

Nº 7
01673
2Ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO Y PESO AL DESTETE DE LAS CRIAS DE VACAS *Bos indicus* y F_1 *Bos taurus* x *Bos* *indicus*

T E S I S

PRESENTADA PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE
MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL

AREA: GENETICA

P R E S E N T A .

ANGEL RIOS UTRERA

ASESOR:

M.V.Z., M. SC, Ph. D. MOISES MONTAÑO BERMUDEZ

MEXICO D.F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO Y PESO AL DESTETE DE LAS
CRIAS DE VACAS *Bos indicus* y F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus***

Tesis presentada para la obtención del grado de

MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL

Area: GENETICA

Ante la División de Estudios de Posgrado e Investigación

de la

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la

Universidad Nacional Autónoma de México

por

ANGEL RIOS UTRERA

Asesor:

M.V.Z., M. Sc., Ph. D. Moisés Montaña Bermúdez.

México, D. F., 1994.

*A Marisol,
Angel Jhared,
José Daniel y
Carmen Shiomara*

Índice

	Página
Índice de cuadros	ii
Resumen	iii
Introducción	1
Revisión de literatura	2
Edad al primer parto.....	2
Tasa de gestación.....	4
Sobrevivencia prenatal.....	6
Tasa de parto.....	7
Sobrevivencia posnatal.....	9
Tasa de destete.....	10
Intervalo inicio de empare-parto.....	13
Peso al destete.....	14
Resumen.....	16
Material y Métodos	18
Resultados y Discusión	23
Edad al primer parto.....	23
Tasa de gestación.....	27
Sobrevivencia prenatal.....	32
Tasa de parto.....	34
Sobrevivencia posnatal.....	36
Tasa de destete.....	39
Intervalo inicio de empare-parto.....	42
Peso al destete.....	45
Productividad total.....	48
Conclusiones	51
Literatura citada	52

Índice de cuadros

Cuadro	Página
1. Número de vaquillas producidas por grupo genético y año de nacimiento.	19
2. Número de hembras apareadas por grupo genético y año de apareamiento.	20
3. Análisis de varianza para edad al primer parto.	24
4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para edad al primer parto por grupo genético.	25
5. Análisis de varianza para la tasa de gestación, la sobrevivencia prenatal y la tasa de parto.	28
6. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la tasa de gestación (%) por grupo genético y época de empadre.	29
7. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la sobrevivencia prenatal (%) en vacas <i>Bos indicus</i> y F ₁ <i>Bos taurus</i> x <i>Bos indicus</i> por grupo genético y época de empadre.	33
8. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la tasa de parto (%) por grupo genético y época de empadre.	35
9. Análisis de varianza para la sobrevivencia posnatal, la tasa de destete y el intervalo inicio de empadre-parto	37
10. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la sobrevivencia posnatal en vacas <i>Bos indicus</i> y F ₁ <i>Bos taurus</i> x <i>Bos indicus</i> por grupo genético.	38
11. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la tasa de destete (%) por grupo genético y época de empadre.	40
12. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para el intervalo inicio de empadre-parto (días) por grupo genético y época de empadre.	43
13. Análisis de covarianza para peso al destete.	46
14. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para peso al destete en vacas <i>Bos indicus</i> y F ₁ <i>Bos taurus</i> x <i>Bos indicus</i> por grupo genético.	47
15. Productividad total al destete por grupo genético.	49

RESUMEN

Angel Ríos Utrera. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO Y PESO AL DESTETE DE LAS CRIAS DE VACAS *Bos indicus* Y F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus*.

Asesor: Ph. D. Moisés Montaño Bermúdez.

Se analizó la edad al primer parto (EP), las tasas de gestación (TG), sobrevivencia prenatal (SN), parto (TP), sobrevivencia posnatal (SD) y destete (TD), el intervalo inicio de empadre-parto (FP) y el peso al destete (PD) de las crías de vacas puras y cruzadas. Se utilizaron los registros de 178 vaquillas nacidas de 1984 a 1988, y 636 apareamientos realizados de 1986 a 1989 con hembras que nacieron de 1975 a 1988 en el Campo Experimental "Las Margaritas". De los apareamientos resultaron 476 gestaciones, 438 partos y 391 crías destetadas. Se aparearon un total de 73 hembras Indobrasil (I), 77 Brahman (B), y 41 Angus (AC), 65 Hereford (HC), 38 Charolais (CC) y 39 Suizo Indobrasil. Los apareamientos fueron en dos épocas al año, las que iniciaban alrededor del 21 de marzo (primavera) y 21 de septiembre (otoño) y duraban 63 d cada una. El destete se realizó a los 220 días de lactación, en una misma fecha para todas las crías que nacieron en una misma época. Las tasas se consideraron como variables categóricas (0 ó 1). Los análisis se realizaron con el procedimiento GLM del paquete SAS. EP se analizó con un modelo que incluyó grupo genético (G) y año y época de nacimiento de la vaquilla. TG, SN, TP, SD, TD, FP y PD se analizaron con un modelo que incluyó G, año y época (EE) de empadre, y una combinación de la edad de la hembra y su condición al inicio del empadre. El modelo para analizar SD y FP incluyó también el sexo de la cría (SX), y para PD, SX y el peso al nacimiento y la edad al destete de la cría como covariables en forma lineal y cuadrática. Todos los modelos incluyeron también las interacciones de primer orden que fueron importantes ($P < .25$). G afectó ($P < .01$) EP, TG, TP, TD, FP y PD. La interacción G*EE fue significativa para TG ($P = .068$), SN ($P = .027$), TP ($P = .087$) y TD ($P = .015$). AC y SC tuvieron las EP menores; HC y CC intermedias; e I y B las mayores (1056 ± 44 , 1103 ± 49 , 1241 ± 33 , 1221 ± 38 , 1681 ± 58 y 1661 ± 42 d, respectivamente). AC, HC y SC tuvieron una TG mayor que B, I y CC (85 ± 5 , 82 ± 4 , 79 ± 5 , 67 ± 4 , 66 ± 4 y $65 \pm 5\%$, respectivamente). No se encontraron diferencias en SN con los empadres en otoño. AC tuvo los FP menores; HC, SC y CC intermedios; e I y B los mayores (304 ± 2 , 307 ± 2 , 309 ± 2 , 310 ± 3 , 313 ± 2 y 317 ± 2 d, respectivamente). Con los empadres en primavera, SC, HC, AC y B tuvieron la TD mayor; CC intermedia; e I la menor (72 ± 9 , 71 ± 7 , 70 ± 8 , 69 ± 5 , 56 ± 9 y $43 \pm 6\%$, respectivamente). Con los empadres en otoño y en el promedio de ambos empadres, AC, HC y SC tuvieron la TD mayor; CC intermedia; e I y B la menor. Las medias con los empadres en otoño fueron 78 ± 7 , 76 ± 6 , 73 ± 7 , 65 ± 7 , 53 ± 6 y $43 \pm 6\%$, respectivamente. AC destetó los becerros más pesados; SC, HC, CC e I intermedios; y B los menos pesados (189 ± 4 , 182 ± 4 , 181 ± 4 , 175 ± 5 , 175 ± 6 y 167 ± 3 kg, respectivamente). La ventaja de las vacas cruzadas en TD y PD sobre las puras fue de 26 y 5.9%, respectivamente, lo que en términos de kilogramos de becerro destetado por vaca empadrada resultó en una ventaja cercana al 31%. Adicionalmente, las vaquillas cruzadas tuvieron su primer parto, en promedio, 17 meses antes que las puras. En general, las diferencias entre las cruzas no fueron importantes.

Introducción

La producción de becerros al destete es el factor principal que afecta la eficiencia de los sistemas de producción de carne, y está determinada en gran medida por el comportamiento reproductivo de la vaca. El cruzamiento es una práctica que mejora la eficiencia en la producción de becerros al destete. La revisión hecha por Franke (1980), sobre cruzamientos con Brahman y razas británicas, señala el potencial para niveles significativos de heterosis en características reproductivas de las vacas, observándose también en características de crecimiento de los becerros (Pahnish et al., 1969; Peacock et al., 1969). En regiones subtropicales, el cruzamiento de Cebú con razas británicas ha resultado consistentemente en un mejoramiento de la eficiencia reproductiva de la hembra en relación a Cebú (Warwick, 1968; Cundiff, 1970). En el sur de los Estados Unidos, la superioridad de vacas F_1 Brahman x *Bos taurus* sobre las razas paternas correspondientes ha sido demostrada por Koger et al. (1973). Sin embargo, la producción de becerros para engorda en la zona tropical de México se hace principalmente con vacas Cebú; aún cuando la utilización de vacas cruzadas es cada vez más frecuente. Por lo tanto, es necesario caracterizar el comportamiento de hembras cruzadas de tipos raciales diferentes sometidas a condiciones ambientales y sistemas de manejo específicos, para poder diseñar programas para producción de carne más eficientes. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue comparar el comportamiento reproductivo y el peso al destete de las crías de vacas *Bos indicus* y cruzadas F_1 *Bos taurus* x *Bos indicus*.

Revisión de literatura

Edad al primer parto

La edad al primer parto es una función de la edad a la pubertad, y es una característica de importancia económica por que las vaquillas que paren más jóvenes producen más becerros durante su vida productiva. Donaldson (1968), Albaugh y Strong (1972) y Núñez-Domínguez et al. (1991) encontraron que vaquillas que parieron por primera vez a los dos años de edad, produjeron más becerros durante su vida productiva que aquellas que parieron a los tres años.

La edad a la pubertad depende del nivel nutricional, raza, tasa de crecimiento y heterosis (Warnick et al., 1956; Reynolds et al., 1963; Wiltbank et al., 1966).

Existe evidencia de que vaquillas *Bos taurus* cruzadas alcanzaron la pubertad a una edad menor que vaquillas *Bos taurus* puras. En cruza recíprocas entre Angus y Hereford, Wiltbank et al. (1969) observaron que las vaquillas cruzadas alcanzaron la pubertad 148 días antes ($P < .01$) que las vaquillas puras. Smith et al. (1976) confirmaron estos resultados al estimar una heterosis de -34 días ($P < .01$) para la edad a la pubertad de vaquillas cruzadas, producidas en un dialelo con Hereford, Angus y Shorthorn. Gregory et al. (1978b) obtuvieron una heterosis de -9.4 días ($P < .10$) en un dialelo con Red Poll, Hereford, Angus y Suizo Pardo.

