), pero diferentes a los obtenidos por Bennett y Matthews (6), quienes encontraron que el peso inicial del becerro en la prueba de alimentación no influía en la relación de aumentos.

Smith et al. (56), estudiando el crecimiento de becerros de 500 hasta 900 lbs. de peso, encontraron que las relaciones de aumento en

cada incremento de 100 lbs. eran similares. Sin embargo se notó un pequeño incremento en la relación de aumentos conforme el peso vivo aumentaba y sugieren que si las diferencias en peso y edad son grandes la relación de aumentos se verá influenciada.

Algunos trabajos (6, 56), indican que la eficiencia en aumentos está íntimamente correlacionada con la edad y el peso del animal. Bennett y Matthews (6), encontraron que el peso del becerro al inicio de la prueba tuvo una influencia significativa sobre la eficiencia en aumentos y peso final en el lote de alimentación. Otros estudios sobre eficiencia son dados por Smith et al. (56), quienes encontraron grandes diferencias en el alimento requerido por cada 100 lbs. de aumento en novillos o novillas, cuando el peso aumentaba de las 500 a las 900 lbs. de peso.

Los aumentos durante el período del nacimiento al destete no muestran una relación uniforme sobre los aumentos después del destete en el lote de alimentación (39, 49, 54). Estos mismos autores consideran que los aumentos antes del destete no pueden predecir correctamente los aumentos después del destete. Lo anterior es corroborado por Marlowe (39), quien lo justifica si se considera que la madre del becerro es pobre productora de leche y éste no recibe ningún suplemento alimenticio, probablemente su crecimiento antes del destete sea inferior a su potencial genético, para crecer y consecuentemente el tenderá a compensar para esa limitación durante un período subsecuente de alimentación.

Varios autores (6, 44, 54, 60), están de acuerdo en que la edad de la madre tiene poca influencia sobre los aumentos después del

destete. Sabin et al. (54) informan que los becerros de vacas de dos años fueron marcadamente los más lentos para ganar peso, pero ninguna influencia estuvo presente cuando la edad avanzaba.

Al comparar la relación de la edad de la madre con la eficiencia de la alimentación, Bennett y Matthews (6), concluyen en que la edad no tiene influencia sobre la relación de aumento; si las diferencias en el peso inicial son ajustadas.

El sexo en esta medida al igual que para pesos al nacer y destete es una fuente importante de variación, encontrándose que los toretes generalmente aumentan más rápido que los novillos y estos que las novillas. Así lo demuestran algunos trabajos (6, 56) realizados en pruebas de alimentación. Bennett y Matthews (6), encontraron que los machos ganaban 0.66 lbs. más por día que las hembras durante un período de alimentación de 168 días. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Smith et al. (56), y Bogart et al. (7), estos últimos autores estudiando la relación entre los niveles de úrea en la sangre y la relación de aumentos y eficiencia en la conversión de alimentos, encontraron que los novillos exhibían menores niveles de úrea en la sangre que las novillas a las 500 lbs. de peso. Los constituyentes de la sangre fueron inversamente correlacionados con los porcentajes de aumentos y positivamente con el consumo de alimento por unidad de aumento.

La expresión de vigor híbrido en esta etapa de crecimiento ha mostrado tener una respuesta ventajosa en la producción de individuos con características de producción altamente deseables. Así lo indican numerosos trabajos (12, 13, 14, 17, 38, 46, 64), cuando se comparan

en un ambiente similar y durante una prueba de alimentación, el híbrido supera al puro. Yamamoto (64), en Turrialba comparó los aumentos de peso de toretes bajo pastoreo en las razas Brahman, Santa Gertrudis y Criollo y sus cruzas recíprocas. Indicó que los mayores aumentos diarios correspondieron a las cruzas Brahman x Criollo, Brahman x Santa Gertrudis y Criollo x Brahman, siendo de 0.696, 0.645 y 0.601 Kg. respectivamente.

Damon et al. (13, 14), en sus trabajos antes citados compararon los aumentos de peso después del destete en los puros y sus cruzas recíprocas, encontraron que el efecto de heterosis fue altamente significativo a favor de los híbridos. Los más sobresalientes fueron Brahman x Hereford, Charolaise x Hereford, Shorthorn x Hereford, Brahman x Angus, Charolaise x Angus y Brangus x Hereford, siendo sus aumentos diarios de 2.03, 2.01, 1.99, 1.96, 1.94 y 1.91 respectivamente. Estos y otros trabajos (17, 28, 38, 60), demuestran que el híbrido supera al puro en ganancia de peso durante períodos de alimentación después del destete. Sin embargo es muy importante determinar que cantidad de alimento que es requerido para producir una unidad igual de aumento de peso vivo.

Algunos trabajos (17,28) indican que en eficiencia alimenticia los híbridos también están en ventaja sobre los puros. Knapp et al. (28), comparando novillos Hereford y HerefordxShorthorn, encontraron que los Hereford x Shorthorn ganaron más en el lote de alimentación y fueron más eficientes en la conversión de alimentos que los Hereford puros. Resultados similares fueron obtenidos por Gerlaugh et al. (17), pero contrarios a los obtenidos por Carroll et al.(10), quienes compararon

novillos Hereford y Hereford x Shorthorn. Los resultados indicaron que los Hereford puros ganaron significativamente más rápido y ligeramente más eficientes en la conversión de alimentos que los Hereford x Shorthorn.

MATERIALES Y METODOS

Datos de la localidad, manejo y diseño de los animales

El presente estudio reúne informaciones de los años 1961 a 1963 de cruzamientos entre las razas Brahman, Santa Gertrudis y Criollo.

Durante los tres años los cruzamientos se realizaron en el Departamento de Industria Animal del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en Turrialba, Costa Rica.

Turrialba se encuentra localizada en la vertiente del Atlántico aproximadamente a 602 m de altura. Su precipitación media anual es de 2,600 mm. El mes más lluvioso, diciembre con 343.5 mm y los menos lluviosos febrero, marzo y abril con 142.6, 65.8 y 103.8 mm respectivamente. Su temperatura media es de 22.5°C. Su promedio de humedad relativa es de 86.94%.

El hato de la raza Criollo que se utilizó en este trabajo estuvo formado por vacas de deshecho del hato lechero de este Departamento. El deshecho consistía en vacas que no bajaron la leche sin ternero o que presentaron problemas de mastitis. Se procuró escoger dentro de estos animales aquellos de mayor tamaño y mejor conformación. Los toros criollos usados fueron animales adultos que ya se habían utilizado en el hato lechero y que tenían buena conformación. Una mayor información acerca del Criollo Lechero Tropical en cuanto a su origen, características y localización es dada por de Alba y Carrera (1).

El hato Brahman utilizado se formó con animales importados de diferentes lugares de los Estados Unidos. Mientras que el hato Santa

Gertrudis se formó exclusivamente con animales importados de "KING RANCH", Estados Unidos.

El experimento se inició todos los años con la época empadre que cubrió los meses de abril, mayo y junio inclusive. Para tal objeto se formaron tres grupos de vacas, estando integrado cada uno por nueve vacas de cada una de las tres razas en estudio.

Todos los años fueron rotados toros de las tres razas. De esta manera cada año se obtuvieron nueve tipos diferentes de ganado, los cuales pueden verse en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Origen genético de los animales.

T O R O S	V A C A S		
	Santa Gertrudis	Brahman	Criollo
Santa Gertrudis	G x G Puro 1,1	G x B Y _{1,2}	G x C Y _{1,3}
Brahman	B x G Y _{2,1}	B x B Puro 2,2	B x C Y _{2,3}
Criollo	C x G Y _{3,1}	C x B Y _{3,2}	C x C Puro 3,3

B = Brahman

G = Santa Gertrudis

C = Criollo

El nacimiento de los terneros ocurrió en los tres años durante los meses de enero, febrero, marzo y mediados de abril, (ver Cuadro 5). El peso al nacer y sexo de los becerros se registró dentro de las primeras 24 horas después del nacimiento (Cuadro 5).

Durante el período del nacimiento al destete que abarcó los meses de enero a octubre los terneros permanecieron junto con sus madres en potreros con las especies Guinea (Panicum maximum), Gamalote (Paspalum fasciculatum) y Pará (Panicum purpurascens, Raddi).

En el mes de julio los becerros fueron pesados, tatuados, herrados y se vacunaron contra pierna negra (Clostridium chauvoei), edema maligno (Vibrion septique) y fiebre de embarque (Bacillus anthracis).

Después de esta fecha se formó un sólo hato y los terneros fueron pesados mensualmente hasta el destete, efectuándose todos los años cuando el promedio de edad de todos los terneros en cada año era de ocho meses. Datos de peso al destete y promedio de peso en esta etapa aparecen en el Cuadro 5.

Con el propósito de eliminar el posible efecto del destete se les dio a todos los becerros un período preliminar de 15 días antes de considerar el peso inicial, para una prueba de alimentación en pastoreo. Cada año se midieron los aumentos de los becerros durante 140 días. El peso inicial y final así como los aumentos de peso para hembras y machos aparecen en el Cuadro 5.

Las fechas de iniciación de las pruebas en los tres años fueron:

14 de noviembre de 1961

7 de noviembre de 1962 y

11 de noviembre de 1963

Al principio de la prueba, hembras y machos, permanecieron juntos en potreros con pastos de las especies Guinea (P. maximum), Pará (P. purpurascens, Raddi), Gordura (Melinis minutiflora) y Gamalote (Paspalum fasciculatum). La superficie total de pastoreo destinada para la prueba de cada año fue aproximadamente de 60 Has.



Foto 1. Aspecto general de los becerros a la edad del destete.



Foto 2. Grupo de animales del experimento en potreros de Gordura (Melinis minutiflora).

Las hembras se separaron de los machos antes de que se manifestaran sus primeros celos y de esta manera se formaron dos hatos.

La rotación de potreros y las fechas de peso durante los tres años se efectuaron cada 28 días; tres días antes de su peso los toretes y novillas fueron cambiados a un potrero descansado con el fin de que todos los animales al día del peso estuvieran con el lleno de la panza a su máxima capacidad y de esta manera tener menos variaciones en los pesos.

Después del peso final de la prueba los machos recibieron calificación en pie y se destinaron para el sacrificio, mientras que, las hembras se conservaron para los hatos y otros programas de cría del Departamento.

Métodos utilizados para el ajuste y cálculo de datos

Peso al nacer

Un total de 178 becerros nacidos en los tres años fueron disponibles para el análisis de los datos. Con los valores de los datos originales se efectuaron análisis de variancia, correlaciones y regresiones, para conocer las causas de mayor variación entre los individuos de los diferentes grupos genéticos.

Los pesos al nacer se ajustaron por sexo, todos a machos, utilizando un factor multiplicativo de acuerdo a lo recomendado por Brinks et al. (8), quienes sugieren que se use multiplicativo, cuando los coeficientes de variación para hembras y machos son iguales o muy semejantes.

Con los promedios de pesos al nacer ya ajustados a machos se

practicó una prueba de tendencia con el fin de conocer la influencia de la madre sobre el peso al nacer de los becerros.

Los pesos al nacer sólo se ajustaron por sexo (Cuadro 6) todos a machos y se analizaron por el método de constantes de ajuste, utilizando para ellos el principio de mínimos cuadrados (45, 61). Los métodos para este tipo de análisis son dados por Henderson (25) y el modelo matemático y análisis de variancia simultáneo aparecen en la página 25.

Pesos al destete

Se consideraron un total de 171 pesos al destete, correspondiendo 85 a hembras y 86 a machos (Cuadro 5). Con los valores originales se efectuó un análisis de variancia preliminar con el fin de conocer las causas de mayor variación en los pesos al destete.

Los pesos fueron ajustados a una edad uniforme de 240 días por medio de un coeficiente de regresión lineal, de acuerdo a lo recomendado por Páez (45). Como se contaba con un número reducido de observaciones en la subclase fue necesario aumentarlas mediante la transformación de hembras a machos utilizando la fórmula dada por Brinks (8).

No fue posible estimar el efecto de la edad de la madre en cada grupo genético debido al número tan limitado de vacas con que se contó al principio del experimento, por tal motivo se tuvo que proceder de la siguiente forma:

Se agruparon las crías de todas las vacas de una misma edad. Los grupos formados fueron para las edades de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y más años.

Para estimar el efecto de la edad de la madre sobre el peso del becerro al destete, se calcularon correlaciones entre estas dos variables, para hembras y machos por separado y en conjunto. Para probar que tipo de ecuación era la que mejor se adaptaba a los pesos promedio de los becerros por la edad de la madre, se hicieron regresiones lineales, cuadráticas y cúbicas. x

Con los valores ajustados a una edad de 240 días, por sexo (todos a machos) y a una edad de la madre de 6, 7 y 8 años (Cuadro 6), se procedió a hacer un análisis de variancia simultáneo para los valores de los puros y las cruzas, siguiendo el mismo modelo que se utilizó en los pesos al nacer y que aparecen en la página 25.

Aumentos de peso

Los valores de aumentos de peso se analizaron por separado para 84 hembras y 86 machos (Cuadro 5).

Con el fin de conocer el posible efecto de la edad y peso inicial sobre los aumentos, se efectuaron correlaciones y regresiones simples. Ambas correlaciones y regresiones se efectuaron por separado para hembras y machos con el fin de conocer el efecto en cada sexo, así como las diferencias entre ellos. x

Los aumentos de peso para machos fueron corregidos por medio de una regresión múltiple con relación a la edad y peso inicial de la prueba.

Los valores ajustados para machos y hembras (Cuadro 6) se sometieron por separado al mismo tipo de análisis que se utilizó para las dos medidas anteriores y que aparecen en el modelo matemático de la página siguiente.

El efecto de años no reveló diferencia significativa, razón por la cual este efecto no fue incluido en el análisis de variancia simultáneo para los aumentos de peso de los puros y sus cruzas.

Análisis de variancia simultáneo para los valores
de los puros y las cruzas

Uno de los mayores problemas que con frecuencia ocurre en este tipo de datos es la desigualdad en el número de observaciones en la subclase, la estimación de los efectos principales, mediante el análisis estadístico de variancia, pierde validez debido a la no ortogonalidad de los datos.

El método de mínimos cuadrados para el análisis de datos con número desproporcionado permite ajustar esta desigualdad, y estimar en forma independiente los efectos de los factores considerados (45, 61). Otra de las ventajas de este método es que permite incluir una serie de factores genéticos, y estimar una constante para cada efecto, la restricción impuesta para cada constante es dada por el número de grados de libertad para el efecto considerado en el análisis de variancia.

Para el análisis de los pesos al nacer, destete y aumentos de peso después del destete para hembras y machos, fue utilizado el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ghijk} = \mu + t_g^* + a_n + p_{1ii} + g_{.i} + g_{.j} + m_{.j} + \gamma_{2ij} + \Sigma_{ghijk}$$

* El modelo matemático para los aumentos de peso en las hembras y los machos no incluyó el efecto para años (t_g).

Donde:

Y_{ghijk} = La observación k^{th} en la progenie proveniente del apareamiento de una vaca de la raza j^{th} con un toro de la raza i^{th} en el tipo h^{th} "Breeding" (puro o cruza), en el g^{th} año.

μ = Promedio general (con igual frecuencia en la subclase).

t_g = Un efecto común para todos los animales nacidos en el g^{th} año.

a_n = Efecto común a todas las progenes del tipo de "Breeding" (puros o cruza), la diferencia entre estos efectos constituye un estimador de la heterosis.

p_{1ii} = Efecto común a todas las progenes de un apareamiento entre una vaca de la raza j^{th} y un toro de la raza i^{th} .

$g_{.i}(g_{.j})$ = Este es el efecto de la habilidad combinatoria general y se asume ser la mitad de la genética aditiva de la raza i^{th} (j^{th}).

$m_{.j}$ = Efecto materno para la raza j^{th} de madre. Mide la habilidad pre y post natal de una raza y cada una es más bien una función del genotipo de una raza que da los genes transmitidos a la progenie hembra de la raza.

γ_{2ij} = Es un efecto común a todos los animales resultantes del apareo de la raza i^{th} de madre por la k^{th} raza de padre. Este es el efecto ligado al sexo y mide la diferencia entre las cruza recíprocas después de haber sido estimada la diferencia en habilidad combinatoria materna entre las razas i^{th} y j^{th} .

Σ_{ghijk} = Error al azar que se asume NID $(0, \sigma_e^2)$.

La obtención de los grados de libertad para el modelo anterior es dado en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Obtención y grados de libertad para el modelo matemático utilizado en las tres medidas en estudio.

F. V.	G. L.	P e s o		Aumentos	
		G.L.	G.L.	G.L.	G.L.
Años	$n'-1$	2	2		
Heterosis	1	1	1	1	1
Entre puros	$p-1$	2	2	2	2
Habilidad combinatoria general	$p-1$	2	2	2	2
Efecto materno	$p-1$	2	2	2	2
Efecto ligado al sexo	$\frac{p(p-3)}{2} + 1$	1	1	1	1
Error	$(n-p^2)-(n'-1)$	167	160	75	77
Total	$n-1$	177	170	83	85

p = número de razas puras en estudio.

n = número total de observaciones.

n' = número de años considerados en estudio.

La inversión de la matriz para obtener las constantes de ajuste para cada efecto, así como la suma de cuadrados, se obtuvieron mediante una calculadora de alta velocidad (IBM). Las ecuaciones de mínimos cuadrados y la reducción por hileras y columnas para las tres medidas consideradas en este estudio aparecen en el Apéndice, Cuadros 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

Para cada efecto se realizaron comparaciones con los promedios ajustados y las diferencias fueron probadas en una prueba de rango múltiple. (DUNCAN modificada por KRAMER 35).

También se utilizó la prueba de "t" cuando sólo se compararon dos promedios. Snedecor (57).

PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

En la presentación de resultados se discutirán por separado los obtenidos de los factores no genéticos por los que se ajustaron los datos y en segundo término los que se obtuvieron por el método de análisis de variancia simultánea para los valores de puros y cruza.

Ajuste de datos

Peso al nacer

Para conocer las causas de mayor variación no genética en el peso al nacer, como el efecto de sexo, años y posibles interacciones, se practicó un análisis de variancia preliminar que aparece en el Cuadro 16. Este análisis fue hecho con los datos originales que aparecen en el Cuadro 5.

CUADRO 16. Análisis de variancia para pesos al nacer (valores sin ajustar).

F. V.	G.L.	C. M.
Tratamientos	8	258.38 **
Sexo	1	270.08 **
Años	2	79.96 *
Tratamiento por sexo	8	50.54 **
Tratamiento por año	16	16.02 N.S.
Sexo por año	2	15.40 N.S.
Error	140	20.08
Total	177	

* Significativo estadísticamente al 5%.

** Significativo estadísticamente al 1%.

El sexo y los años mostraron diferencias significativas al 1% y 5% respectivamente. La diferencia en sexos para los pesos al nacer estuvo a favor de los machos, siendo más pesados que las hembras. Estos resultados (Cuadro 17) concuerdan con los encontrados por (9, 10, 21, 22) quienes indican que las hembras fueron 7% más livianas que los machos al nacer.

Debido a que el coeficiente de variación para hembras y machos en peso al nacer resultó ser muy semejante (Cuadro 17), el ajuste multiplicativo resultó más apropiado que el aditivo, para transformar los pesos de las hembras a machos.

CUADRO 17. Influencia del sexo en el peso al nacer.

Sexo	Número	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Machos	91	31.15	6.32	20.29
Hembras	87	28.69	4.89	16.94

El número desproporcionado de vacas de una misma edad impidió determinar correctamente el efecto de la edad de la madre sobre el peso al nacer del becerro en cada una de las razas en estudio. Por esta razón tuvo que determinarse este efecto confundiendo la raza de la madre. Se agruparon todas las crías de vacas de una misma edad y con el peso promedio al nacer de cada grupo, se efectuó una prueba de tendencia. Los valores calculados por la ecuación de segundo grado (Cuadro 18), no mostraron diferencias de consideración entre los

promedios de peso correspondientes a los grupos de vacas de diferentes edades. Por tanto se decidió no ajustar para este efecto el peso al nacer.

CUADRO 18. Valores de la ecuación cuadrática para la edad de la madre y el peso al nacer de sus crías.

$$Y = 27.720 + 1.052 x - 0.069 x^2$$

Edad de la madre X	Peso del becerro Y
3	30.255
4	30.824
5	31.255
6	31.548
7	31.703
8	31.720
9	31.599
10	31.340
11 y más	30.943

Peso al destete

Uno de los factores de mayor influencia en los pesos al destete de este estudio fue la edad del becerro. Esto es debido a que la época de nacimiento ocurre en tres meses; de tal manera que a la fecha del destete, la edad de los animales promedian entre los 7, 8, 9, meses (Cuadro 5).

Los valores de las correlaciones entre peso y edad al destete, en las hembras fue 0.4092** y para los machos de 0.4366**.

Debido a la significancia estadística entre ambos factores, se decidió ajustar los pesos a una edad uniforme de 240 días, utilizando los valores de regresión de 0.4366 y 0.4171, para hembras y machos respectivamente. Una vez corregidos los pesos por la edad del becerro se practicó un análisis de variancia con el fin de conocer otros factores que afectan los pesos al destete.

Los resultados del análisis de variancia (Cuadro 19) indican diferencias en sexo. Los machos fueron superiores a las hembras en un 10%.

CUADRO 19. Análisis de variancia para peso al destete.

F. V.	G. L.	C. M.
<i>Reg</i> Tratamientos destete?	8	2474.3**
Sexo	1	20780.9**
Años	2	278.5 N.S.
Tratamiento x sexo	8	478.2 N.S.
Tratamiento x años	16	799.3 N.S.
Sexo x años	2	2020.6*
Error	133	627.9
Total	170	

* Significativo al 5%.

** Significativo al 1%.

Generalmente el peso de los machos es superior al de las hembras en todas las etapas de crecimiento. La mayoría de los trabajos citados en la literatura, están de acuerdo en que la diferencia existe a favor de los machos (5, 7, 37, 56, 58).

El peso promedio al destete para machos y hembras fue de 214.9 y 192.85 con coeficientes de variación de 13.14 y 13.47 respectivamente. La semejanza en los coeficientes de variación indican que la transformación de los pesos de las hembras a machos puede hacerse aplicando un factor multiplicativo. Brinks (8).

Otro de los factores que se pretendía estimar su efecto era el año. En este análisis este efecto no mostró diferencia estadística y no hubo necesidad de ajustar los datos por año.

La edad de la madre fue otro de los factores que tuvo influencia en el peso al destete; el valor encontrado por la correlación fue de 0.199 significativo al 5%, y el coeficiente de regresión lineal fue de 0.1708.

Con los pesos promedio de los becerros correspondiendo a vacas de una misma edad, se efectuó una prueba de tendencia.

La ecuación de regresión cúbica resultó ser la que mejor se adaptó a los valores de cada promedio (Cuadro 20).