También se han encontrado diferencias entre vaquillas Brahman y cruzadas *Bos taurus* x Brahman. Reynolds et al. (1963) indicaron que la edad a la pubertad para vaquillas Angus, Brahman y cruza recíprocas Angus-Brahman fue 433, 816 y 460 días,

respectivamente, lo que representa una heterosis de -164.5 días. Franke y England (1965) estimaron una heterosis favorable cercana al 14% al comparar vaquillas Angus, Brahman, Hereford y las cruzas de Brahman con estas razas británicas. En ambos estudios, la ventaja de las cruzas estuvo relacionada a una edad a la pubertad mayor para las vaquillas Brahman, dado que en ninguno de los casos la edad promedio a la pubertad para las vaquillas cruzadas fue menor que para las vaquillas de las razas británicas. Plasse et al. (1968) informaron que vaquillas Brahman x Shorthorn presentaron su primer cuerpo lúteo (pubertad) 2.4 meses antes que vaquillas Brahman (17 vs 19.4 meses). Stewart et al. (1980) observaron que en pastoreo, las vaquillas cruzadas (producidas en un dialelo con Angus, Brahman, Hereford, Holstein y Jersey) fueron 15 días más jóvenes a la pubertad ($P < .05$) que las puras (398 vs 413 días). Las vaquillas Angus-Brahman, Brahman-Holstein y Brahman-Jersey fueron púberes a una edad menor que las vaquillas Brahman.

Se ha publicado que vaquillas cruzadas de Brahman son más precoces que vaquillas cruzadas de otras razas. Landreneau et al. (1977), utilizando vacas Hereford y Angus, encontraron que vaquillas F_1 hijas de toros Brahman alcanzaron la pubertad 93.2, 49.4 y 47.7 días antes ($P < .01$) que las hijas de toros Chianina, Simmental y Maine Anjou, respectivamente. Por su parte, Bolton et al. (1987) mencionaron que la edad promedio a la pubertad de vaquillas con $1/2$ y $1/4$ de raza Brahman fue 4.5 días menor ($P < .05$) que la de vaquillas puras o cruzadas de otras razas (Angus y Hereford). Por el contrario, Gregory et al. (1979) publicaron que vaquillas F_1 , Brahman y Sahiwall por *Bos taurus* (Angus y Hereford), alcanzaron la pubertad 82.3 y 67.3 días más tarde ($P < .01$) que vaquillas *Bos taurus* cruzadas, respectivamente. Las vaquillas *Bos taurus* cruzadas fueron hijas de toros Angus, Hereford, Pinzgauer y Tarentaise, y vacas Angus y Hereford. Los autores

comentaron sobre este resultado que es posible que el mérito genético aditivo de Brahman y Sahiwall para la edad a la pubertad fue extremadamente bajo, porque la heterosis media para esta característica es probablemente alta para *Bos indicus* en cruzamiento con *Bos taurus*.

Tasa de gestación

La tasa de gestación se define como la proporción de vacas gestantes del número total de vacas en empadre.

Existen informes de que vacas *Bos taurus* cruzadas presentaron una tasa de gestación mayor que vacas *Bos taurus* puras. Cundiff et al. (1974) observaron una tasa de gestación mayor en vacas cruzadas (cruzas recíprocas entre Angus, Hereford y Shorthorn) que en vacas puras (91.5 vs 85.9%), y estimaron una heterosis materna promedio para todas las cruzas de 5.6% ($P < .01$).

Por otro lado, diversos investigadores han demostrado que vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* (o recíproco) son más fértiles que vacas *Bos taurus* y *Bos indicus*. Peacock et al. (1971) comunicaron que la tasa promedio de gestación de vacas cruzadas, 1/2, 1/4 y 3/4 Brahman x Shorthorn, fue 9.5 unidades porcentuales mayor que la tasa promedio de vacas puras, Brahman y Shorthorn. Estos resultados son similares a los obtenidos por Boston et al. (1976), quienes observaron que vacas cruzadas (retrocruzas y cruzas de tres razas que incluyeron Brahman), apareadas con sementales Red Poll, tuvieron una tasa de gestación mayor ($P < .01$) que vacas puras, Angus, Brahman, Charolais y

Hereford (apareadas con sementales de la misma raza que las vacas cruzadas). La diferencia fue 24 unidades porcentuales (81 vs 57%). La tasa promedio de gestación para las vacas puras fue relativamente baja, debido principalmente a la fertilidad tan baja que tuvieron las vacas Brahman (28%).

La superioridad de las vacas cruzadas sobre las vacas puras también ha sido demostrada en cruza recíprocas y sistemas de cruzamiento rotacional de dos razas. Crockett et al. (1978b) publicaron que la tasa de gestación de vacas Angus-Brahman, Angus-Hereford y Brahman-Hereford en cruzamiento rotacional, fue mayor que la de vacas Brahman (85.7, 89.9 y 83.8% vs 72%); además, indicaron que el porcentaje de heterosis estimado para cada una de estas cruza fue 6.9 ($P < .05$), 2.5 y 5.5 ($P < .01$), respectivamente. Peacock y Koger (1979) observaron que la ventaja ($P < .01$) en la tasa de gestación para las vacas cruzadas sobre las vacas puras (Angus, Brahman y Charolais), fue 9, 2.5 y 8.5 puntos porcentuales para las cruza recíprocas Angus-Brahman, Angus-Charolais y Brahman-Charolais, respectivamente. Los valores correspondientes de heterosis fueron 10.8, 3 y 10.5%. Por su parte, Olson et al. (1994) informaron que la heterocigosis para vacas Angus-Brahman y Brahman-Charolais aumentó ($P < .01$) la tasa de gestación, mientras que el efecto de la heterocigosis en vacas Angus-Charolais sobre la tasa de gestación fue pequeño ($P < .10$). La heterosis estimada fue .076, .080 y .052, respectivamente. En los tres estudios, las cruza con Brahman tuvieron un porcentaje de heterosis mayor que las cruza *Bos taurus*.

Sobrevivencia prenatal

La sobrevivencia prenatal se puede definir como la proporción de becerros nacidos del número de vacas gestantes. La muerte de los becerros durante la gestación, al parto o durante las primeras 24 horas posparto es uno de los factores que influyen de manera importante en la pérdida de los mismos. En un estudio realizado por Koger et al. (1967) se determinó que de las muertes que ocurrieron del nacimiento al destete, el 50.8% de las mismas se presentaron dentro de las primeras 24 horas después del nacimiento. La sobrevivencia de los becerros al parto o durante las primeras 24 horas posparto se considerará como prenatal en esta revisión.

Los estudios sobre esta característica han incluido vacas *Bos taurus* cruzadas y *Bos taurus* x *Bos indicus* en comparación con vacas puras *Bos taurus* y *Bos indicus*.

Bailey et al. (1988) comunicaron que la sobrevivencia promedio prenatal para vacas Brahman x Hereford y Brahman x Angus fue mayor ($P < .01$) que para vacas Hereford (91 vs 74%).

Laster y Gregory (1973) informaron que la mortalidad al nacimiento o dentro de las primeras 24 horas después de este para vacas puras, Hereford y Angus, fue 3.8% mayor ($P < .01$) que la mortalidad promedio prenatal para vacas cruzadas Hereford x Angus y Angus x Hereford.

Por el contrario, Turner et al. (1968) y Gonzalez-Padilla (1969) no observaron diferencias entre vacas puras y cruzadas en la sobrevivencia prenatal. Ambos estudios consistieron en un dialelo con Brahman, Hereford y Angus. El trabajo de Turner et al. (1968) incluyó también Brangus.

Estos resultados son confirmados por Cundiff et al. (1974), quienes al comparar vacas puras, Hereford, Angus y Shorthorn, con vacas producto de cruza recíprocas entre estas razas, no observaron diferencias en la sobrevivencia prenatal (99.2 y 99%, respectivamente).

Tasa de parto

La tasa de parto se define como la proporción de hembras paridas del número total de hembras que estuvieron en empadre.

Existen informes de que vacas Brahman x *Bos taurus* han mostrado niveles positivos de heterosis materna para la tasa de parto. Las estimaciones han variado desde 8.7% para Angus-Brahman (Peacock y Koger, 1980) hasta 20.5% para Hereford-Brahman (Williams et al., 1991).

Peacock y Koger (1980) observaron que la tasa de parto de vacas de cruza recíprocas Angus-Brahman y Brahman-Charolais fue mayor ($P < .01$) que la de vacas Angus, Charolais (7/8 ó más) y Brahman (92 y 90% vs 82, 77 y 84%, respectivamente). Las estimaciones de heterosis materna para esta característica fueron 8.7 ($P < .01$), 9.2 ($P < .01$) y 2.2% para Angus-Brahman, Brahman-Charolais y Angus-Charolais, respectivamente.

Por su parte, Turner et al. (1968), en un dialelo con Angus, Brahman, Brangus y Hereford, observaron que la tasa de parto de las vacas cruzadas fue 9.6% mayor ($P < .01$) que la de las vacas puras. Las vacas Angus x Brahman y Hereford x Brahman superaron en 11.8 y 18.5 puntos porcentuales a las Brahman, respectivamente. Además, estos autores informaron que las estimaciones de heterosis obtenidas fueron 11.6 ($P < .05$), 12.1

($P < .05$), 18.8 ($P < .01$), 3.7, 4.3 y 5.5% para Brangus-Brahman, Angus-Brahman, Hereford-Brahman, Angus-Brangus, Angus-Hereford y Brangus-Hereford, respectivamente.

Williams et al. (1990) indicaron que la tasa promedio de parto de vacas producidas en cruzamiento rotacional de dos razas, fue mayor ($P < .01$) que la tasa promedio de vacas puras, Angus, Hereford, Charolais y Brahman (83.3 vs 73.1%). El rango de diferencia de Brahman con respecto a las razas puras fue de 14.1 a 16.2 puntos porcentuales, y con respecto a las cruza de 19.2 a 25 puntos porcentuales. La superioridad de las vacas cruzadas se debió a una heterosis materna ($P < .05$) relativamente alta de Angus-Brahman, Brahman-Charolais y Brahman-Hereford (12.9, 12.5 y 20.5%, respectivamente); aún cuando el efecto genético aditivo directo de Brahman (-9.5, $P < .05$) sobre la tasa de parto fue negativo (Williams et al., 1991).

Las estimaciones de heterosis materna obtenidas en estos tres últimos estudios para las cruza que no incluyeron Brahman, no fueron significativamente diferentes de cero.

DeRouen y Franke (1989) observaron también esta ventaja en vaquillas, mencionando que la tasa promedio de parto de vaquillas puras, Charolais (C), Hereford (H), Brahman (B) y Angus (A), fue 15 puntos porcentuales menor ($P < .05$) que la de vaquillas cruzadas producidas en cruzamientos rotacionales de dos (A-B, C-B, H-B), tres (A-C-B, A-H-B, C-H-B) y cuatro razas (A-B-C-H).

Sobrevivencia posnatal

La sobrevivencia posnatal se define como la proporción de becerros destetados del número de becerros nacidos. Esta es una característica que afecta la eficiencia reproductiva y está determinada por factores genéticos y ambientales.

Wiltbank et al. (1967) comunicaron que la sobrevivencia posnatal de becerros F₁ (cruzas recíprocas entre Angus, Hereford y Shorthorn) fue 3% superior ($P < .01$) que la de becerros puros de las razas mencionadas. Esto indica que la sobrevivencia posnatal de los becerros fue sobre todo una función de su composición racial, y no de la composición racial de su madre, por lo que la sobrevivencia posnatal de los becerros F₁ estuvo determinada principalmente por efectos heteróticos individuales.

En contraste, Peacock et al. (1977) publicaron que la sobrevivencia promedio posnatal de becerros puros, Angus, Brahman y Charolais, y cruza F₁ entre estas razas fue similar (94.3 y 94.2%, respectivamente).

Por otro lado, cuando se utilizan vacas cruzadas para la producción de becerros para engorda, también se obtienen ventajas en la sobrevivencia posnatal de los becerros debido a efectos heteróticos maternos.

Crockett et al. (1978b) informaron que la sobrevivencia promedio posnatal (93.1%) para vacas Angus-Brahman, Brahman-Hereford y Angus-Hereford en cruzamiento rotacional, fue superior que la sobrevivencia promedio (90.4%) para vacas Angus, Brahman y Hereford, con valores de heterosis materna correspondientes de 7.0 ($P < .05$), 1.5 y 0.4%, y una heterosis materna promedio para todas las cruza de 3% ($P < .05$).

Williams et al. (1990) indicaron que la sobrevivencia promedio posnatal para vacas en un sistema rotacional de dos razas (92.6%) fue superior ($P < .05$) que la sobrevivencia

promedio posnatal para vacas puras (89.6%), Angus, Brahman, Hereford y Charolais. Las vacas Brahman tuvieron un porcentaje de sobrevivencia posnatal (84.3%) menor ($P < .05$) que el que tuvieron las vacas de los demás grupos genéticos puros. Otras publicaciones coinciden en que la sobrevivencia posnatal para vacas Brahman ha sido baja (Cundiff, 1970; Reynolds, 1980).

Estos resultados son diferentes a los presentados por Cundiff et al. (1974), quienes no observaron efectos heteróticos maternos para la sobrevivencia promedio posnatal en vacas producidas por cruzamientos recíprocos entre Angus, Hereford y Shorthorn.

Tasa de destete

La tasa de destete es una medida del desempeño reproductivo neto del hato, y en la mayoría de las situaciones es la característica más importante que influye en la economía de la producción de carne. Esta se expresa como la proporción de vacas que destetaron una cría en relación con el número de hembras que estuvieron en empadre, y está en función de la tasa de gestación, muerte embrionaria y muerte posnatal.

Se ha demostrado que vacas *Bos taurus* cruzadas destetan más becerros por vaca en empadre que vacas *Bos taurus* puras. Cundiff et al. (1974) informaron que la tasa promedio de destete de vacas Hereford, Shorthorn y Angus fue inferior ($P < .01$) que la de vacas cruzadas, producidas por cruzamientos recíprocos entre las razas mencionadas (81.6 vs 75.2%). Los autores indicaron que esta diferencia se debió a que las vacas cruzadas tuvieron una tasa de gestación al primer servicio mayor (6.6 unidades porcentuales; $P < .01$) que las vacas puras.

La superioridad de las vacas cruzadas la confirmaron Gregory et al. (1978a) en un diálo con Hereford, Angus, Suizo Pardo y Red Poll. Ellos indicaron que la heterosis media para la tasa de destete fue 3.8% ($P < .01$).

También se han observado diferencias en esta característica entre vacas cruzadas *Bos taurus* x *Bos indicus* y vacas puras *Bos taurus* y *Bos indicus*.

Gonzalez-Padilla (1969) observó que cruza recíprocas entre Angus, Brahman y Hereford tuvieron 10.6 puntos porcentuales más en la tasa promedio de destete que vacas puras de las razas mencionadas. Las cruza recíprocas Angus-Brahman y Hereford-Brahman superaron en 27 y 22 puntos porcentuales a Brahman en la tasa de destete, respectivamente.

Boston et al. (1976) comunicaron que la tasa promedio de destete de vacas Brahman, Hereford, Charolais y Angus fue 22 puntos porcentuales menor ($P < .01$) que la tasa promedio de vacas cruzadas. Las vacas cruzadas fueron retrocruza Angus, Charolais y Hereford por Brahman, y cruza de tres razas producidas a partir de las razas mencionadas. Las vacas Brahman destacaron por su tasa de destete relativamente baja (28%), y fueron superadas en 45, 47 y 36 puntos porcentuales por las retrocruza con Angus, Hereford y Charolais, respectivamente.

Franke (1979) observó que la tasa promedio de destete de vacas Angus-Brahman, Charolais-Brahman y Hereford-Brahman, producidas en cruzamiento rotacional, fue mayor ($P < .01$) que la tasa promedio de vacas Hereford, Brahman, Charolais y Angus (61.5 vs 55.6%).

Crockett et al. (1978b) observaron que la tasa promedio de destete (80.3%) de vacas Angus-Brahman, Angus-Hereford y Hereford-Brahman en cruzamiento rotacional,

fue 5.9 puntos porcentuales mayor ($P < .01$) que la tasa promedio (74.4%) de vacas Angus, Brahman y Hereford. Las cruzas Angus-Hereford, Angus-Brahman y Hereford-Brahman alcanzaron 19.5, 17.6 y 14.3 puntos porcentuales más que Brahman, que tuvo una tasa de destete de 63.2%. La heterosis materna para Angus-Brahman, Brahman-Hereford y Angus-Hereford fue 13.6 ($P < .01$), 7.6 ($P < .05$) y 3.4%, respectivamente; la heterosis promedio para todas las cruzas fue 7.9% ($P < .01$).

Peacock y Koger (1980) informaron que la tasa promedio de destete de vacas F_1 (cruzas recíprocas), Angus-Brahman, Charolais-Brahman y Angus-Charolais, fue mayor ($P < .01$) que la tasa promedio de vacas Angus, Brahman y Charolais (82 vs 75%). La heterosis materna promedio fue 9.3%, en la que participaron únicamente de manera significativa la heterosis manifestada por Angus-Brahman (12.2%) y Charolais-Brahman (6.9%).

Williams et al. (1990) publicaron que la tasa promedio de destete (77.1%) de vacas Angus-Brahman, Charolais-Brahman y Hereford-Brahman en cruzamiento rotacional, fue 11.6 puntos porcentuales mayor que la tasa promedio (65.5%) de vacas Angus, Brahman, Charolais y Hereford. En este estudio, las vacas Brahman tuvieron también una tasa de destete relativamente baja (52.4%). Las cruzas tuvieron 23.8, 21.4 y 29 puntos porcentuales más que Brahman, respectivamente. Utilizando la misma información, Williams et al. (1991) observaron que el efecto genético directo de Brahman sobre la tasa de destete fue negativo (-11.8%, $P < .01$), y que los efectos de heterosis materna para Angus-Brahman, Brahman-Charolais, Brahman-Hereford y Charolais-Hereford fueron relativamente altos (16.5, $P < .05$; 18, $P < .01$; 27.8, $P < .01$ y 19.8%, $P < .05$, respectivamente).

En Venezuela, Verde et al. (1990) evaluaron la tasa de destete de vacas F₁ hijas de madres Cebú y padres Gelbvieh, Chianina, Simmental y Angus, para compararla con la de vacas Cebú, y encontraron que las vacas F₁ tuvieron en promedio 15 puntos porcentuales más que las vacas Cebú.

Intervalo inicio de empadre-parto

El intervalo inicio de empadre-parto depende del tiempo que tarda la hembra en concebir y de la duración de la gestación. Las vacas que paren tarde durante una temporada de partos limitada, frecuentemente no ciclan antes del final de la época de empadre siguiente. Además, sus becerros tienen menos tiempo para crecer en el periodo predestete, y consecuentemente pesan menos al destete. Por el contrario, las vacas que conciben a principios de la época de empadre tienden a hacerlo en los años siguientes (Burriss y Priode, 1958; Lesmeister et al., 1973). Así, el intervalo inicio de empadre-parto podría influir en la reproducción.

En cruzas *Bos taurus* y *Bos taurus* x *Bos indicus* en relación a *Bos taurus* y *Bos indicus*, se han observado diferencias en el tiempo que tarda la hembra en concebir y en la duración de la gestación, evaluando estas características en forma combinada (fecha al parto, edad al destete) o de manera independiente.

Dearborn et al. (1987), en un dialelo con Suizo Pardo, Angus, Red Poll y Hereford, estimaron una heterosis materna de -2 días ($P < .05$) en la fecha al parto.

Franke (1979) encontró que cruzas recíprocas entre Angus, Brahman, Hereford y Charolais parieron 6.5 días antes ($P < .01$) que vacas puras de las razas mencionadas.

Utilizando las mismas razas en un sistema rotacional, Williams et al. (1991) encontraron niveles significativos de heterosis materna para la fecha al parto, e informaron que los únicos efectos heteróticos diferentes de cero ($P < .01$) fueron aquellos que incluyeron Brahman: Angus-Brahman (-10.3 días), Brahman-Charolais (-8.2 días) y Brahman-Hereford (-13 días).

Peacock et al. (1981), al aparear sementales Angus, Brahman y Charolais con vacas de su misma raza y cruzas recíprocas entre las razas mencionadas, estimaron una heterosis materna de 7.1 ($P < .05$), 9.7 ($P < .01$) y 2.9 días para la edad al destete en vacas Angus-Charolais, Brahman-Charolais y Angus-Brahman, respectivamente.

Por el contrario, Boston et al. (1976) no observaron diferencias en la fecha al parto entre vacas puras, Angus, Brahman, Charolais y Hereford, retrocruzas con Angus, Charolais y Hereford y cruzas de tres razas, aunque las vacas cruzadas mostraron tendencia a parir antes (5 días) que las vacas puras. Cundiff et al. (1974) tampoco encontraron diferencias en la fecha promedio al parto (77.6 días) al comparar vacas Shorthorn, Angus y Hereford con vacas producidas por cruzamientos recíprocos de las razas mencionadas (76 días).

Peso al destete

El peso al destete de los becerros es un buen indicador de la eficiencia de la vaca (Dinkel y Brown, 1978). Las vacas que producen becerros más pesados al destete son más valiosas para el productor de becerros que aquellas que producen becerros con menor peso.

El productor de becerros necesita un sistema que produzca la mayor cantidad de kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre.

Se ha demostrado que el peso al destete se puede aumentar a través de los efectos de heterosis, los que pueden obtenerse explotando vacas y becerros cruzados (heterosis materna e individual).

Koger et al. (1975) estimaron una heterosis del 32% para el peso al destete en vacas Shorthorn-Brahman, y del 25% en vacas 3/4 Brahman-1/4 Shorthorn, 3/4 Shorthorn-1/4 Brahman.

Crockett et al. (1978a) informaron que vacas cruzadas Angus-Hereford, Angus-Brahman y Hereford-Brahman tuvieron becerros más pesados al destete que vacas puras de las razas paternas correspondientes. La diferencia promedio ($P < .05$) en tres generaciones de cruzamiento rotacional fue 5, 17 y 18%, respectivamente. Particularmente, la diferencia en el peso al destete a favor de las vacas cruzadas con respecto a Brahman fue 8.2, 28.3 y 32 kg, respectivamente.

Gaines et al. (1978) observaron que vacas F_1 (cruzas recíprocas entre Angus, Hereford y Shorthorn) produjeron becerros (retrocruzas y cruzas de tres razas) más pesados al destete (7.2%) que vacas que produjeron becerros puros de las razas mencionadas ($P < .01$).