Los resultados indican que las vacas de 6, 7 y 8 años producen los becerros más pesados al destete. Estos valores son similares a los encontrados en la literatura por (21, 36, 37, 50, 65), donde las vacas de más edad producen mayor cantidad de leche y consecuentemente becerros más pesados al destete.

CUADRO 20. Valores de la ecuación cúbica para la edad de la madre y el peso al destete de sus crías.

$$Y = 188.37 + 13.78 x - 1.9036 x^2 + 0.0725 x^3$$

Edad de la madre años X	Peso promedio de las crías Kg. Y
3	200.322
4	208.900
5	214.541
6	217.679
7	218.750
8	218.189
9	216.431
10	213.910
11 y más años	211.063

Marlowe (39) indica que el peso del becerro va en relación al incremento de la edad de la madre, hasta los 7 años, después de esta edad permanece constante hasta los 10 y posteriormente decrece conforme la edad de la madre aumenta.

Los factores aditivos utilizados para ajustar el peso de los becerros fueron de: 18, 9, 4, 0, 0, 0, 2, 4 y 7 Kg. para vacas de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y más años de edad respectivamente.

Aumentos de peso después del destete

Los aumentos de peso se calcularon por diferencia entre los pesos inicial y final obtenidos durante la prueba que duró 140 días después

del destete (Cuadro 5).

Los promedios sin ajustar para cada grupo genético y por sexo se observan en el Cuadro 5.

Para conocer el efecto de la edad del becerro al inicio de la prueba sobre los aumentos, se calcularon correlaciones y regresiones simples. *

En las hembras la edad no mostró tener efecto significativo sobre los aumentos y sus coeficientes de correlación y regresión fueron de -0.006635 y -0.01029 respectivamente, mientras que en los machos la edad si tuvo un efecto sobre los aumentos, siendo su correlación de 0.69326 altamente significativa y el de regresión 0.1699.

Esto indica que los becerros de más edad al inicio logran mayores aumentos durante la prueba.

El peso inicial de la prueba tuvo una influencia menor en los aumentos de hembras y machos y ambos coeficientes de correlación simple no mostraron significancia estadística.

Para estimar en forma conjunta el efecto de la edad y peso inicial de la prueba sobre los aumentos en las hembras y machos se calcularon correlaciones y regresiones múltiples.

El coeficiente de correlación múltiple para los aumentos en las hembras fue de 0.2483 no significativo estadísticamente, razón por la cual no se ajustaron los aumentos.

En cambio en los machos el valor de correlación múltiple fue de 0.69768 altamente significativo, por lo que se decidió ajustar los aumentos de peso con la ecuación de regresión lineal que sigue:

$$Y = 24.0787 + 0.1506x_1 + 0.0515x_2.$$

Los aumentos de peso en los machos ajustados por la ecuación anterior aparecen en el Cuadro 6.

Debido al comportamiento tan diferente de las hembras y de los machos en esta etapa de crecimiento, se decidió efectuar por separado el análisis de mínimos cuadrados para los aumentos de las hembras y de los machos.

Análisis de variancia simultáneo para los valores
de los puros y sus cruzas

Los resultados de los análisis de variancia para pesos al nacer, al destete y aumentos de pesos durante 140 días después del destete para hembras y machos aparecen en el Cuadro 21.

Las constantes de ajuste para los efectos considerados en cada análisis de variancia aparecen en el Cuadro 22.

Peso al nacer

1. Años

Los resultados del análisis de variancia (Cuadro 21), muestran diferencia significativa al 5%, para los promedios anuales de peso al nacer.

La constante de ajuste favoreció al año 1962 (Cuadro 22).

Al descomponer los grados de libertad para años y comparar los promedios ajustados por las constantes (Cuadro 23), los años 1962 y 1963, no fueron estadísticamente diferentes pero ambos si lo fueron con el año de 1961.

CUADRO 21. Análisis de variancia para peso al nacer, destete y aumentos después del destete en hembras y machos.

Fuente de variación	Peso al nacer		Peso al destete		Aumentos después del destete			
	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	Hembras		Machos	
Años	2	72.43*	2	798.3				
Heterosis	1	96.7 *	1	11,516.1**	1	639.9*	1	1422.3*
Entre puros	2	193.81**	2	50.5	2	160.9	2	307.8
Habilidad combinatoria general	2	331 **	2	2,046.9*	2	269.2	2	1531.1**
Efectos maternos	2	860.57**	2	3,485.3**	2	44.3	2	1040.13*
Efectos ligados al sexo	1	17.36	1	2,140.2*	1	283.0	1	488.28
Error	167	22.069	160	521.1	75	142.4	77	268.80

* Significativo al 5%.

** Significativo al 1%.

CUADRO 22. Tabla de constantes para ajuste.

	Peso al nacer	Peso al destete	Aumentos después del destete	
			Hembras	Machos
u	30.7	213	40.8	72.76
AÑOS				
1961	- 1.18	3.12		
1962	0.94	1.20		
1963	0.24	-4.32		
HETEROSIS				
Puros	- 0.79	-8.92	-2.94	-4.63
Híbridos	0.79	8.92	2.94	4.63
ENTRE PUROS				
Santa Gertrudis	- 0.53	-1.06	7.14	-9.26
Brahman	4.31	2.38	-7.60	2.60
Criollo	- 3.78	-1.32	.46	6.66
HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL				
Santa Gertrudis	- 0.59	-4.63	-4.81	-10.18
Brahman	3.60	9.92	7.34	10.28
Criollo	- 3.01	-5.29	-2.53	- 0.10
EFFECTOS MATERNO				
Santa Gertrudis	2.77	6.60	-1.20	7.85
Brahman	- 6.15	-12.40	1.78	0.88
Criollo	3.38	5.80	- .58	- 8.73
EFFECTOS LIGADOS AL SEXO				
Santa Gertrudis x Brahman	.38	-4.3	2.30	-2.86
Santa Gertrudis x Criollo	.38	4.3	-2.30	2.86
Brahman x Santa Gertrudis	.38	4.3	-2.30	2.86
Brahman x Criollo	.38	-4.3	2.30	-2.86
Criollo x Santa Gertrudis	.38	-4.3	2.30	-2.86
Criollo x Brahman	.38	4.3	-2.30	2.86

La diferencia en años posiblemente se debió al efecto confundido de los distintos toros utilizados en los tres años o al diferente estado nutritivo de los pastos.

2. Heterosis

Una de las razones principales de este análisis fue determinar la magnitud del vigor híbrido en cada una de sus medidas de crecimiento de este estudio.

La constante positiva de heterosis (Cuadro 22) resultó a favor de los híbridos y el análisis de variancia indica que la diferencia entre los puros y los híbridos fue significativo al 5% (Cuadro 21).

Al comparar los promedios de los puros contra sus cruzas recíprocas (Cuadro 23) los Santa Gertrudis x Brahman y Brahman x Santa Gertrudis fueron significativamente superiores al promedio de sus razas puras paternas. Las otras cruzas recíprocas aunque superiores a los puros no mostraron significancia estadística.

Resultados obtenidos en otros trabajos (4, 5), indican que la expresión del vigor híbrido se manifiesta desde el peso al nacer.

3. Entre puros

La variación en los pesos al nacer de las tres razas resultó significativo al 1% (Cuadro 21). La constante mayor de ajuste fue para la raza Brahman (Cuadro 22).

Al comparar el promedio de la raza Brahman contra los de la Santa Gertrudis y Criollo, las diferencias mostraron significancia al 5% a favor de la raza Brahman (Cuadro 23). Los becerros Santa Gertrudis también fueron significativamente más pesados que los Criollos.

Posiblemente el método empleado en este estudio sea demasiado estricto para ajustar el número desproporcionado de observaciones en la subclase y en parte esto haya favorecido a la raza Brahman para que resultara con la constante mayor de ajuste a su favor, ya que esta raza tuvo un número mayor y mejor distribución de los becerros en los tres años.

4. Habilidad combinatoria general

Desde esta etapa inicial de desarrollo, la raza Brahman muestra su habilidad para cruzar bien con la Criollo o Santa Gertrudis (Cuadro 23), mientras que la Santa Gertrudis y Criollo mostraron tener muy poca habilidad, resultando inferiores a la habilidad de la raza Brahman.

Las constantes de ajuste (Cuadro 22), revelan amplias diferencias entre las tres razas y el análisis de variancia indica que las diferencias en habilidad son significativas al 1% (Cuadro 21). Al descomponer los grados de libertad y con los promedios ajustados por sus constantes, la raza Brahman fue la que resultó con el promedio más alto. Al compararse este promedio con los de la Santa Gertrudis y Criollo, las diferencias a favor del Brahman fueron significativas a un 5% (Cuadro 23). El promedio de la Santa Gertrudis y el de la Criollo no muestran diferencias estadísticas (Cuadro 23).

5. Efectos maternos

Estos efectos son una medida de la habilidad materna proporcionada al becerros antes y después del nacimiento.

La variación en el comportamiento de las madres indica diferencia significativa al 1% (Cuadro 21), y sus constantes así lo demuestran, indicando amplias diferencias a favor de la raza Criollo y Santa Gertrudis (Cuadro 22).

Al efectuar las comparaciones entre las tres razas (Cuadro 23) se encontró que los promedios ajustados por sus constantes fueron mayores para las madres Criollo y Santa Gertrudis, siendo su habilidad materna muy similar. Estos promedios fueron significativamente diferentes al promedio de la raza Brahman.

Varios autores (4, 5, 15, 23), consideran que el peso al nacer es dado por el genotipo del becerro y principalmente por el ambiente uterino de la madre. Posiblemente la diferencia a favor de las vacas Santa Gertrudis y Criollo se debió al ambiente uterino más favorable, proporcionado a sus becerros que el ambiente que recibieron los becerros de vacas Brahman.

6. Efectos ligados al sexo

Para este efecto sólo se dispuso de un grado de libertad (Cuadro 4), y la constante obtenida fue de pequeña magnitud (Cuadro 22).

El análisis de variancia (Cuadro 21), no mostró significancia estadística, indicando que la diferencia entre los cruzamientos recíprocos no fue significativa. Las constantes de ajuste para este carácter favorecieron a las cruzas Santa Gertrudis x Brahman, Criollo x Santa Gertrudis y Brahman x Criollo, siendo su promedio de 31.08 contra el de 30.32 de los híbridos Brahman x Santa Gertrudis, Santa Gertrudis x Criollo y Criollo x Brahman (Cuadro 23).

CUADRO 23. Comparaciones para años y efectos genéticos, en peso al nacer ajustados por sus constantes.

A Ñ O S			
1961	1963	1962	
29.70	31.12	31.83	
.	.	.	

H E T E R O S I S			
Puros	v.s.	Híbridos	
Sta. Gertrudis y Brahman	v.s.	G x B y B x G	2.78 *
Criollo y Sta. Gertrudis	v.s.	C x G y G x C	0.25 N.S.
Brahman y Criollo	v.s.	B x C y C x B	1.80 N.S.

ENTRE PUROS			
Criollo	Sta. Gertrudis	Brahman	
26.32	29.56	34.41	

HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL			
Criollo	Sta. Gertrudis	Brahman	
27.87	30.29	34.49	
.	.	.	

EFECTOS MATERNOS			
Brahman	Sta. Gertrudis	Criollo	
24.74	33.65	34.27	
.	.	.	

EFECTOS LIGADOS AL SEXO			
G x B, C x G, B x C	v.s.	B x G, G x C, C x B	
31.08		30.32	

Peso al destete

1. Años

El análisis de variancia (Cuadro 21), indica que la diferencia en años no fue significativa estadísticamente. Sin embargo las constantes favorecen a los años 1961 y 1962, mientras que la constante negativa fue para el año de 1963 (Cuadro 22). Esta diferencia en años puede atribuirse al efecto de los toros diferentes utilizados en los tres años, a la calidad de los pastos o al efecto comprendido de ambos.

Con los promedios ajustados por las constantes se efectuaron comparaciones (Cuadro 24), encontrándose que la diferencia entre 1961 y 1962 no fue significativa para ambos promedios si resultaron significativos contra el año de 1963.

2. Heterosis

La constante para heterosis resultó a favor del promedio de las seis cruzas siendo amplia la diferencia sobre los puros de las tres razas (Cuadro 22). Esta diferencia muestra significancia estadística al 1% y nos indica que el vigor híbrido exhibió buena magnitud durante esta etapa de crecimiento (Cuadro 21).

Al efectuar las comparaciones entre los puros y sus cruzas (Cuadro 24), los híbridos Brahman x Santa Gertrudis y Santa Gertrudis x Brahman, así como los Brahman x Criollo y Criollo x Brahman, resultaron significativamente más pesados que el promedio de los becerros de las razas puras progenitoras (Cuadro 24). Las cruzas Santa Gertrudis x Criollo y Criollo x Santa Gertrudis, exhibieron un vigor de poca

magnitud, siendo su promedio superior al de los puros y al probarse la diferencia no resultó significativa estadísticamente.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Damon et al. (13, 14), al comparar el comportamiento de las razas Angus, Brahman, Brangus y Hereford, contra sus cruzas recíprocas. Utilizaron este mismo método de comparación y encontraron que el vigor híbrido estuvo presente en las cruzas y fue significativo estadísticamente al 1%.

Baker y Knapp (4) y Gerlaugh et al. (17), confirman la superioridad del híbrido sobre el puro en pesos al destete.

3. Entre puros

Las constantes de ajuste indicaron muy poca variación entre los individuos puros de las tres razas (Cuadro 22). El análisis estadístico también así lo indica al no encontrarse diferencia significativa en el comportamiento de las tres razas puras (Cuadro 21).

Al efectuarse el ajuste de los promedios para las tres razas, la Brahman resultó con el promedio más alto pero no hubo diferencia cuando los tres promedios fueron comparados (Cuadro 24).

Los resultados encontrados en este análisis son ligeramente diferentes a los obtenidos por de Alba y colaboradores (2), quienes compararon novillas puras al destete de las razas Santa Gertrudis y Brahman. Estos autores encontraron que los promedios de la raza Santa Gertrudis fueron superiores a los de Brahman, con pesos de 194 y 171 Kg. a los ocho meses de edad respectivamente.

4. Habilidad combinatoria general

La habilidad de las tres razas en esta etapa de crecimiento fue

similar a la de los pesos al nacer (Cuadro 21). Nuevamente la raza Brahman mostró su habilidad combinatoria general con las razas Criollo y Santa Gertrudis.

El análisis de variancia (Cuadro 21), reveló que la diferencia en habilidad fue significativa al 5%. Las constantes de ajuste mostraron ventaja marcada del Brahman sobre los Criollo y Santa Gertrudis. Estos últimos obtuvieron constantes muy semejantes (Cuadro 22). Las comparaciones individuales favorecieron a la raza Brahman cuyas diferencias contra las otras razas fue significativa al 5%. Los promedios del Criollo comparados con los de Santa Gertrudis no mostraron ninguna diferencia significativa (Cuadro 24).

Otros trabajos similares a éste concuerdan en que la raza Brahman tiene buena habilidad combinatoria general para cruzar con otras razas. Damon et al. (12, 13, 14), encontraron que las razas Hereford y Brahman fueron consistentemente las razas que clasificaron más alto, siendo significativamente superiores a la habilidad de las razas Brangus y Angus. La amplia diferencia a favor de la Hereford y Brahman la atribuyen a la divergencia existente en sus potenciales genéticos.

5. Efectos maternos

El peso del becerro en esta etapa de crecimiento es una medida indirecta de la producción de leche de su madre y de los cuidados que estas proporcionan a sus becerros antes y después del nacimiento.

El análisis de variancia mostró amplias diferencias en el comportamiento de las tres razas utilizadas como madres (Cuadro 21). Las

diferencias revelan una significancia estadística al 1% y las constantes de ajuste para este carácter (Cuadro 22) indican la superioridad de las Criollo y Santa Gertrudis ante la Brahman que resultó con la constante negativa. Al descomponer los grados de libertad y al efectuar las comparaciones posibles (Cuadro 24), la Santa Gertrudis y Criollo no muestran diferencias pero ambas resultan significativamente superiores al promedio de las vacas Brahman.

disc Indudablemente estas diferencias en el peso de los becerros son atribuibles a la capacidad lechera de la Santa Gertrudis y Criollo que fueron muy superiores al de las Brahman. Las vacas Criollo por ser una raza con características lecheras explica por sí sólo la superioridad ante el Brahman.

La diferencia en habilidad materna encontrada en este estudio de la Santa Gertrudis para producir becerros más pesados que los de la Brahman son semejantes a los obtenidos por Warwick (63), en Brooksville, donde las vacas Santa Gertrudis puras y Santa Gertrudis x Red Poll, [destetan becerros más pesados que las vacas Brahman, Angus y Brangus. En estos resultados la habilidad materna de la raza Brahman fue inferior al del Criollo y Santa Gertrudis, esto posiblemente fue debido a que las vacas Brahman se compararon con dos razas más productoras de leche. Resultados diferentes en cuanto al comportamiento de las vacas Brahman en este estudio son dados por Damon y colaboradores (12, 13, 14), comparando los becerros de vacas Angus, Brahman, Brangus y Hereford, encontraron que los becerros de vacas con sangre Brahman fueron significativamente superiores en peso al destete que los becerros de las vacas Angus y Hereford.

6. Efectos ligados al sexo

En los trabajos citados en la literatura este efecto nunca resulta significativo. La única prueba de este estudio que dio diferencia significativa estadísticamente para este carácter fueron los pesos al destete (Cuadro 21). Estos efectos miden la diferencia entre los cruzamientos recíprocos después de haber sido estimada la diferencia en efectos maternos.

Las constantes de ajuste (Cuadro 22) favorecieron para los grupos Brahman x Santa Gertrudis, Santa Gertrudis x Criollo y Criollo x Brahman siendo superiores a los de las cruzas recíprocas Santa Gertrudis x Brahman, Criollo x Santa Gertrudis y Brahman x Criollo (Cuadro 24).

Estos resultados difieren en lo referente al efecto ligado al sexo de los encontrados por Damon y asociados (14), quienes al comparar la diferencia entre las cruzas recíprocas de las razas Brahman, Brangus, Angus y Hereford no resultaron significativas estadísticamente, indicando que este efecto fue de poca importancia en el peso de los becerros a los 180 días de edad.

CUADRO 24. Comparaciones para años y efectos genéticos, en pesos al destete ajustados por sus constantes.

A Ñ O S		
1963	1962	1961
199.69	214.2	216.12
.	.	.

H E T E R O S I S		
Puros	v.s.	Híbridos
Sta. Gertrudis y Brahman	v.s.	G x B y B x G 4.32 *
Brahman y Criollo	v.s.	B x C y C x B 4.28 *
Criollo y Sta. Gertrudis	v.s.	C x G y G x C 1.59 N.S.

E N T R E P U R O S		
Criollo	Sta. Gertrudis	Brahman
211.68	211.94	215.38

HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL		
Criollo	Sta. Gertrudis	Brahman
207.73	208.39	222.94

EFECTOS MATERNOS		
Brahman	Criollo	Sta. Gertrudis
200.62	218.81	219.63

EFECTOS LIGADOS AL SEXO		
B x G, G x C, C x B	v.s.	G x B, C x G, B x C
217.3		208.7
=====		

Aumentos de peso después del destete en las hembras

1. Heterosis

El análisis de variancia muestra la ventaja del vigor híbrido en esta etapa de crecimiento. El promedio de las novillas híbridas resultó superior al promedio de las novillas puras (Cuadro 25).

La constante de ajuste (Cuadro 22), a favor de los híbridos aunque de pequeña magnitud contribuyó para una significancia estadística al 5% (Cuadro 21).

Al comparar el promedio de las razas puras contra sus cruzas recíprocas las Brahman x Criollo y Criollo x Brahman, resultaron significativas estadísticamente al 5% sobre el promedio de las Brahman y Criollos puros (Cuadro 25). Las cruzas Brahman x Santa Gertrudis y Santa Gertrudis x Brahman también fueron superiores al promedio de sus razas puras pero la diferencia no alcanzó significancia estadística. Los híbridos Santa Gertrudis x Criollo y Criollo x Santa Gertrudis exhibieron un vigor de poca magnitud con relación al promedio de las Santa Gertrudis y Criollo puras. Los resultados de este análisis concuerdan con numerosos trabajos (10, 17, 28), existentes en la literatura, donde muestran que el híbrido supera al puro en los aumentos después del destete. Knapp et al. (28) encontraron que las novillas Hereford x Shorthorn ganaron significativamente más y fueron más eficientes en la conversión de alimentos que las novillas Hereford o Shorthorn puras. Resultados similares fueron hallados por Gerlaugh (17) y Damon et al. (13, 14), estos últimos autores encontraron que los híbridos fueron significativamente superiores al promedio de los puros en aumentos de peso.

2. Entre puros

La variación encontrada entre los aumentos después del destete en las novillas puras de las tres razas no reveló significancia estadística en el análisis de variancia (Cuadro 21).

Las Santa Gertrudis puras resultaron con la constante positiva a su favor (Cuadro 22), pero al compararse los promedios ajustados por las constantes correspondientes para cada raza, las diferencias no fueron significativas (Cuadro 25). Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por de Alba y colaboradores (2) quienes compararon los aumentos de novillas Santa Gertrudis y Brahman a los 18 meses de edad, siendo sus pesos de 286 y 283 respectivamente. La diferencia en peso a esta edad no fue significativa estadísticamente.

3. Habilidad combinatoria general

La raza Brahman nuevamente mostró su habilidad para cruzar con la Criollo o Santa Gertrudis.

La constante positiva a favor de la raza Brahman (Cuadro 22), indica que el promedio de las hembras con sangre Brahman fueron superiores al promedio de las Santa Gertrudis o Criollo. Sin embargo estas diferencias no mostraron significancia estadística en el análisis de variancia (Cuadro 21).

4. Efectos maternos

El análisis de variancia (Cuadro 21) indica que hubo poca variación en el comportamiento de las novillas provenientes de madres de las tres razas.

Las constantes de ajuste indican poca variación para este efecto

en las tres razas (Cuadro 22). Las vacas Brahman obtuvieron la constante positiva a su favor, mientras que las Santa Gertrudis y Criollos recibieron constantes negativas y de pequeña magnitud. Estos resultados a favor de las vacas Brahman (Cuadro 25) muestran un efecto ligeramente compensatorio de crecimiento en las novillas provenientes de estas vacas, ya que al destete fueron las de menor peso. Lo contrario ocurrió en las novillas de vacas Santa Gertrudis y Criollo las que al destete fueron más pesadas. Sin embargo durante la prueba de 140 días después del destete estas novillas lograron menores aumentos. Estos resultados coinciden con los encontrados por de Alba y colaboradores (2), quienes estimaron una fuerte correlación negativa entre los aumentos al destete y los aumentos a los 100 días del post destete en las novillas Santa Gertrudis.