Peacock et al. (1981), en cruzas Angus-Brahman, Angus-Charolais y Brahman-Charolais, estimaron una heterosis materna ($P < .01$) de 28.9, 16.5 y 18.7 kg en el peso al destete, respectivamente. Además, obtuvieron una heterosis individual ($P < .01$) para el mismo carácter de 21.2 y 16.5 kg para Angus-Brahman y Brahman-Charolais, respectivamente. La heterosis individual estimada para Angus-Charolais (1.4 kg) no fue

significativamente diferente de cero. También, cabe destacar que en este estudio, las vacas Angus-Brahman y Charolais-Brahman destetaron 40.6 y 31.3 kg más que vacas Brahman, respectivamente.

En Canada, Peters y Slen (1967) encontraron que vacas F_1 , Brahman x Hereford, Brahman x Angus y Brahman x Shorthorn, produjeron becerros que pesaron 34, 41 y 45 kg más al destete ($P < .01$) que los producidos por vacas Hereford.

En cruza dialélicas, también se ha demostrado la superioridad de vacas cruzadas para destetar becerros más pesados en relación a vacas puras. McElhenney et al. (1985), en un dialelo con Angus, Brahman, Hereford, Holstein y Jersey, estimaron una heterosis de 15.2 kg (8.4%) para el peso al destete ($P < .01$). Por su parte, Gregory et al. (1978a), en un dialelo con Angus, Suizo Pardo, Red Poll y Hereford, obtuvieron una heterosis individual promedio (el promedio de las cruza menos el promedio de los puros) de 7.3 kg ($P < .01$) para el peso ajustado a 200 días.

Por el contrario, Boston et al. (1976) no encontraron diferencias en el peso promedio al destete para vacas Angus, Brahman, Charolais y Hereford, y el peso promedio para vacas cruzadas (retrocruza y cruza de tres razas) de las razas mencionadas.

Resumen

La gran mayoría de las publicaciones revisadas coinciden en que las vacas cruzadas presentan una mayor aptitud reproductiva y producen becerros más pesados al destete que las vacas puras. También, en un gran número de ellas se demuestra la importancia del papel que desempeña la heterosis materna en tales características, la cual ha sido hasta del 27.8%

para la tasa de destete (Hereford-Brahman). Asimismo, se observa que la magnitud que esta presenta es mayor para *Bos taurus* en cruzamiento con *Bos indicus* que en cruza *Bos taurus*. En algunos estudios las estimaciones de heterosis materna para cruza *Bos taurus* no fueron diferentes de cero. La diferencia en la tasa de destete de vacas *Bos taurus* x Brahman en relación a Brahman fue hasta 29 puntos porcentuales para Hereford-Brahman, y en el peso al destete 40.6 kg para vacas Angus-Brahman. Los estudios disponibles en la literatura incluyen únicamente Brahman en las evaluaciones; en México, la evaluación reproductiva de vacas *Bos indicus* y *Bos taurus* x *Bos indicus* es prácticamente inexistente.

Material y Métodos

Se utilizaron los registros de 178 vaquillas nacidas de 1984 a 1988, y 636 apareamientos realizados de 1986 a 1989 con hembras que nacieron de 1975 a 1988 en el Campo Experimental "Las Margaritas" (INIFAP-SARH), Hueytamalco, Puebla. El número de vaquillas producidas por grupo genético y año de nacimiento y el número de hembras apareadas por grupo genético y año de apareamiento se muestran en los Cuadros 1 y 2, respectivamente. De los apareamientos resultaron 476 gestaciones, 438 partos y 391 crías destetadas.

Se aparearon un total de 73 hembras Indobrasil, 77 Brahman y 183 F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus* (41 Angus x Cebú, 65 Hereford x Cebú, 38 Charolais x Cebú y 39 Suizo Pardo x Cebú). Las vacas F₁ fueron hijas de 8 sementales Angus, 10 Hereford, 12 Charolais y 14 Suizo Pardo, y vacas Cebú comercial. Las hembras se aparearon con sementales *Bos indicus*. Se utilizaron seis sementales Indobrasil y siete Brahman para producir las crías puras (*Bos indicus*) y nueve sementales Indobrasil para producir las crías cruzadas (3/4 *Bos indicus* x 1/4 *Bos taurus*). Cinco sementales Indobrasil del total de sementales que se utilizaron para producir las crías puras, también se utilizaron para producir las crías cruzadas.

Las vaquillas se empadraron por primera vez a los 300 kg de peso. Los apareamientos se realizaron con vacas "sin cría al pie" y vaquillas, en dos épocas de empadre al año, las que iniciaban alrededor del 21 de marzo (**primavera**) y 21 de septiembre (**otoño**), y duraban 63 días cada una (42 días de inseminación artificial y 21 de monta natural). El diagnóstico de gestación se hizo por palpación rectal, 45 días después de

**CUADRO 1. NUMERO DE VAQUILLAS PRODUCIDAS POR
GRUPO GENETICO Y AÑO DE NACIMIENTO**

Grupo genético	Año de nacimiento					Total
	84	85	86	87	88	
Indobrasil	3	1	5	7	-	16
Brahman	7	3	10	5	4	29
Angus x Cebú	6	5	6	4	5	26
Hereford x Cebú	16	11	10	5	7	49
Charolais x Cebú	9	3	9	8	7	36
Suizo Pardo x Cebú	9	2	5	3	3	22
Total	50	25	45	32	26	178

**CUADRO 2. NUMERO DE HEMBRAS APAREADAS POR
GRUPO GENETICO Y AÑO DE APAREAMIENTO**

Grupo genético	Año de apareamiento				Total
	86	87	88	89	
Indobrasil	29	43	20	31	123
Brahman	30	49	37	29	145
Angus x Cebú	12	21	24	24	81
Hereford x Cebú	15	25	43	49	132
Charolais x Cebú	11	11	21	34	77
Suizo Pardo x Cebú	13	17	30	18	78
Total	110	166	175	185	636

finalizado el empadre. Las vacas que no concibieron en dos empadres consecutivos se eliminaron del hato. Las vaquillas recibieron tres oportunidades (empadres) antes de ser eliminadas.

Las vacas y sus crías se mantuvieron en pastoreo rotacional de gramas nativas (*Axonopus* spp. y *Paspalum* spp.). Se suplementaron con un alimento concentrado comercial (16% de proteína y 70% de TND) a razón de 2 kg por animal por día, durante los tres últimos meses de lactancia.

El destete se realizó en una misma fecha para todas las crías que nacieron en una misma época. La edad al destete promedio de las crías fue 220 días. Los machos no fueron castrados.

Las características que se estudiaron fueron la edad al primer parto, las tasas de gestación, sobrevivencia prenatal, parto, sobrevivencia posnatal y destete, el intervalo inicio de empadre-parto y el peso al destete de las crías. Las tasas de gestación, parto y destete se definieron como la proporción de hembras gestantes, vacas paridas y vacas que destetaron una cría, respectivamente, del número de hembras en el empadre; la de sobrevivencia prenatal como la proporción de becerros nacidos del número de hembras gestantes, y la de sobrevivencia posnatal como la proporción de becerros destetados del número de becerros nacidos.

La información para estimar las tasas se codificó como 0 en los casos en los que la hembra no concibió, la cría murió antes de nacer, la hembra no parió, la cría murió antes del destete, y la vaca no destetó; en caso contrario, se codificó como 1.

Los análisis se realizaron con el procedimiento modelos lineales generales (PROC GLM) del paquete SAS (1989). El modelo preliminar para analizar la edad al primer

parto incluyó los efectos fijos de grupo genético, año y época de nacimiento de la vaquilla. Para las tasas de gestación, sobrevivencia prenatal, parto y destete, el modelo preliminar incluyó los efectos fijos de grupo genético, año y época de empadre de la vaca, y un efecto combinado que reflejaba la edad de la hembra y su condición corporal al inicio del empadre (**edad-condición**). Este último efecto estuvo constituido por las siguientes subclases: 1) vaquillas de primer empadre, 2) vaquillas repetidoras, 3) vacas de primer parto y primer empadre, 4) vacas de primer parto de segundo empadre, 5) vacas de dos o más partos de primer empadre, y 6) vacas de dos o más partos de segundo empadre. El modelo preliminar para analizar el intervalo inicio de empadre-parto y la tasa de sobrevivencia posnatal incluyó también el sexo de la cría. Para peso al destete de la cría, el modelo preliminar incluyó el grupo genético, año y época de parto, edad-condición y el sexo de la cría, con el peso al nacimiento y la edad al destete de la cría como covariables en forma lineal y cuadrática. Todos los modelos preliminares incluyeron también las interacciones de dos factores que se derivaron de los efectos principales. Los modelos definitivos incluyeron todos los efectos principales y sólo aquellas interacciones que resultaron significativas ($P < .25$) en los análisis preliminares. En el análisis de peso al destete las vacas de dos o más partos de primer o segundo empadre se asignaron a un mismo grupo y se consideraron como una sola subclase. Las comparaciones múltiples entre medias se hicieron mediante la prueba "t".

Resultados y Discusión

Edad al primer parto

El grupo genético afectó ($P = .0001$) la edad al primer parto (Cuadro 3).

Las vaquillas *Bos indicus* parieron en promedio por primera vez a los 55.7 meses de edad (Cuadro 4), lo que sugiere que no tuvieron la aptitud para reproducirse a una edad relativamente joven. Este resultado es similar al encontrado por Amble et al. (1958), Johari y Talapatra (1957) y Luktuke y Subramanian (1961) quienes mencionaron que algunas poblaciones *Bos indicus* tuvieron su primer parto entre los 42 y 56 meses de edad.

Las vaquillas *Bos taurus* x *Bos indicus* tuvieron su primer parto a una edad menor ($P < .01$) que las *Bos indicus*, con una diferencia máxima de 625 días (Angus x Cebú vs Indobrasil) y una diferencia promedio de 516 días entre cruza e Indobrasil y Brahman (Cuadro 4). Sacco et al. (1987) encontraron que vaquillas Brahman-Hereford tuvieron su primer parto a una edad menor que vaquillas Brahman.

En explotaciones donde se establece una época de empadre limitada, la edad a la pubertad y la edad al primer parto están relacionadas positivamente. Las vaquillas que alcanzan la pubertad a una edad menor tienden a parir más jóvenes. Plasse et al. (1968) indicaron que vaquillas Brahman x Shorthorn fueron púberes 2.4 meses antes que vaquillas Brahman (17 vs 19.4 meses). Por su parte, Reynolds et al. (1963) observaron que vaquillas Angus-Brahman alcanzaron la pubertad 356 días antes que vaquillas Brahman. Aún cuando los resultados obtenidos por este último autor son similares a los observados en este estudio, en el sentido de que las vaquillas Angus-Brahman fueron más precoces que las Brahman, las diferencias obtenidas en este trabajo fueron mayores que las

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA EDAD AL PRIMER PARTO

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Grupo genético	5	1714298**
Año de nacimiento	4	105721
Epoca de nacimiento	1	1764
Error	167	50598

** P < .01.

**CUADRO 4. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR
PARA EDAD AL PRIMER PARTO POR GRUPO GENETICO**

Grupo genético	Edad al primer parto (días)
Indobrasil	1681 ± 58 ^d
Brahman	1661 ± 42 ^d
Angus x Cebú	1056 ± 44 ^a
Hereford x Cebú	1241 ± 33 ^c
Charolais x Cebú	1221 ± 38 ^{bc}
Suizo Pardo x Cebú	1103 ± 49 ^{ab}

^{a,b,c,d}Valores con distinta literal son diferentes (P < .05).

obtenidas por Reynolds et al. (1963). Además, las vaquillas Brahman del estudio de Plasse et al. (1968), parieron por primera vez a una edad menor que las vaquillas Indobrasil y Brahman, de este estudio. Por el contrario, McElhenney et al. (1985) y Sacco et al. (1987) no encontraron diferencias significativas en la edad al primer parto de vaquillas Brahman y vaquillas Angus-Brahman.

Las vaquillas Angus x Cebú y Suizo Pardo x Cebú fueron 185 y 138 días más jóvenes ($P < .01$) al primer parto que las Hereford x Cebú (Cuadro 4), respectivamente. Esta ventaja reproductiva puede explicarse por diferencias en el efecto aditivo individual para la edad a la pubertad. Gregory et al. (1978b) observaron que el efecto aditivo individual para la edad a la pubertad en vaquillas Suizo Pardo y Angus, fue 44 y 19 días menor que en vaquillas Hereford, respectivamente, mientras que la heterosis individual media para Angus, Suizo Pardo y Hereford fue similar. Landreneau et al. (1977) observaron una diferencia de 30.4 días en la edad a la pubertad a favor de vaquillas Brahman x Angus en relación a vaquillas Brahman x Hereford. Dow et al. (1982) indicaron que al inicio de la época de empadre, a los 19.5 meses de edad, únicamente el 48% de las vaquillas Brahman x Hereford fueron púberes contra un 74% de las vaquillas Brahman x Angus. Por el contrario, McElhenney et al. (1985) no encontraron diferencias en la edad al primer parto de cruza recíprocas Angus-Brahman y Hereford-Brahman. Por su parte, Gregory et al. (1979) no obtuvieron diferencias en la edad a la pubertad de vaquillas Brahman x Angus y Brahman x Hereford.

Las vaquillas Angus x Cebú fueron 165 días más jóvenes ($P < .01$) al primer parto que las Charolais x Cebú (Cuadro 4). Martin et al. (1992) encontraron que vaquillas hijas de toros con tamaño maduro grande (Charolais, Chianina) tendieron a ser más viejas y pesadas

a la pubertad que vaquillas hijas de toros con tamaño maduro más pequeño (Angus, Hereford); sin embargo, las vaquillas hijas de los toros Hereford y Charolais de este estudio, parieron por primera vez a una edad similar.

No se encontraron diferencias en la edad al primer parto de las vaquillas Suizo Pardo x Cebú y Charolais x Cebú (Cuadro 4). Otros autores han encontrado resultados diferentes a los obtenidos en este estudio. Martin et al. (1992) observaron que razas que han sido seleccionadas para producción de leche, alcanzaron la pubertad a una edad menor que razas de tamaño maduro similar que no han sido seleccionadas históricamente para producción de leche (Simmental, Holstein, Suizo Pardo y Gelbvieh vs Charolais y Chianina).

Tasa de gestación

La interacción grupo genético x época de empadre ($P = .068$) y el grupo genético ($P = .0007$) fueron significativos para la tasa de gestación (Cuadro 5).

La interacción grupo genético x época de empadre se debió principalmente a que las vacas Brahman tuvieron una tasa de gestación mayor cuando se aparearon en primavera que cuando se aparearon en otoño (76 vs 58%), provocando un cambio en el orden de los grupos genéticos de una época de empadre a otra (Cuadro 6). En los apareamientos de primavera, no se encontraron diferencias entre los grupos genéticos; posiblemente debido a la variabilidad relativamente grande que se presentó dentro de cada grupo. Por el contrario, cuando los apareamientos fueron en otoño, las vacas Angus x Cebú y Hereford x Cebú tuvieron una tasa de gestación mayor ($P < .05$) que las Brahman e Indobrasil.

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA TASA DE GESTACION,
LA SOBREVIVENCIA PRENATAL Y LA TASA DE PARTO

Fuente de variación	gl	Cuadrado medio		
		Tasa de gestación (TG)	Sobrevivencia prenatal (SN)	Tasa de parto (TP)
Grupo genético (GG)	5	.741**	.101	.839**
Año de empadre (A)	3	.465*	.043	.435
Epoca de empadre (E)	1	.000	.001	.157
Edad-condición (EC) ^a	5	1.197**	.012	.830**
GG * E	5	.353 ⁺	.184 ⁺	.386 ⁺
GG * A	15			.262
EC * E	5	.531**	.110	
Error	^b	.171	.072	.199

^aSe refiere a un efecto combinado que refleja a la edad de la vaca y su condición al inicio del empadre.

^bLos grados de libertad (gl) del error son 611, 451 y 601 para TG, SN y TP, respectivamente.

**P < .01.

*P < .05.

⁺P < .10.

CUADRO 6. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR PARA LA TASA DE GESTACION (%) POR GRUPO GENETICO Y EPOCA DE EMPADRE

Grupo genético	Epoca de empadre		
	Primavera	Otoño	Promedio
Indobrasil	70 ± 6 ^a	63 ± 6 ^c	66 ± 4 ^b
Brahman	76 ± 5 ^a	58 ± 6 ^c	67 ± 4 ^b
Angus x Cebú	79 ± 7 ^a	91 ± 7 ^a	85 ± 5 ^a
Hereford x Cebú	76 ± 6 ^a	89 ± 5 ^a	82 ± 4 ^a
Charolais x Cebú	65 ± 8 ^a	64 ± 7 ^{bc}	65 ± 5 ^b
Suízo Pardo x Cebú	78 ± 8 ^a	80 ± 6 ^{ab}	79 ± 5 ^a

^{a,b,c}Valores con distinta literal dentro de columna, son diferentes (P < .05).

En presencia de la interacción grupo genético x época de empadre el efecto de grupo genético es irrelevante, ya que el comportamiento de los grupos genéticos dependerá de la época de empadre; sin embargo, las medias correspondientes al efecto de grupo genético (promedio de las dos épocas de empadre) se presentan en los resultados, suponiendo que las vacas se aparearon durante todo el año (empadre continuo) y así poder dar recomendaciones a productores que aparean sus vacas de esta manera. En el promedio de ambos empadres, las vacas Suizo Pardo x Cebú, Angus x Cebú y Hereford x Cebú tuvieron una tasa de gestación mayor ($P < .05$) que las Brahman e Indobrasil (Cuadro 6). Reynolds et al. (1979) encontraron una tasa más baja al primer y segundo servicio en vacas Brahman, que en Angus x Brahman. Gonzalez-Padilla (1969) y Crockett et al. (1978b) obtuvieron un porcentaje de gestación mayor en vacas Angus-Brahman y Hereford-Brahman que en vacas Brahman. Por su parte, Boston et al. (1976) encontraron una diferencia mayor en la tasa de gestación de vacas $3/4$ Angus x $1/4$ Brahman y vacas Brahman, y en vacas $3/4$ Hereford x $1/4$ Brahman y vacas Brahman (66 y 62 unidades porcentuales, respectivamente) que la obtenida en este estudio.

Las vacas Suizo Pardo x Cebú, Angus x Cebú y Hereford x Cebú tuvieron una tasa de gestación similar (Cuadro 6). Nelson y Beavers (1982), utilizando también vacas F_1 hijas de toros Suizo Pardo y toros Angus, no obtuvieron diferencias en la tasa de gestación, aún cuando Hereford fue la raza materna en los dos tipos de vacas cruzadas. Por su parte, Gonzalez-Padilla (1969) y Crockett et al. (1978b) observaron que vacas Angus-Brahman y Hereford-Brahman tuvieron una tasa similar.

Las vacas Suizo Pardo x Cebú tuvieron un porcentaje de gestación mayor ($P < .05$) que las Charolais x Cebú, en el promedio de ambos empadres (Cuadro 6). Patterson et al.

(1974) informaron que vacas Suizo Pardo x Hereford tuvieron una tasa de gestación mayor ($P < .05$) que vacas Charolais x Hereford. Por el contrario, Nelson y Beavers (1982) mencionaron que la tasa de gestación de vaquillas o vacas cruzadas F_1 Suizo Pardo x Hereford y Charolais x Hereford, fue similar.

Al promediar los dos empadres, las vacas Angus x Cebú y Hereford x Cebú tuvieron una tasa de gestación mayor ($P < .05$) que las Charolais x Cebú (Cuadro 6). Estas diferencias pueden explicarse por diferencias en el efecto genético aditivo directo sobre la tasa de gestación. Olson et al. (1994) observaron que el efecto aditivo directo de vacas Brahman y Charolais en relación al de vacas Angus, disminuyó ($P < .01$) la tasa de gestación. Además, encontraron que los efectos de heterosis sobre la tasa de gestación de vacas Angus-Brahman y Charolais-Brahman fueron similares. Reynolds et al. (1986) mencionaron que vacas Angus y Hereford tuvieron una tasa de gestación mayor ($P < .05$) que vacas Charolais. La superioridad de las razas británicas fue de 8.4 unidades porcentuales. Boston et al. (1976) indicaron que el porcentaje de gestación de vacas $3/4$ Angus y $3/4$ Hereford por $1/4$ Brahman, fue mayor ($P < .01$) que el de vacas $3/4$ Charolais x $1/4$ Brahman.

No se observaron diferencias en la tasa de gestación de las vacas Charolais x Cebú, Brahman e Indobrasil (Cuadro 6). En el sureste de México, Madalena e Hinojosa (1979) no obtuvieron diferencias en la tasa de gestación de vacas Cebú comercial y vacas $1/2$, $3/4$ y $7/8$ Charolais x Cebú, al utilizar inseminación artificial.

Sobrevivencia prenatal

La interacción grupo genético x época de empadre tuvo un efecto significativo ($P = .027$) sobre la sobrevivencia prenatal (Cuadro 5). Las medias para la sobrevivencia prenatal por época de empadre (Cuadro 7) indican que la interacción grupo genético x época de empadre se debió a una variación en el orden de los grupos genéticos entre las dos épocas de empadre. Cuando los apareamientos se realizaron en otoño, no se presentaron diferencias en la sobrevivencia prenatal para las vacas de los grupos genéticos evaluados. Por el contrario, cuando los apareamientos fueron en primavera, las vacas Indobrasil tuvieron un porcentaje de sobrevivencia prenatal menor ($P < .01$) que las vacas Brahman, Hereford x Cebú y Suizo Pardo x Cebú, mientras que las vacas Angus x Cebú y Charolais x Cebú tuvieron un porcentaje intermedio.