5. Efectos ligados al sexo

Las constantes de ajuste (Cuadro 22) indican poca diferencia entre las cruzas recíprocas y el análisis de variancia no revela significancia estadística (Cuadro 21). Los híbridos que resultaron con la constante positiva a su favor fueron las Santa Gertrudis x Brahman, Criollo x Santa Gertrudis y Brahman x Criollo, mientras que los Brahman x Santa Gertrudis, Santa Gertrudis x Criollo y Criollo x Brahman recibieron la constante negativa (Cuadro 25).

CUADRO 25. Comparaciones para efectos genéticos en aumentos de peso de las hembras.

H E T E R O S I S

Sta. Gertrudis y Brahman	v.s.	G x B y B x G	1.83 N.S.
Brahman y Criollo	v.s.	B x C y C x B	1.99 *
Criollo y Sta. Gertrudis	v.s.	C x G y G x C	0.804 N.S.

E N T R E P U R O S

Criollo	Sta. Gertrudis	Brahman
41.1	44.9	45.2

HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL

Sta. Gertrudis	Criollo	Brahman
39.6	40.22	42.58

E F E C T O S M A T E R N O S

Sta. Gertrudis	Brahman	Criollo
39.6	40.22	42.58

E F E C T O S L I G A D O S A L S E X O

G x B, C x G, B x C	v.s.	B x G, G x C, C x B
43.1		38.5

Aumentos de peso después del destete en los machos

1. Heterosis

En esta etapa de crecimiento de los machos los resultados del análisis de variancia revelan la magnitud del vigor híbrido expresado en una diferencia estadística al 5% a favor de los machos cruzados sobre los puros (Cuadro 21). Las constantes de ajuste a favor de la Heterosis aparecen en el Cuadro 26.

Al comparar las cruzas recíprocas con el promedio de sus padres (Cuadro 26), las cruzas Criollo x Brahman y Brahman x Criollo, así como las Santa Gertrudis x Brahman y Brahman x Santa Gertrudis, manifiestan un aumento extra muy por encima del promedio de sus padres y la diferencia a favor de los híbridos en cada caso, resultó significativo al 5% (Cuadro 26). Las cruzas Criollo x Santa Gertrudis y Santa Gertrudis x Criollo exhibieron un vigor híbrido de pequeña magnitud cuya diferencia con el promedio de sus padres no fue significativo. Resultados similares fueron encontrados por Damon et al (13, 14) comparando los aumentos diarios en los machos de las razas Angus, Brahman, Brangus y Herefordy sus cruzas recíprocas. Encontraron que el promedio de todos los híbridos fue significativamente superior al de los puros.

2. Entre puros

Las constantes de ajuste (Cuadro 22), favorecieron a las razas puras Criollo y Brahman, mientras que la Santa Gertrudis obtuvo la constante negativa. Sin embargo el análisis de variancia (Cuadro 21), no revela significancia estadística entre los puros.

Al descomponer los grados de libertad y comparando los promedios ajustados por las constantes correspondientes a cada raza (Cuadro 26), se encontró que no hubo diferencia significativa entre los Criollo y los Brahman pero ambos fueron significativamente superiores sobre los Santa Gertrudis puros.

3. Habilidad combinatoria general

La superioridad de la raza Brahman se ha logrado mantener hasta esta etapa de crecimiento, mostrando una vez más su habilidad para cruzas con la Criollo o Sta. Gertrudis. El análisis de variancia (Cuadro 21), reveló significancia estadística al 1%, indicando amplia diferencia en cuanto al promedio de los individuos provenientes de cada raza utilizados como padre o como madre.

Las constantes de ajuste (Cuadro 22), exhiben amplias diferencias en cuanto a la habilidad de cada raza, favoreciendo a la raza Brahman, que obtuvo la constante positiva. Al descomponer los grados de libertad y efectuar las comparaciones con los promedios ajustados la Brahman resultó significativamente superior a la Criollo y Santa Gertrudis. También la Criollo fue superior ante la Santa Gertrudis (Cuadro 26).

Los trabajos realizados por Damon y colaboradores (13, 14), muestran la habilidad combinatoria general de la raza Brahman para cruzar con las razas Angus, Brangus y Hereford. Esta habilidad la atribuyen a la amplia divergencia existente en los potenciales genéticos de la raza Brahman y las razas de origen europeo.

4. Efectos maternos

La variación en el comportamiento de los individuos clasificados por madre indicó amplias diferencias y a través del análisis de variancia (Cuadro 21), reveló una significancia estadística al 5%.

Las constantes de ajuste (Cuadro 22), nos indican como actuaron los toretes provenientes de cada raza de madre. La constante positiva favoreció a las vacas Santa Gertrudis cuyos pesos al destete fueron los mayores y conservaron esta ventaja después del destete; mientras que los toretes de vacas Criollo sufrieron más la ausencia de la madre, teniendo una disminución en sus aumentos del postdestete comparados con sus aumentos al destete.

La constante positiva y de muy pequeña magnitud para la descendencia de vacas Brahman indica que no tuvo ningún efecto la ausencia de la madre durante la etapa del posdestete. Los resultados en las comparaciones individuales revelan la superioridad de las vacas Santa Gertrudis sobre las Brahman y Criollo. También las vacas Brahman superaron significativamente al 5% a las madres Criollo (Cuadro 26).

En cuanto al comportamiento de las vacas Brahman los resultados de este estudio coinciden con los obtenidos por Kincaid (27), quien encontró que los becerros de vacas Brahman comparados con los becerros de vacas Europeas, lograban menores aumentos antes y después del destete, pero eran más uniformes sus aumentos. Concluye en que la influencia materna está presente antes y después del destete.

Los resultados de los machos provenientes de vacas Santa Gertrudis están en desacuerdo con los obtenidos por de Alba y asociados (2), quienes obtuvieron una fuerte correlación negativa entre los aumentos

diarios de novillas antes del destete y los aumentos en los primeros 100 días del post destete.

5. Efectos ligados al sexo

La constante obtenida para este efecto fue de pequeña magnitud (Cuadro 22), y no indicó diferencia significativa en el análisis de variancia (Cuadro 21). Las cruzas Brahman x Santa Gertrudis, Santa Gertrudis x Criollo y Criollo x Brahman que al destete fueron las favorecidas por la constante positiva, conservaron esta ventaja hasta el final de la prueba (Cuadro 26), mientras que las recíprocas se mantuvieron con la constante negativa.

CUADRO 26. Comparaciones para efectos genéticos en aumentos de peso de los machos.

H E T E R O R I S

Puros	v.s.	Híbridos	
Brahman x Criollo	v.s.	C x B y B x C	2.84 *
Sta. Gertrudis y Brahman	v.s.	B x G y G x B	2.22 *
Criollo y Sta. Gertrudis	v.s.	C x G y G x C	0.04 N.S.

E N T R E P U R O S

Sta. Gertrudis	Brahman	Criollo
63.50	75.36	79.43

HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL

Sta. Gertrudis	Criollo	Brahman
62.59	72.67	83.04

E F E C T O S M A T E R N O S

Criollo	Brahman	Sta. Gertrudis
64.04	73.64	80.61

E F E C T O S L I G A D O S A L S E X O

G x B, G x C, C x B	v.s.	B x G, C x G, B x C
75.62		69.90

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente estudio es una continuación de un proyecto de cruza-
mientos iniciado en la Disciplina de Zootecnia, I.I.C.A., Turrialba,
Costa Rica, por Yamamoto, 1961 (64). El objetivo de este trabajo fue
estudiar el efecto de las cruzas recíprocas de las razas Brahman,
Santa Gertrudis y Criollo sobre la producción de carne.

Este estudio reúne informaciones de los años de 1961 a 1963 para
pesos al nacer, destete y aumentos después del destete de las razas
Brahman, Santa Gertrudis y Criollo y sus cruzas recíprocas.

El experimento se inició todos los años con la época de empadre
que cubrió los meses de abril, mayo y junio inclusive. Para tal obje-
to se formaron tres grupos de vacas, estando integrado cada uno por
nueve vacas de cada una de las tres razas en estudio.

Todos los años se seleccionaron y se rotaron toros de las razas
Brahman, Santa Gertrudis y Criollo sobre los grupos de vacas. De
esta manera, anualmente se obtuvieron nueve tipos diferentes de gana-
do.

El peso al nacer, fecha y sexo del becerro fueron registrados
dentro de las 24 horas después del nacimiento. El peso al destete fue
efectuado cuando el mayor número de becerros en ese año promediaba
240 días de edad.

Los aumentos después del destete fueron medidos para los becerros
puros y cruzados durante un período de 140 días.

Cada año los becerros pastorearon, durante el experimento en po-
treros de Guinea (Panicum maximum), Pará (Pennisetum purpurascens),
Gordura (Melinis minutiflora) y Gamalote (Paspalum fasciculatum),

disponiendo de una superficie total de 60 hectáreas aproximadamente.

Con el fin de disminuir la variación debida a factores no genéticos los datos de este estudio fueron ajustados a un mismo sexo, edad del becerro, edad de la madre y peso inicial, según lo requiera el caso.

Los datos ajustados fueron analizados por el método de fitting constants, en un análisis de variancia simultáneo para los valores de los puros y las cruzas. Los métodos de análisis para este tipo de datos son presentados por Henderson (25), con extensiones para este tipo de datos.

El modelo matemático utilizado para analizar los datos de pesos al nacer, destete y aumentos después del destete en hembras y machos fue:

$$Y_{ghijk} = \mu + t_g + a_n + p_{1ii} + g_{.i} + g_{.j} + m_{.j} + Y_{2ij} + \Sigma_{ghijk}$$

Los resultados de los análisis de variancia fueron los siguientes:

Años. La única medida significativa en este estudio para el efecto de años fue en el peso al nacer. Las constantes de ajuste favorecieron a los años 1962 y 1963. Sus promedios ajustados por las constantes para años fueron de: 29.70, 31.83 y 31.12 para los años 1961, 1962 y 1963 respectivamente.

Heterosis. Una de las más importantes razones de este estudio fue determinar la magnitud del vigor híbrido en las tres medidas de crecimiento de este estudio.

Las constantes de ajuste indican valores positivos a favor de la heterosis, en las tres medidas consideradas. Los análisis de

variancia revelaron diferencias significativas ($P < .05$) y altamente significativas ($P < .01$) a favor de la heterosis.

Los promedios ajustados para los puros y sus cruzas en peso al nacer, destete, aumentos después del destete en hembras y machos fueron: 29.91 y 31.49, 204.08 y 221.92, 37.86 y 43.74 y 68.13 y 77.39.

Entre puros. El comportamiento de las tres razas puras fue muy similar, excepto para el peso al nacer. La diferencia en pesos al nacer fue altamente significativa ($P < .01$). Los becerros de vacas Brahman fueron más pesados que los becerros de vacas Santa Gertrudis y Criollo. Sus promedios ajustados fueron de: 34.41, 29.56 y 26.32 respectivamente.

Habilidad combinatoria general. Las constantes de ajuste obtenidas para todas las medidas en crecimiento de este estudio favorecen a la raza Brahman.

El análisis de variancia para los aumentos de peso en los machos fue altamente significativos ($P < .01$), y para los aumentos en las hembras no mostró significancia. También el análisis de variancia para peso al nacer fue altamente significativo ($P < .01$) y diferencia significativa ($P < .05$) para peso al destete. Los promedios ajustados por este efecto para pesos al nacer, destete y aumentos en los machos fueron: 34.49, 222.94 y 83.0 para los Brahman; 30.99, 208.33 y 62.59 para los Santa Gertrudis; 27.87, 207.73 y 72.67 para los Criollo.

Efectos maternos. La mayor influencia de las madres fue ejercida en los pesos al nacer y destete, así lo demuestran los análisis de variancia indicando diferencias altamente significativas ($P < .01$).

Las madres Santa Gertrudis y Criollo superaron en habilidad

materna a las madres Brahman, favoreciendo las constantes de ajuste para este efecto en los pesos al nacer y destete.

Durante el período de 140 días después del destete el efecto materno permaneció constante en los machos pero en las hembras desapareció.

Los promedios ajustados para pesos al nacer, destete y aumentos después del destete en los machos fueron: 33.65, 219.63 y 80.61 para la raza Santa Gertrudis; 34.27, 200.62 y 73.64 para las Brahman; 24.74, 218.81 y 64.04 para las Criollo.

Efectos ligados al sexo. La única medida en estudio que mostró significancia estadística para este efecto fueron los pesos al destete, mientras que en las otras medidas de crecimiento sus constantes no mostraron un efecto de consideración. Los promedios ajustados por sus constantes en peso al destete favorecieron a las cruzas: Brahman x Santa Gertrudis, Santa Gertrudis x Criollo y Criollo x Brahman siendo su promedio de 217.3 contra el promedio de 208.7 correspondiente a las cruzas Santa Gertrudis x Brahman, Criollo x Santa Gertrudis y Brahman x Criollo.

Las cruzas recíprocas de las razas Brahman y Santa Gertrudis así como las de Brahman y Criollo fueron muy superiores al promedio de las razas puras paternas en cualquiera de sus medidas de crecimiento. Las cruzas recíprocas de las razas Santa Gertrudis y Criollo no mostraron evidencia de vigor híbrido bajo las condiciones de este experimento.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The work presented here is a continuation of a beef cattle crossbreeding project initiated in the Animal Industry Discipline at I.I.C.A., Turrialba, Costa Rica by Yamamoto in 1961. The study was initiated to assess effect on meat production of reciprocal crossing of Brahman, Santa Gertrudis and Criollo cattle. The data presented was gathered during the years from 1961 to 1963. It consists of birth weights, weaning weights and post weaning gains of offspring of the three pure breeds and their reciprocal crosses.

Three herds, consisting of nine cows from each breed, were formed. Assignments were at random. Annually, new sires were selected from the three breeds and the breed of the sire assigned to each herd was changed. Pasture mating was used and the breeding season was restricted to three months, April 1 to July 1.

Birth date, birth weight and sex of each calf were recorded within 24 hours after birth. Animals were weaned when the average age of the group reached 240 days. Post weaning gains of the different purebred and crossbred groups were measured for a 140 day period. Every year the bull and heifer calves were placed in pastures of 60 Hectars consisting of Panicum maximum, Pennisetum purpurascens, Melinis minutiflora and Paspalum fasciculatum.

To minimize variation due to non-genetical effects data were adjusted for sex, age of calf, age of dam and initial weight according to the particular need.

The data were analyzed by the method of fitting constants in a least squares analysis using the methods presented by Henderson (25),

with extension for these specific data. The model used to analyze for birth weight, weaning weight and post weaning gains of both males and females was:

$$Y_{ghijk} = \mu + t_g + a_n + p_{1ii} + g_i + g_j + m_j + \gamma_{2ij} + \Sigma_{ghijk}$$

The results of analysis of variance for birth weights, weaning weights and post weaning gains for males and females during 140 days were:

Years. The only significant measurement in this study, among years, was for birth weights. The fitted constants favored the years 1962 and 1963. The adjusted means for years were: 29.70, 31.83, and 31.12 respectively for 1961, 1962 and 1963.

Heterosis. One of the most important reasons for this study was to determine the degree that hybrid vigor would influence birth weights, weaning weights and post weaning gains. The fitted constants indicate positive values in favor of the hybrids, for the three measurements taken. The analysis of variance demonstrated significant differences ($P < .05$) for birth weight, post weaning gains of both sexes. Differences in weaning weights were highly significant ($P < .01$); all were in favor of heterosis. The adjusted means for the purebreds and their reciprocal crosses in birth weight, weaning weight and post weaning gains of males and females were: 29.91 and 31.49; 204.08 and 221.92; 37.86 and 43.74; and 68.13 and 77.39.

Purebreds. Measurements taken of the behavior of the three breeds were similar except for birth weights. The differences in birth weights were highly significant ($P < .01$). Brahman calves were heavier than Criollo and Santa Gertrudis calves. The adjusted means were:

34.41, 29.56 and 26.32 respectively.

General combining ability. Results from fitting constants favored the Brahman breed in all measurements of growth. The analysis of variance for weight gain of the males was highly significant ($P < .01$); gain for females was not significant. The analyses of variance also show highly significant differences in birth weight ($P < .01$) and significant differences ($P < .05$) for weaning weights. The means adjusted by constants for the effect for birth weight, weaning weight and post weaning gain of males were: 34.49, 222.94 and 83.0 for Brahman; 30.99, 208.33 and 62.59 for Santa Gertrudis; 27.87, 207.73 and 72.67 for Criollos.

Maternal effects. The greatest influence of the dams was shown at birth and weaning; Santa Gertrudis and Criollo dams were superior to the Brahman dams in maternal ability. During the 140 day post-weaning period the effect of superior maternal ability remained constant for bull calves, but disappeared in the case of the heifers. The adjusted means for male calves of the three breeds for birth weight, weaning weight and post weaning gains were: 33.65, 219.63 and 80.61 for Santa Gertrudis; 34.27, 200.62 and 73.64 for Brahman; 24.74, 218.81 and 64.04 for Criollos.

Sex-linked effects. Sex linked effects attributable to crossbreeding were evident only on weaning weights. Constants for other measurements of growth did not show any appreciable effect.

The adjusted means, by the constants, for weaning weights favored crosses of Brahman x Santa Gertrudis, Santa Gertrudis x Criollo and Criollo x Brahman, which averaged 217.3 v.s. an average of 208.7 for

the reciprocal crosses of Santa Gertrudis x Brahman, Criollo x Santa Gertrudis and Brahman x Criollo.

Offspring resulting from reciprocal crosses of Brahman and Santa Gertrudis, as well as Brahman and Criollo, were very superior to the average purebred offspring for all applied measurements of growth. Offspring of reciprocal crosses of the Santa Gertrudis and Criollo breeds did not show any evidence of hybrid vigor under the conditions of this experiment.

LITERATURA CITADA

1. ALBA, J. DE, y CARRERA, C. Selección del ganado criollo lechero. Comunicaciones de Turrialba n^o 61. 1958. ✓
2. _____, MUÑOZ, H. y EDWARDS, C. Pesos al destete y aumentos de peso en ganado de carne. Turrialba 13(3):164-167. 1963. ✓
3. BAKER, A. L. y BLACK, W. H. Crossbred types beef cattle for The Gulf Coast Region. U.S. Department of Agriculture. Circular n^o 844. 1950. 23 p.
4. _____ y KNAPP, B. Jr. A study of growth in F₁ HXS herfers. Journal of Animal Science 2(4):359. 1943.
5. _____ y QUESENBERRY, J. R. Comparison of growth of Hereford and F₁ Hereford x Shorthorn herfers. Journal of Animal Science 3(4):322-325. 1944.
6. BENNETT, J. A. y MATTHEWS, D. J. Performance testing studies with beef cattle. Utah Agricultural Experiment Station. Bulletin n^o 377. 1955. 15 p.
7. BOGART, R. et al. Some physiological studies on growth and feed efficiency of beef cattle. Journal of Animal Science 22(4): 993-1000. 1963.
8. BRINKS, J. S. et al. Adjusting birth weight, weaning weight, and preweaning gain for sex of calf in range Hereford cattle. Journal of Animal Science 20(2):363-367. 1961.
9. BURRIS, M. J. y BLUNN, T. C. Some factors affecting gestation length and birth weight of beef cattle. Journal of Animal Science 11(1):34-41. 1952.
10. CARROL, F. D., ROLLINS, W. C. y ITTNER, N. R. Brahman Hereford crossbreds and Hereford gains carcass yields and carcass differences. Journal of Animal Science 14(1):218-223. 1955.
11. CARTER, R. C. y KINCAID, C. M. Estimates of genetic and phenotypic parameters in beef cattle. II. Heritability estimates from parent offspring and half-sib resemblances. Journal of Animal Sciences 18(1):323-329. 1959.
12. DAMON, R. A. Jr. et al. Performance of crossbred beef cattle in The Gulf Coast Region. Journal of Animal Science 18(1): 437-447. 1959.
13. _____ et al. Gain and grades of beef steers in The Gulf Coast Region. Journal of Animal Science 18(3):1103-1113. 1959.

- >14. DAMON, R. A. Jr. et al. Genetic analysis of crossbreeding beef cattle. *Journal of Animal Science* 20(4):849-857. 1961.
- >15. DAWSON, W. M. et al. Birth weight as a criterion of selection in beef cattle. *Journal of Animal Science* 6(3):247-257. 1947.
16. _____ et al. Selection for increased weights of six month old beef calves Brahman Angus population. *Journal of Animal Science* 13(2):556-562. 1953.
17. GERLAUGH, P., KUNKLE, L. E. y RIFE, D. C. Crossbreeding beef cattle. A comparison of the Hereford and Aberdeen Angus breed and their reciprocal crosses. Ohio Agricultural Experiment Station. Bulletin n^o 703. 1951. 33 p. ✓
- >18. GIFFORD, W. Records of performance tests for beef cattle in breeding herds. Milk production. Milk production of dams and growth of calves. Arkansas Agricultura Experiment Station. Bulletin n^o 531. 34 p.
19. GODLEY, W. C. et al. Crossbred and purebred dams for the production of slaughter calves. *Journal of Animal Science* 19(1):203-207. 1960.
- > 20. GREGORY, K. E. Improvement of beef cattle through breeding methods. Nebraska Agricultural Experiment Station. Bulletin n^o 196. 1961. 32 p.
- ∩21. _____, BLUNN, T. C. y BAKER, M. L. A study of some of the factors influencing the birth and weaning weight of beef calves. *Journal of Animal Science* 9(3):338-346. 1950.
22. GUYER, P. Q. y LUCAS, L. E. Beef herd improvement with record of performance. Nebraska University College of Agriculture. Cooperative U.S. Department of Agriculture. Bulletin E. C, 63-209. 1963. 27 p.
- ∩23. HAFEZ, E. S. E. Symposium of growth: Physio genetics of prenatal growth. *Journal of Animal Science* 22(3):779-791. 1963.
- > 24. HAMANN, H. K., WEARDEN, S. y SMITH, W. H. Estimation of genetic and environmental factors affecting weaning weights of creep fed cattle. *Journal of Animal Science* 22(2):316-319. 1963.
25. HENDERSON, C. R. Estimation of general, specific and maternal combining abilities in crosses among inbred of swine. Unpublished Ph. D. Thesis. Iowa State College, 1948. 199 p. (Original no consultado; citado en DAMON, R. A. Jr. et al. Genetic analysis of crossbreeding beef cattle. *Journal of Animal Science* 20(4):849-857. 1961).