Por otro lado, las medias para la sobrevivencia prenatal por grupo genético indican que la interacción grupo genético x época de empadre se debió principalmente a que las vacas Indobrasil tuvieron un porcentaje de sobrevivencia prenatal menor ($P < .05$) cuando se aparearon en primavera, que cuando se aparearon en otoño (la diferencia fue 15 puntos porcentuales), mientras que los otros grupos genéticos tuvieron porcentajes similares en ambas épocas de empadre.

Al promediar ambos empadres, no se encontraron diferencias en la sobrevivencia prenatal para las vacas de los grupos genéticos evaluados (Cuadro 7). Frahm y Marshall (1989) encontraron también un porcentaje de sobrevivencia prenatal similar en vacas F_1 hijas de toros Suizo Pardo y toros Hereford, cuando Angus fue la raza materna en este tipo de vacas. Por su parte, Gonzalez-Padilla (1969) no encontró diferencias en la sobrevivencia prenatal para vacas Brahman, Angus-Brahman y Hereford-Brahman. Bailey et al. (1988)

CUADRO 7. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR PARA LA SOBREVIVENCIA PRENATAL (%) EN VACAS *Bos indicus* Y F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus* POR GRUPO GENETICO Y EPOCA DE EMPADRE

Grupo genético	Epoca de empadre		Promedio
	Primavera	Otoño	
Indobrasil	79 ± 4 ^b	94 ± 5 ^a	86 ± 3 ^a
Brahman	97 ± 4 ^a	91 ± 5 ^a	94 ± 3 ^a
Angus x Cebú	91 ± 5 ^{ab}	94 ± 4 ^a	93 ± 3 ^a
Hereford x Cebú	97 ± 5 ^a	87 ± 4 ^a	92 ± 3 ^a
Charolais x Cebú	92 ± 7 ^{ab}	98 ± 5 ^a	95 ± 4 ^a
Suizo Pardo x Cebú	100 ± 6 ^a	94 ± 5 ^a	98 ± 4 ^a

^{a,b} Valores con distinta literal dentro de columna, son diferentes (P < .01).

informaron que la sobrevivencia prenatal para vacas Brahman x Hereford y Brahman x Angus fue 91% en ambos grupos genéticos.

Tasa de parto

La interacción grupo genético x época de empadre ($P = .087$) y el grupo genético ($P = .0009$) afectaron la tasa de parto (Cuadro 5).

Cuando los apareamientos fueron en primavera, las vacas Hereford x Cebú, Suizo Pardo x Cebú y Brahman tuvieron una tasa de parto mayor que las Indobrasil, mientras que las vacas Angus x Cebú y Charolais x Cebú tuvieron una tasa intermedia (Cuadro 8). Por el contrario, cuando los apareamientos fueron en otoño, las vacas Angus x Cebú y Hereford x Cebú tuvieron una tasa de parto mayor que las Indobrasil y Brahman; la diferencia entre Angus x Cebú y Brahman fue la más extrema (34 puntos porcentuales), y se debió a una diferencia similar (33 puntos porcentuales) en la tasa de gestación. Las vacas Suizo Pardo x Cebú y Charolais x Cebú tuvieron una tasa de parto intermedia.

En el promedio de ambos empadres, las vacas Angus x Cebú y Hereford x Cebú parieron más becerros por vaca en empadre ($P < .05$) que las vacas Brahman e Indobrasil (Cuadro 8). Cartwright (1973) informó que vacas Hereford x Brahman tuvieron una tasa de parto mayor que vacas Brahman. Peacock y Koger (1980) indicaron que vacas Angus-Brahman tuvieron también una tasa de parto mayor que vacas Brahman.

No se encontraron diferencias entre las vacas cruzadas para la tasa de parto (Cuadro 8). Otros autores tampoco han encontrado diferencias entre algunas de las cruzas estudiadas en este trabajo: Brahman-Hereford y Brahman-Angus (Peters y Slen, 1967),

CUADRO 8. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR PARA LA TASA DE PARTO (%) POR GRUPO GENETICO Y EPOCA DE EMPADRE

Grupo genético	Epoca de empadre		
	Primavera	Otoño	Promedio
Indobrasil	52 ± 6 ^b	60 ± 6 ^c	56 ± 5 ^c
Brahman	73 ± 5 ^a	56 ± 6 ^c	65 ± 4 ^{bc}
Angus x Cebú	70 ± 8 ^{ab}	90 ± 7 ^a	80 ± 5 ^a
Hereford x Cebú	79 ± 7 ^a	83 ± 6 ^{ab}	81 ± 5 ^a
Charolais x Cebú	64 ± 9 ^{ab}	70 ± 7 ^{bc}	67 ± 6 ^{abc}
Suizo Pardo x Cebú	77 ± 9 ^a	76 ± 7 ^{ab}	76 ± 6 ^{ab}

^{a,b,c} Valores con distinta literal dentro de columna, son diferentes (P < .05).

Angus-Brahman y Charolais-Brahman (Peacock y Koger, 1980) y Angus-Brahman y Hereford-Brahman (Crockett et al., 1973). Por el contrario, Williams et al. (1990) encontraron que vacas Hereford-Brahman tuvieron una tasa mayor ($P < .01$) que vacas Angus-Brahman y Charolais-Brahman.

Las vacas Charolais x Cebú tuvieron una tasa de parto similar a la de las vacas Indobrasil y Brahman (Cuadro 8). Por el contrario, Peacock y Koger (1980) observaron un porcentaje de parto mayor en vacas Charolais-Brahman que en vacas Brahman. Por su parte, las vacas Suizo Pardo x Cebú tuvieron una tasa de parto similar a la de Brahman, pero superior ($P < .01$) a la de Indobrasil (la diferencia fue 20 puntos porcentuales) en el promedio de ambos empadres.

Sobrevivencia posnatal

El grupo genético no fue una fuente de variación importante para la sobrevivencia posnatal (Cuadro 9). Las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para esta característica, por grupo genético, se presentan en el Cuadro 10. La media general para la sobrevivencia posnatal fue 91%. Otros autores tampoco observaron diferencias entre algunos de los grupos raciales evaluados en este estudio: cruza F_1 Brahman-Hereford y Brahman-Angus (Peters y Slen, 1967), Brahman, Angus-Brahman y Hereford-Brahman (Gonzalez-Padilla, 1969), Brahman, Angus-Brahman y Charolais-Brahman (Peacock y Koger, 1980) y Angus-Brahman, Charolais-Brahman y Hereford-Brahman (Williams et al., 1990). Por su parte, Boston et al. (1976) no obtuvieron diferencias en la mortalidad posnatal para vacas Brahman y retrocruzas Charolais, Hereford y Angus por Brahman.

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA SOBREVIVENCIA POSNATAL,
LA TASA DE DESTETE Y EL INTERVALO INICIO DE EMPADRE-PARTO

Fuente de variación	gl	Cuadrado medio		
		Sobrevivencia posnatal (SD)	Tasa de destete (TD)	Intervalo empadre-parto (FP)
Grupo genético (GG)	5	.160	1.082**	1327**
Año de empadre (A)	3	.123	.278	482
Epoca de empadre (E)	1	.015	.030	400
Edad-condición ^a	5	.151	.972**	286
Sexo de la cría (SX)	1	.021		1404*
GG * E	5		.625*	555
GG * A	15	.142 ⁺		
A * E	3	.151		1046*
SX * E	1	.280 ⁺		
Error	^b	.086	.221	317

^aSe refiere a un efecto combinado que refleja a la edad de la vaca y su condición al inicio del empadre.

^bLos grados de libertad (gl) del error son 401, 616 y 411 para SD, TD y FP, respectivamente.

**P < .01.

*P < .05.

⁺P < .10.

CUADRO 10. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR PARA LA SOBREVIVENCIA POSNATAL EN VACAS *Bos indicus* Y F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus* POR GRUPO GENETICO

Grupo genético	Sobrevivencia posnatal (%)
Indobrasil	82 ± 4 ^a
Brahman	88 ± 3 ^a
Angus x Cebú	88 ± 4 ^a
Hereford x Cebú	95 ± 4 ^a
Charolais x Cebú	99 ± 5 ^a
Suizo Pardo x Cebú	94 ± 4 ^a

^aValores con la misma literal no son diferentes estadísticamente.

Tasa de destete

La interacción grupo genético x época de empadre ($P = .0153$) y el grupo genético ($P = .0002$) afectaron la tasa de destete (Cuadro 9).

La interacción grupo genético x época de empadre se presentó básicamente por la diferencia que mostraron las vacas Brahman en la tasa de destete al aparearse en época distinta (Cuadro 11); estas destetaron 26 unidades porcentuales más ($P < .05$) por vaca en empadre cuando se aparearon en primavera que cuando lo hicieron en otoño. En contraste, los otros grupos genéticos tuvieron un mejor comportamiento reproductivo (aunque no significativo; $P > .10$) cuando se aparearon en otoño. Esto indica que la interacción grupo genético x época de empadre se debió a un cambio en el orden de los grupos genéticos y no a un cambio en la magnitud de las diferencias entre las dos épocas de empadre para cada uno de los grupos genéticos. Por esta razón, los efectos principales para la tasa de destete deben interpretarse cuidadosamente; es decir, las diferencias entre los grupos genéticos cuando los apareamientos fueron en primavera no predijeron con exactitud las diferencias cuando los apareamientos fueron en otoño (al menos para Brahman).

Cuando los apareamientos fueron en primavera, las vacas Brahman y F₁ Angus, Hereford y Suizo Pardo por Cebú tuvieron una tasa de destete mayor ($P < .05$) que las vacas Indobrasil. Las vacas Charolais x Cebú tuvieron una tasa similar a la de los otros grupos genéticos evaluados. Por el contrario, cuando los apareamientos fueron en otoño, las vacas Angus, Hereford y Suizo Pardo por Cebú tuvieron un porcentaje de destete mayor ($P < .05$) que las Brahman e Indobrasil. Las vacas Charolais x Cebú tuvieron también un porcentaje de destete mayor que las Brahman ($P < .05$), pero similar al de las vacas Indobrasil (Cuadro 11).

CUADRO 11. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR PARA LA TASA DE DESTETE (%) POR GRUPO GENETICO Y EPOCA DE EMPADRE

Grupo genético	Epoca de empadre		Promedio
	Primavera	otoño	
Indobrasil	43 ± 6 ^b	53 ± 6 ^{bc}	48 ± 5 ^b
Brahman	69 ± 5 ^a	43 ± 6 ^c	56 ± 4 ^b
Angus x Cebú	70 ± 8 ^a	78 ± 7 ^a	74 ± 5 ^a
Hereford x Cebú	71 ± 7 ^a	76 ± 6 ^a	73 ± 5 ^a
Charolais x Cebú	56 ± 9 ^{ab}	65 ± 7 ^{ab}	61 ± 6 ^{ab}
Suizo Pardo x Cebú	72 ± 9 ^a	73 ± 7 ^a	73 ± 6 ^a

^{a,b,c}Valores con distinta literal dentro de columna, son diferentes ($P < .05$).

Las diferencias entre los grupos genéticos en la tasa de destete, cuando los apareamientos fueron en primavera, pueden explicarse parcialmente por diferencias en la sobrevivencia prenatal, considerando que no hubo diferencias entre los grupos genéticos en la tasa de gestación en esta época. Por el contrario, las diferencias en la tasa de destete, cuando los apareamientos fueron en otoño, pueden explicarse en parte por diferencias en la tasa de gestación, pues no se encontraron diferencias en la sobrevivencia prenatal en esta época.

Las cruzas Angus, Hereford y Suizo Pardo por Cebú tuvieron una tasa de destete mayor ($P < .05$) que las vacas Brahman e Indobrasil (Cuadro 11). La diferencia más grande se presentó entre Angus x Cebú e Indobrasil, y fue 26 unidades porcentuales ($P < .01$). La superioridad de las vacas cruzadas se debió básicamente a una tasa de gestación mayor, pues no se obtuvieron diferencias en la sobrevivencia prenatal y posnatal al promediar ambos empadres. Cartwright (1973) indicó que vacas Hereford x Brahman, apareadas para producir retrocruzas Brahman, tuvieron una tasa de destete mayor que vacas Brahman, apareadas para producir becerros puros. Por su parte, Gonzalez-Padilla (1969) indicó que vacas Angus-Brahman y Hereford-Brahman tuvieron una tasa superior a la de Brahman. Boston et al. (1976), en retrocruzas Hereford, Charolais y Angus por Brahman, observaron una tasa mayor que en vacas Brahman. Por el contrario, Peacock y Koger (1980) obtuvieron una tasa de destete similar en vacas Brahman y Angus-Brahman.

Las vacas Charolais x Cebú, Brahman e Indobrasil tuvieron una tasa de destete similar (Cuadro 11). Peacock y Koger (1980) tampoco obtuvieron diferencias en el porcentaje de destete de vacas Brahman y Charolais-Brahman.

Al promediar ambos empadres, no se encontraron diferencias en la tasa de destete de las vacas Suizo Pardo, Charolais, Hereford y Angus por Cebú (Cuadro 11). Gonzalez-Padilla (1969) informó que vacas Angus-Brahman y Hereford-Brahman tuvieron una tasa de destete similar. Gaines et al. (1978) indicaron lo mismo para vacas Angus x Shorthorn y Hereford x Shorthorn. Peacock y Koger (1980) obtuvieron un porcentaje similar en vacas Angus-Brahman y Charolais-Brahman. Boston et al. (1976), en retrocruzas Hereford, Charolais y Angus por Brahman, no observaron diferencias en la tasa de destete. Crockett et al. (1973) no obtuvieron diferencias en vacas F₁ Angus x Brahman y Hereford x Brahman. Por el contrario, Williams et al. (1990) indicaron que vacas Hereford-Brahman tuvieron una tasa mayor ($P < .05$) que vacas Charolais-Brahman y Angus-Brahman.

Intervalo inicio de empadre-parto

El grupo genético fue una fuente de variación importante ($P = .001$) para el intervalo inicio de empadre-parto (Cuadro 9).

Las vacas Suizo Pardo x Cebú, Angus x Cebú y Hereford x Cebú tuvieron intervalos más cortos ($P < .05$) que las Brahman (Cuadro 12). Esta diferencia pudo deberse a una gestación más larga en las vacas Brahman. Reynolds et al. (1980) observaron que vacas Brahman tuvieron una gestación más prolongada y parieron más tarde que vacas Angus. Williams et al. (1990) observaron que vacas Angus-Brahman y Hereford-Brahman parieron antes que vacas Brahman.

El intervalo inicio de empadre-parto determina en gran medida la edad al destete de

CUADRO 12. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR PARA EL INTERVALO INICIO DE EMPADRE-PARTO (días) POR GRUPO GENETICO

Grupo genético	Intervalo empadre-parto
Indobrasil	313 ± 2 ^{bc}
Brahman	317 ± 2 ^c
Angus x Cebú	304 ± 2 ^a
Hereford x Cebú	307 ± 2 ^{ab}
Charolais x Cebú	310 ± 3 ^{abc}
Suizo Pardo x Cebú	309 ± 2 ^{ab}

^{a,b,c}Valores con distinta literal son diferentes (P < .05).

los becerros. Cuando se establece una época de empadre limitada, las vacas que paren a principios de la época de partos (o que tienen intervalos más cortos), destetan becerros con una edad mayor que las que lo hacen a finales de la misma, dado que el periodo entre el parto y el destete para vacas con un intervalo inicio de empadre-parto más corto es mayor. Gonzalez-Padilla (1969) y Crockett et al. (1973) indicaron que vacas Brahman produjeron becerros más jóvenes al destete que vacas Hereford-Brahman y Angus-Brahman. Por el contrario, Peacock et al. (1981) encontraron que vacas Brahman y Angus-Brahman destetaron becerros con edades similares.

Por su parte, las cruzas Charolais x Cebú tuvieron intervalos similares a los de las vacas Brahman e Indobrasil (Cuadro 12). Peacock et al. (1981) indicaron que vacas Brahman y Charolais-Brahman (apareadas para producir retrocruzas Brahman) produjeron becerros con edades similares al destete. Por el contrario, Williams et al. (1990) observaron que vacas Charolais-Brahman parieron antes que vacas Brahman.

Las vacas F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus* no presentaron diferencias en el intervalo inicio de empadre-parto (Cuadro 12). Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores. Williams et al. (1990) no obtuvieron diferencias en la fecha de parto de vacas Angus-Brahman, Charolais-Brahman y Hereford-Brahman. Por su parte, Boston et al. (1976) no las obtuvieron en la de retrocruzas Angus, Charolais y Hereford por Brahman. Crockett et al. (1973) informaron que vacas Hereford-Brahman y Angus-Brahman destetaron becerros con una edad similar. Peacock et al. (1981) no obtuvieron diferencias en la edad al destete en vacas Angus-Brahman y Charolais-Brahman. Por el contrario, Gonzalez-Padilla (1969) encontró que vacas Hereford-Brahman destetaron becerros más jóvenes ($P < .01$) que vacas Angus-Brahman.

Peso al destete

El grupo genético tuvo un efecto altamente significativo ($P = .0018$) sobre el peso al destete (Cuadro 13).

Las vacas Suizo Pardo x Cebú, Hereford x Cebú y Angus x Cebú produjeron becerros más pesados al destete ($P < .05$) que las Brahman (Cuadro 14). La habilidad de las vacas Angus x Cebú, Suizo Pardo x Cebú y Hereford x Cebú para destetar becerros más pesados que las vacas Brahman, es el reflejo de una producción láctea mayor de las vacas cruzadas, considerando que el peso al destete fue ajustado por la edad del becerro. En este mismo Campo Experimental, Quiroz (1994) observó que vacas Angus x Cebú y Suizo Pardo x Cebú produjeron más leche ($P < .01$) en 210 días de lactación, que vacas Brahman. Además, indicó que la correlación residual entre el peso al destete de los becerros ajustado a 210 días y el total de leche producida fue .45 ($P < .01$). Crockett et al. (1978a) informaron que vacas Hereford-Brahman y Angus-Brahman destetaron becerros con un peso mayor que vacas Brahman. McElhenney et al. (1986) informaron que vacas Hereford-Brahman destetaron becerros más pesados que vacas Brahman, con una diferencia de 18 kg. Por su parte, McDonald y Turner (1972) obtuvieron una diferencia de 28.9 y 21.2 kg en el peso al destete a favor de vacas Hereford x Brahman y Angus x Brahman, con respecto a vacas Brahman. Esta última diferencia es muy similar a la obtenida en este trabajo para el caso de Angus x Cebú vs Brahman. Peacock et al. (1981) observaron que vacas Angus-Brahman y Charolais-Brahman destetaron becerros con un peso mayor que vacas Brahman; sin embargo, las diferencias fueron mucho mayores que las obtenidas en este estudio; 40.6 y 31.3 kg, respectivamente. En Venezuela, Verde et al. (1990) encontraron que vacas F₁ Angus x Cebú produjeron becerros que pesaron 13.5 kg más al destete que los

CUADRO 13. ANALISIS DE COVARIANZA PARA PESO AL DESTETE

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Grupo genético (GG)	5	1467.0**
Año de parto (AP)	3	6197.0**
Epoca de parto (EP)	1	19154.0**
Edad-condición (EC) ^a	4	1364.3**
Sexo de la cría	1	8398.0**
Peso al nacimiento		
lineal	1	2708.3**
cuadrático	1	1805.0*
Edad al destete		
lineal	1	2560.0**
cuadrático	1	1672.5*
GG * EC	20	463.4
GG * AP	15	518.5
AP * EP	3	905.0
AP * EC	12	535.0
EP * EC	4	722.0
Error	318	373.0

^aSe refiere a un efecto combinado que refleja a la edad de la vaca y su condición al inicio del empadre.

**P < .01.

*P < .05.

CUADRO 14. MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS Y ERRORES ESTANDAR PARA PESO AL DESTETE EN VACAS *Bos indicus* Y F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus* POR GRUPO GENETICO

Grupo genético	Peso al destete (kg)
Indobrasil	175 ± 6 ^{bc}
Brahman	167 ± 3 ^c
Angus x Cebú	189 ± 4 ^a
Hereford x Cebú	181 ± 3 ^{ab}
Charolais x Cebú	175 ± 5 ^{bc}
Suizo Pardo x Cebú	182 ± 4 ^{ab}

^{a,b,c}Valores con distinta literal son diferentes (P < .05).

producidos por vacas Cebú.

Las vacas Angus x Cebú destetaron becerros más pesados ($P < .05$) que las Charolais x Cebú (Cuadro 14). Por el contrario, Peacock y Koger (1980) indicaron que vacas Angus-Brahman y Charolais-Brahman destetaron becerros con pesos similares.

No se obtuvieron diferencias en el peso al destete de las vacas Suizo Pardo x Cebú, Hereford x Cebú y Angus x Cebú (Cuadro 14). Crockett et al. (1978a) informaron que vacas Hereford-Brahman y Angus-Brahman produjeron becerros que tuvieron pesos al destete similares. Turner y McDonald (1969) no observaron diferencias en el peso al destete para vacas F_1 Angus x Brahman y Hereford x Brahman, cuando se aparearon con sementales Brangus.

Productividad total

La productividad total de la vaca debe considerar la tasa reproductiva de la vaca y la tasa de crecimiento del becerro. Los valores para los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre, se calcularon multiplicando el peso promedio al destete para cada grupo racial de la vaca, por la tasa de destete correspondiente. Los resultados para la productividad total de la vaca se muestran en el Cuadro 15. Las vacas Angus x Cebú tuvieron la productividad total mayor, seguidas por las Suizo Pardo x Cebú y Hereford x Cebú. Las vacas Charolais x Cebú tuvieron una productividad total intermedia, mientras que las vacas Brahman e Indobrasil tuvieron una productividad total considerablemente menor que las vacas cruzadas. En total, la superioridad a favor de las vacas cruzadas estuvo cerca del 31%. Esta superioridad estuvo determinada por una tasa de

SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 15. PRODUCTIVIDAD TOTAL AL DESTETE POR GRUPO GENETICO

<u>Grupo genético</u>	<u>Peso al destete por vaca empadrada (kg)</u>
Indobrasil	84.0
Brahman	93.5
Angus x Cebú	139.9
Hereford x Cebú	132.9
Charolais x Cebú	106.7
Suízo Pardo x Cebú	132.1

destete mayor, como también por una ventaja en el peso al destete.