26. KIDDER, R. W. et al. Systems of crossbreeding for beef production in Florida. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin n^o 673. 1964. 19 p.
27. KINCAID, C. M. Breed crosses with beef cattle in the South. U.S. Department of Agriculture Southern Cooperative. Series Bulletin n^o 81. 1962. 28 p.
28. KNAPP, B. Jr., BAKER, A. L. y CLARK, R. T. Crossbred beef cattle for the Northern Great Plains. U.S. Department. Circular n^o 810. 1949. 15 p.
29. _____ y CLARK, R. T. Revised estimates of heritability of economic characteristics in beef cattle. Journal of Animal Science 9(4):582-587. 1950.
30. _____ y NORDSKOG, A. W. Heritability of growth and efficiency in beef cattle. Journal of Animal Science 5(1):62-69. 1946.
31. _____ et al. Growth and production factors in range cattle. Montana Agricultural Experiment Station. Bulletin n^o 400. 1942. 13 p.
32. KOCH, R. M. y CLARK, R. T. Influence of sex, season of birth and age of dam in economic of tracts in range beef cattle. Journal of Animal Science 14(2):3
33. _____ et al. Evaluating the influence of sex on birth weight and preweaning gain in beef cattle. Journal of Animal Science 18(2):738-743. 1959.
34. _____ et al. Efficiency of feed use in beef cattle. Journal of Animal Science 22(2):486-494. 1963.
35. KRAMER, C. Y. Extension of multiple range tests to group correlated adjusted means. Biometrics 13(1):13-18. 1957.
36. LUSH, J. L. et al. Normal growth of range cattle. Texas Agricultural Experiment Station. Bulletin n^o 409. 1930.
37. Mc.CORMICK, W. C. Crossbreeding in Georgia. In Cunha, T. J., Koger, M. y Warwick, A. C. Crossbreeding beef cattle. Gainesville, University of Florida, 1963. pp. 117-121.
38. _____ y SOUTHWELL, B. L. A comparison of Brahman crossbred with British crossbred cattle. Journal of Animal Science 16(1):207-216. 1957.
39. MARLOWE, T. J. Weights and grades of beef cattle and their relation to performance. Virginia. Agricultural Experiment Station. Bulletin n^o 537. 1962. 50 p.

40. MEADE, J. H. Jr. Environmental factors affecting weaning weights of beef cattle in the Everglades Florida. Florida Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin nº 663. 1963. 10 p.
41. MOORE, D. F., STONAKER, H. H. y RIDDLE, K. Factors influencing comparison of Hereford bulls for rate of gain. Journal of Animal Science 20(2):255-259. 1960.
42. NELMS, G. E. y BOGART, R. The effect of birth weight, age of dam and time of birth on suckling gains of beef calves. Journal of Animal Science 15(3):662-666. 1956.
43. NEVILLE, W. E. Jr. Influence of dam's milk production and other factors on 120 and 240 days weight of Hereford calves. Journal of Animal Science 21(2):315-320. 1962.
44. _____ Influence of dam's milk production and other factors on past weaning performance and carcass characteristics of Hereford cattle. Journal of Animal Science 21(4):943-949. 1962.
45. PAEZ, B. G. Métodos de investigación en producción animal. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1964. 367 p.
46. PEACOCK, F. M. y KIRK, W. G. Feed lot performance and carcass grades of Brahman and Brahman - Shorthorn stress. Florida, Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 597. 1963. 16 p.
47. _____, KIRK, W. G. y KOGER, M. Factors affecting the weaning weight of range calves. Florida, Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 578A. 1960. 12 p.
48. _____ 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.
49. PIERCE, C. D. et al. Rate and efficiency of gains in beefcattle. II. Some factors affecting performance testing. Oregon Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 33. 1954. 31 p.
50. PIERCE, D. A. et al. Rate and efficiency of gains in beef cattle. VI. Breed, line, and sex differences fore some blood constituents of young beef cattle. Oregon Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin nº 46. 1959. 23 p.

51. ROLLINS, W. C. Beef cattle performance and progeny test, efficiency, carcass conformation and earliness of maturity. *Journal of Animal Science* 21(2):200-206. 1962.
52. _____ y GUILBERT, H. R. Factors affecting the growth of beef calves during the suckling period. *Journal of Animal Science* 13(2):517-526. 1954.
53. _____ y WAGNON, K. A. Heritability grade in range beef cattle. *Journal of Animal Science* 15(2):529-536. 1956.
54. SABIN, S. W., STRATTON, P. O. y BOGART, R. Genetic and environmental study of calf growth. *Journal of Animal Science* 20(4): 2. 1954.
55. SHAH, K. S. y O'MARY, C. C. Specific Age-weight relationship in beef cattle. *Journal of Animal Science* 23(3):854. 1964.
56. SMITH, G., O'MARY, C. C. y ENSMINGER, M. E. Rate of gain and feed efficiency within specific weights increments in growing beef cattle. *Journal of Animal Science* 20(4): 1954.
57. SNEDECOR, G. W. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. 5th. ed. Ames, Iowa, State College Press, 1956. 534 p.
58. SULLIVAN, S. J. Effect of type of dam and type of calf and growth rate of beef calves from birth weaning. *Journal of Animal Science* 23(8):854. 1964.
59. SWIGER, L. A. et al. Evaluating preweaning growth of beef calves. *Journal of Animal Science* 21(4):781-786. 1962.
60. _____ et al. Evaluation post weaning gain of beef calves. *Journal of Animal Science* 22(2):514-520. 1963.
61. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. USDA. Agricultural Research Service, 1960. 157 p.
62. WARWICK, A. C. Mothering ability. In Cunha, T. J., Koger, M. y Warwick, A. C. *Crossbreeding beef cattle*. Gainesville, University of Florida, 1963. pp. 88-92.
63. WARWICK, B. L., CARTWEIGHT, T. C. y HAZEN, M. W. Beef cattle performance at Bluebonnet Farm. I. Evaluation tests for gaining ability. Texas Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 790. 1954. 8 p.
64. YAMAMOTO, A. Comparación de aumentos de peso de novillas de las razas puras y sus híbridos. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1962. 51 p. (Mimeografiada).

A P E N D I C E

CUADRO 7. ECUACIONES DE MINIMOS CUADRADOS PARA EL MODELO: $Y_{ghijk} = \mu + t_g + e_h + p_{11} + e_{1,j} + e_{2,j} + Y_{21j} + \Sigma_{ghijk}$ PESO AL NACER.

	μ	t_1	t_2	t_3	v_1	v_2	p^{11}	p^{22}	p^{33}	e_1	e_2	e_3	m_1	m_2	m_3	Y_{12}	Y_{13}	Y_{21}	Y_{23}	Y_{31}	Y_{32}	Kilogramos R. H. M.
μ	178	60	66	52	59	119	20	23	16	81	82	75	61	66	51	22	18	22	17	19	21	5533.7
t_1	60	60	0	0	22	38	8	8	6	25	27	24	20	23	17	8	5	6	6	6	7	1785.0
t_2	66	0	66	0	22	44	9	8	5	32	29	27	25	22	19	8	8	9	6	7	6	2130.9
t_3	52	0	0	52	15	37	3	7	5	24	26	24	16	21	15	6	5	7	5	6	8	1617.9
v_1	59	22	22	17	22	0	20	23	16	0	0	0	20	23	16	0	0	0	0	0	0	1770.2
v_2	119	38	44	37	0	119	0	0	0	81	82	75	41	43	35	22	18	22	17	19	21	3763.5
p^{11}	20	8	9	3	20	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	646.3
p^{22}	23	8	8	7	23	0	0	23	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	649.8
p^{33}	16	6	5	5	16	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	474.1
e_1	81	25	32	24	0	81	0	0	0	81	44	37	41	22	18	22	18	22	0	19	0	2611.1
e_2	82	27	29	26	0	82	0	0	0	44	82	38	22	43	17	22	0	22	17	0	21	2607.1
e_3	75	24	27	24	0	75	0	0	0	37	38	72	19	21	35	0	18	0	17	19	21	2308.8
m_1	61	20	25	16	20	41	20	0	0	41	22	19	61	0	0	0	0	22	0	19	0	2059.2
m_2	66	23	22	21	23	43	0	23	0	22	43	21	0	66	0	22	0	0	0	0	21	1825.7
m_3	51	17	19	15	16	35	0	0	16	18	17	35	0	0	51	0	18	0	17	0	0	1648.8
Y_{12}	22	8	8	6	0	22	0	0	0	22	22	0	0	22	0	22	0	0	0	0	0	636.0
Y_{13}	18	5	8	5	0	18	0	0	0	18	0	18	0	0	18	0	18	0	0	0	0	562.2
Y_{21}	22	6	9	7	0	22	0	0	0	22	22	0	22	0	0	0	0	22	0	0	0	818.7
Y_{23}	17	6	6	5	0	17	0	0	0	0	17	17	0	0	17	0	0	0	17	0	0	612.5
Y_{31}	19	6	7	6	0	19	0	0	0	19	0	19	0	0	0	0	0	0	0	19	0	594.2
Y_{32}	21	7	6	8	0	21	0	0	0	0	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	21	539.9

CUADRO 8. ECUACIONES REDUCIDAS POR COLUMNAS EN PESO AL NACER.

μ	178	60	66	52	59	119	20	23	16	81	82	75	61	66	51	22	18	22	17	19	21	5533.7
t_1	8	60	0	-52	7	1	5	1	1	1	1	0	4	2	2	2	0	-1	1	0	-1	167.2
t_2	14	0	66	-52	7	7	6	1	0	8	3	3	9	1	4	2	3	2	1	1	-2	513.1
v_1	-60	-16	-22	-22	59	-119	20	23	16	-81	-82	-75	-21	-20	-19	-22	-18	-22	-17	-19	-21	-1993.3
p^{11}	4	2	4	-2	4	0	20	0	-16	0	0	0	20	0	-16	0	0	0	0	0	0	172.2
p^{22}	7	2	3	2	7	0	0	23	-16	0	0	0	0	23	-16	0	0	0	0	0	0	175.7
e_1	6	1	5	0	0	6	0	0	0	44	6	-38	22	1	-17	22	0	22	-17	0	-21	302.3
e_2	7	3	2	2	0	7	0	0	0	7	44	-37	3	22	-18	22	-18	22	0	-19	0	298.3
m_1	10	3	6	1	4	6	20	0	-16	23	5	-16	61	0	-51	0	-18	22	-17	19	0	410.4
m_2	15	6	3	6	7	8	0	23	-16	4	26	-14	0	66	-51	22	-18	0	-17	0	21	176.9
Y_{12}	-3	2	-2	-3	0	-3	0	0	0	1	-4	-3	-3	1	-1	22	-18	-22	17	19	-21	-78.1

CUADRO 9. ECUACIONES REDUCIDAS PARA MINIMOS CUADRADOS Y R H M. (MIEMBRO DERECHO DE LA ECUACION) PARA PESO AL NACER.

	μ	t_1	t_2	v_1	p^{11}	p^{22}	e_1	e_2	m_1	m_2	F_{12}	R H M
μ	178	8	14	-60	4	7	6	7	10	15	-3	5533.7
t_1	8	112	52	6	4	0	1	1	2	0	5	167.2
t_2	14	52	118	0	6	1	5	0	5	-3	1	513.1
v_1	-60	6	0	178	4	7	-6	-7	-2	-1	3	-1993.3
p^{11}	4	4	6	4	16	0	0	36	16	0	172.2	
p^{22}	7	0	1	7	16	22	0	0	16	39	0	175.7
e_1	6	1	5	-6	0	0	22	44	39	18	4	302.3
e_2	7	1	0	-7	0	0	44	21	40	-1	298.3	
m_1	10	2	5	-2	36	16	39	21	112	51	-2	410.4
m_2	15	0	-3	-1	16	39	18	40	51	117	2	176.9
F_{12}	-3	5	1	3	0	0	4	-1	-2	2	119	-78.1

CUADRO 10. ECUACIONES DE MINIMOS CUADRADOS PARA PESO AL DESTETE

	μ	t_1	t_2	t_3	v_1	v_2	p^{11}	p^{22}	p^{33}	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	m_1	m_2	m_3	y_{12}	y_{13}	y_{21}	y_{23}	y_{31}	y_{32}	R.H.M.
μ	171	56	63	52	54	116	16	22	16	79	81	74	55	65	51	22	18	21	17	18	21	36,928.24
t_1	56	56	--	--	18	38	4	8	6	25	27	24	16	23	17	8	5	6	6	6	7	12,220.79
t_2	62	--	62	--	21	41	9	7	5	30	28	26	23	21	19	8	8	8	6	6	6	13,691.42
t_3	52	--	--	52	15	37	3	7	5	24	26	24	16	21	15	6	5	7	5	6	8	11,016.03
v_1	54	18	21	15	54	--	16	22	16	--	--	--	16	22	16	--	--	--	--	--	--	10,971.65
v_2	117	38	42	37	--	117	--	--	--	79	81	74	39	43	35	22	18	21	17	18	21	25,957.59
p^{11}	16	4	9	3	16	--	16	--	--	--	--	--	16	--	--	--	--	--	--	--	--	3,362.72
p^{22}	22	8	7	7	22	--	--	22	--	--	--	--	--	22	--	--	--	--	--	--	--	4,270.86
p^{33}	16	6	5	5	16	--	--	--	16	--	--	--	--	--	16	--	--	--	--	--	--	3,338.07
ϵ_1	79	25	30	24	--	79	--	--	--	79	43	36	39	22	18	22	18	21	--	18	--	17,494.80
ϵ_2	81	27	28	26	--	81	--	--	--	43	81	38	21	43	17	22	--	21	17	--	21	18,099.15
ϵ_3	74	24	26	24	--	74	--	--	--	36	38	74	18	21	35	--	18	--	17	18	21	16,319.23
m_1	55	16	23	16	16	39	16	--	--	39	21	18	55	--	--	--	--	21	--	18	--	12,217.62
m_2	65	23	21	21	22	43	--	22	--	22	43	21	--	65	--	22	--	--	--	--	21	13,491.55
m_3	51	17	19	15	16	35	--	--	16	18	17	35	--	--	51	--	18	--	17	--	--	11,219.07
y_{12}	22	8	8	6	--	22	--	--	--	22	22	--	--	22	--	22	--	--	--	--	--	4,745.81
y_{13}	18	5	8	5	--	18	--	--	--	18	--	18	--	--	18	--	18	--	--	--	--	3,894.09
y_{21}	21	6	8	7	--	21	--	--	--	21	21	--	21	--	--	--	--	21	--	--	--	4,891.55
y_{23}	17	6	6	5	--	17	--	--	--	--	17	17	--	--	17	--	--	--	--	17	--	3,986.91
y_{31}	18	6	6	6	--	18	--	--	--	18	--	18	18	--	--	--	--	--	--	--	18	3,963.35
y_{32}	21	7	6	8	--	21	--	--	--	--	21	21	--	21	--	--	--	--	--	--	21	4,474.88

CUADRO 11. ECUACIONES REDUCIDAS PARA MINIMOS CUADRADOS Y R.H.M.'s EN PESO AL DESTETE.

	μ	t_1	t_2	v_1	p^{11}	p^{22}	ϵ_1	ϵ_2	m_1	m_2	y_{12}	R.H.M.
μ	171	4	11	-63	--	6	5	7	4	14	-3	36,928.24
t_1	4	108	52	2	0	0	1	1	-2	0	5	1,204.76
t_2	11	52	115	1	6	--	4	0	3	-4	1	2,675.39
p^{11}	-63	2	1	171	0	6	-5	-7	-4	-2	3	-14,984.94
p^{22}	0	0	6	--	22	16	--	--	32	16	--	24.65
ϵ_1	6	0	0	6	16	28	--	--	16	38	--	932.79
ϵ_2	5	1	4	-5	--	--	21	43	38	18	5	1,175.57
m_1	7	1	0	-7	--	--	43	29	21	40	1	1,779.92
m_2	4	-2	3	-4	32	16	38	21	106	51	-2	908.55
y_{12}	14	0	-4	-2	16	38	18	40	51	116	2	2,272.48
	-3	5	1	3	--	--	5	1	-2	2	117	-564.45

CUADRO 12. ECUACIONES DE MINIMOS CUADRADOS PARA AUMENTOS DE PESO EN HEMBRAS

	μ	v_1	v_2	p^{11}	p^{22}	p^{33}	ε_1	ε_2	ε_3	m_1	m_2	m_3	Y_{12}	Y_{13}	Y_{21}	Y_{23}	Y_{31}	Y_{32}	R.H.M.
μ	<u>84</u>	29	55	10	10	9	38	39	33	31	28	25	9	8	13	8	8	9	4014.0
v_1	29	<u>29</u>	0	10	10	9	0	0	0	10	10	9	0	0	0	0	0	0	1272.0
v_2	55	0	<u>55</u>	0	0	0	38	39	33	21	18	16	9	8	13	8	8	9	2742.0
p^{11}	10	10	0	<u>10</u>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	449.0
p^{22}	10	10	0	0	<u>10</u>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	453.0
p^{33}	9	9	0	0	0	<u>9</u>	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	370.0
ε_1	38	0	38	0	0	0	<u>38</u>	22	16	21	9	8	9	8	13	0	8	0	1877.0
ε_2	39	0	39	0	0	0	22	<u>39</u>	17	13	18	8	9	0	13	8	0	9	2002.0
ε_3	33	0	33	0	0	0	16	17	<u>33</u>	8	9	16	0	8	0	8	8	9	1605.0
m_1	31	10	21	10	0	0	21	13	8	<u>31</u>	0	0	0	0	13	0	8	0	1480.0
m_2	28	10	18	0	10	0	9	18	9	0	<u>28</u>	0	9	0	0	0	0	9	1374.0
m_3	25	9	16	0	0	9	8	8	16	0	0	<u>25</u>	0	8	0	8	0	0	1185.0
Y_{12}	9	0	9	0	0	0	9	9	0	0	9	0	<u>9</u>	0	0	0	0	0	477.0
Y_{13}	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	0	8	0	<u>8</u>	0	0	0	0	369.0
Y_{21}	13	0	13	0	0	0	13	13	0	13	0	0	0	0	<u>13</u>	0	0	0	660.0
Y_{23}	8	0	8	0	0	0	0	8	8	0	0	8	0	0	0	<u>8</u>	0	0	421.0
Y_{31}	8	0	8	0	0	0	8	0	8	8	0	0	0	0	0	0	<u>8</u>	0	371.0
Y_{32}	9	0	9	0	0	0	0	9	9	0	9	0	0	0	0	0	0	<u>9</u>	444.0

CUADRO 13. ECUACIONES REDUCIDAS PARA MINIMOS CUADRADOS Y R.H.M.'s EN AUMENTOS DE PESO PARA HEMBRAS

	μ	v_1	p^{11}	p^{22}	ε_1	ε_2	m_1	m_2	Y_{12}	R.H.M.
μ	<u>86</u>	-36	-1	5	-1	0	-2	10	1	6447.19
v_1	-36	<u>86</u>	-1	5	1	0	0	0	-1	-3003.13
p^{11}	-1	-1	<u>13</u>	7	0	0	13	7	0	-62.15
p^{22}	5	5	7	<u>19</u>	0	0	7	19	0	396.77
ε_1	-1	1	0	0	<u>41</u>	20	17	9	7	-167.97
ε_2	0	0	0	0	20	<u>40</u>	8	22	4	277.96
m_1	-2	0	13	7	17	8	<u>50</u>	26	3	-68.03
m_2	10	0	7	19	9	22	26	<u>62</u>	1	1102.11
Y_{12}	1	-1	0	0	7	4	3	1	<u>61</u>	-102.76

CUADRO 14. ECUACIONES DE MINIMOS CUADRADOS PARA AUMENTOS DE PESO EN MACHOS

	μ	v_1	v_2	p^{11}	p^{22}	p^{33}	ε_1	ε_2	ε_3	m_1	m_2	m_3	Y_{12}	Y_{13}	Y_{21}	Y_{23}	Y_{31}	Y_{32}	R.H.M.	
μ	<u>86</u>	25	61	6	12	7	40	41	41	24	36	26	12	10	8	9	10	12	6447.19	
v_1	25	<u>25</u>	0	6	12	7	0	0	0	6	12	7	0	0	0	0	0	0	0	1722.03
v_2	61	0	<u>61</u>	0	0	0	40	41	41	18	24	19	12	10	8	9	10	12	4725.16	
p^{11}	6	6	0	<u>6</u>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400.32
p^{22}	12	12	0	0	<u>12</u>	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	859.24
p^{33}	7	7	0	0	0	<u>7</u>	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	462.47
ε_1	40	0	40	0	0	0	<u>40</u>	20	20	18	12	10	12	10	8	0	10	0	0	2946.14
ε_2	41	0	41	0	0	0	20	<u>41</u>	21	8	24	9	12	0	8	9	0	12	0	3392.07
ε_3	41	0	41	0	0	0	20	21	<u>41</u>	10	12	19	0	10	0	9	10	12	0	3112.11
m_1	24	6	18	6	0	0	18	8	10	<u>24</u>	0	0	0	0	8	0	10	0	0	1736.34
m_2	36	12	24	0	12	0	12	24	12	0	<u>36</u>	0	12	0	0	0	0	12	0	2906.48
m_3	26	7	19	0	0	7	10	9	19	0	0	<u>26</u>	0	10	0	9	0	0	0	1804.37
Y_{12}	12	0	12	0	0	0	12	12	0	0	12	0	<u>12</u>	0	0	0	0	0	0	952.15
Y_{13}	10	0	10	0	0	0	10	0	10	0	0	10	0	<u>10</u>	0	0	0	0	0	657.97
Y_{21}	8	0	8	0	0	0	8	8	0	8	0	0	0	0	<u>8</u>	0	0	0	0	660.90
Y_{23}	9	0	9	0	0	0	0	9	9	0	0	9	0	0	0	<u>9</u>	0	0	0	683.93
Y_{31}	10	0	10	0	0	0	10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	<u>10</u>	0	0	675.12
Y_{32}	12	0	12	0	0	0	0	12	12	0	12	0	0	0	0	0	0	<u>12</u>	0	1095.09

CUADRO 15. ECUACIONES REDUCIDAS PARA MINIMOS CUADRADOS Y R.H.M.'s EN AUMENTOS DE PESO PARA MACHOS.

	μ	v_1	p^{11}	p^{22}	ε_1	ε_2	m_1	m_2	Y_{12}	R.H.M.
μ	<u>84</u>	-26	1	1	5	6	6	3	5	4014.00
v_1	-26	<u>84</u>	1	1	-5	-6	-4	-1	5	-1470.00
p^{11}	1	1	<u>19</u>	9	19	9	19	9	-	79.00
p^{22}	1	1	9	<u>19</u>	9	19	9	19	-	83.00
ε_1	5	-5	19	9	<u>39</u>	22	21	8	-3	272.00
ε_2	6	-6	9	19	22	<u>38</u>	13	17	-4	397.00
m_1	6	-4	19	9	21	13	<u>26</u>	25	-5	320.00
m_2	3	-1	9	19	8	17	25	<u>22</u>	-	214.00
Y_{12}	-5	5	--	--	-3	-4	-5	--	<u>22</u>	-131.00