Conclusiones

Las vacas F₁ *Bos taurus* x *Bos indicus*, con excepción de Charolais x Cebú, tuvieron un mejor comportamiento reproductivo que las vacas *Bos indicus*, el que se manifestó desde la gestación hasta el destete. La ventaja de las vacas cruzadas en la tasa de destete y en el peso al destete de sus crías sobre las vacas puras, fue 26 y 5.9%, respectivamente, lo que en términos de kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre resultó en una ventaja total cercana al 31%. Adicionalmente, las vaquillas cruzadas parieron por primera vez a una edad menor que las puras, con una ventaja promedio de 17 meses.

Las vaquillas Angus x Cebú parieron por primera vez a una edad menor que las Hereford, Suizo Pardo y Charolais por Cebú, sin embargo, no se presentaron diferencias entre las cruzas en el intervalo inicio de empadre-parto.

La tasa de gestación de las vacas Angus, Hereford y Suizo Pardo por Cebú fue similar, pero mayor que la de las Charolais x Cebú; sin embargo, después de la gestación no se obtuvieron diferencias entre las cruzas en la tasa reproductiva y, en general, tampoco se obtuvieron en el peso al destete de las crías, aunque las cruzas con Angus, Hereford y Suizo Pardo mostraron consistentemente una tendencia a ser más productivas que las cruzas con Charolais.

El productor que utiliza vacas Brahman, produciría más becerros al destete por vaca en empadre si aparea sus vacas en primavera que si las aparea en otoño. El aumento en la producción de becerros podría ser de alrededor de 26 unidades porcentuales.

Literatura citada

- Albaugh, R., and H. T. Strong. 1972. Breeding yearling beef heifers. California Agr. Exp. Sta. Circ. 433.
- Amble, V. N., K. S. Krishman, and P. N. Soni. 1958. Age at first calving and calving interval for some Indian herds of cattle. Indian J. Vet. Sci. 28:83.
- Bailey, C. M., D. R. Hanks, W. D. Foote, and Y. O. Koh. 1988. Maternal characteristics of young dams representing *Bos taurus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* breed types. J. Anim. Sci. 66:1144.
- Bolton, R. C., R. R. Frahm, J. W. Castree, and S. W. Coleman. 1987. Genotype x environment interactions involving proportion of Brahman breeding and season of birth. II. Postweaning growth, sexual development and reproductive performance of heifers. J. Anim. Sci. 65:48.
- Boston, A. C., M. Taylor, E. A. Icaza, and T. O. McRae. 1976. Productivity of straightbred, backcross and three-breed cross beef dams. Louisiana State University. Livestock Producers' Day Report. 16:73.
- Burris, M. J., and B. M. Priode. 1958. Effect of calving date on subsequent calving performance. J. Anim. Sci. 17:527.
- Cartwright, T. C. 1973. Comparison of F₁ cows with purebreds and other crosses. In: Koger, M., T. J. Cunha, and A. C. Warnick (Ed.). Crossbreeding beef cattle. Series 2. University of Florida Press, Gainesville.
- Crockett, J. R., R. W. Kidder, M. Koger, and D. W. Beardsley. 1973. Beef production in a crisscross breeding system involving the Angus, Brahman and Hereford. Florida Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 759.
- Crockett, J. R., M. Koger, and D. E. Franke. 1978a. Rotational crossbreeding of beef cattle: preweaning traits by generation. J. Anim. Sci. 46:1170.
- Crockett, J. R., M. Koger, and D. E. Franke. 1978b. Rotational crossbreeding of beef cattle: reproduction by generation. J. Anim. Sci. 46:1163.

- Cundiff, L. V. 1970. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. *J. Anim. Sci.* 30:694.
- Cundiff, L. V., K. E. Gregory, and R. M. Koch. 1974. Effects of heterosis on reproduction in Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *J. Anim. Sci.* 38:711.
- Dearborn, D. D., K. E. Gregory, L. V. Cundiff, and R. M. Koch. 1987. Maternal heterosis and grandmaternal effects in beef cattle: preweaning traits. *J. Anim. Sci.* 65:33.
- DeRouen, S. M., and D. E. Franke. 1989. Effects of sire breed, breed type and age and weight at breeding on calving rate and date in beef heifers first exposed at three ages. *J. Anim. Sci.* 67:1128.
- Dinkel, C. A., and M. A. Brown. 1978. An evaluation of the ratio calf weight to cow weight as an indicator of cow efficiency. *J. Anim. Sci.* 46:614.
- Donaldson, L. E. 1968. The pattern of pregnancies and lifetime productivity of cows in a Northern Queensland beef cattle herd. *Australian Vet. J.* 44:493.
- Dow, J. S. Jr., J. D. Moore, C. M. Bailey, and W. D. Foote. 1982. Onset of puberty in heifers of diverse beef breeds and crosses. *J. Anim. Sci.* 55:1041.
- Frahm, R. R., and D. M. Marshall. 1989. Comparisons among two-breed cross cow groups. I. Cow productivity and calf performance to weaning. *J. Anim. Sci.* 61:844.
- Franke, D. E. 1979. Brahman-British rotational crossbreeding: reproduction in the third generation. *J. Anim. Sci.* 49(Suppl. 1):157 (Abstr.).
- Franke, D. E. 1980. Breed and heterosis effects of American Zebu cattle. *J. Anim. Sci.* 50:1206.
- Franke, D. E., and N. C. England. 1965. Louisiana State University. Fifth Livestock Producer Day Report.
- Gaines, J. A., C. Hill, W. H. McClure, R. C. Carter, and W. T. Butts. 1978. Heterosis from crosses among British breeds of cattle: straightbred versus crossbred cows. I. *J. Anim. Sci.* 47:1246.

- Gonzalez-Padilla, E. 1969. Evaluation of crisscross breeding systems involving Angus, Hereford and Brahman for beef production in the everglades. Master thesis. University of Florida. Gainesville. Fla.
- Gregory, K. E., L. V. Cundiff, R. M. Koch, D. B. Laster, and G. M. Smith. 1978a. Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle. I. Preweaning traits. *J. Anim. Sci.* 47:1031.
- Gregory, K. E., D. B. Laster, L. V. Cundiff, G. M. Smith, and R. M. Koch. 1979. Characterization of biological types of cattle-cycle III: II. Growth rate and puberty in females. *J. Anim. Sci.* 49:461.
- Gregory, K. E., D. B. Laster, L. V. Cundiff, R. M. Koch, and G. M. Smith. 1978b. Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle. II. Growth rate and puberty in females. *J. Anim. Sci.* 47:1042.
- Johari, M. P., and S. K. Talapatra. 1957. Sex maturity in dairy cattle and probable causes of delayed puberty. *Indian J. Vet. Sci.* 27:85.
- Koger, M., T. J. Cunha, and A. C. Warnick (Ed.). 1973. Crossbreeding beef cattle, series II. University of Florida Press, Gainesville.
- Koger, M., J. S. Mitchell, R. W. Kidder, W. C. Burns, J. F. Hentges Jr., and A. C. Warnick. 1967. Factors influencing survival in beef calves. *J. Anim. Sci.* 26(Suppl. 1):205 (Abstr.).
- Koger, M., F. M. Peacock, W. G. Kirk, and J. R. Crockett. 1975. Heterosis effects on weaning performance of Brahman-Shorthorn calves. *J. Anim. Sci.* 40:826.
- Landreneau, M. K., P. E. Humes, and R. F. Bracy. 1977. Breed effects on puberty of exotic beef heifers. Louisiana State University. Livestock Producers' Day Report. 17:76.
- Laster, D. B., and K. E. Gregory. 1973. Factors influencing peri- and early postnatal calf mortality. *J. Anim. Sci.* 37:1092.
- Lesmeister, J. L., P. J. Burfening, and R. L. Blackwell. 1973. Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *J. Anim. Sci.* 36:1.

- Luktuke, S. N., and P. Subramanian. 1961. Studies on certain aspects of the oestrous phenomenon in Hariana cattle. *J. Reprod. and Fert.* 2:199.
- Madalena, F. E., and A. C. Hinojosa. 1976. Reproductive performance of Zebu compared with Charolais x Zebu females in a humid tropical environment. *Anim. Prod.* 23:55.
- Martin, L. C., J. S. Brinks, R. M. Bourdon, and L. V. Cundiff. 1992. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *J. Anim. Sci.* 70:4006.
- McDonald, R. P., and J. W. Turner. 1972. Estimation of maternal heterosis in preweaning traits of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 35:1146.
- McElhenney, W. H., C. R. Long, J. F. Baker, and T. C. Cartwright. 1985. Production characters of first-generation cows of a five-breed diallel: reproduction of young cows and preweaning performance of inter se calves. *J. Anim. Sci.* 61:55.
- McElhenney, W. H., C. R. Long, J. F. Baker, and T. C. Cartwright. 1986. Production characters of first-generation cows of a five-breed diallel: reproduction of mature cows and preweaning performance of calves by two third-breed sires. *J. Anim. Sci.* 63:59.
- Nelson, L. A., and G. D. Beavers. 1982. Beef x beef and dairy x beef females mated to Angus and Charolais sires. I. Pregnancy rate, dystocia and birth weight. *J. Anim. Sci.* 54:1138.
- Núñez-Dominguez, R., L. V. Cundiff, G. E. Dickerson, K. E. Gregory, and R. M. Koch. 1991. Lifetime production of beef heifers calving first at two vs three years age. *J. Anim. Sci.* 69:3467.
- Olson, T. A., F. M. Peacock, and M. Koger. 1994. Reproductive and maternal performance of rotational, three-breed, and inter se crossbred cows in Florida. *J. Anim. Sci.* 71:2322.
- Pahnish, O. F., J. S. Brinks, J. J. Urlick, B. W. Knapp, and T. M. Riley. 1969. Results from crossing beef x beef and beef x dairy breeds: calf performance to weaning. *J. Anim. Sci.* 28:291.
- Patterson, T. B., J. A. McGuire, and R. A. Moore. 1974. Effects of Brown Swiss, Charolais, Holstein and Hereford breeding on production in a grade beef herd. *Auburn Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.* 461.

- Peacock, F. M., W. G. Kirk, W. M. Hodges, W. L. Reynolds, and M. Koger. 1969. Genetic and environmental influences on weaning weight and slaughter grade of Brahman, Shorthorn, and Brahman x Shorthorn crossbred calves. Florida Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 624.
- Peacock, F. M., and M. Koger. 1979. Reproductive performance of Angus, Brahman, Charolais and F₁ dams. J. Anim. Sci. 49(Suppl. 1):168 (Abstr.).
- Peacock, F. M., and M. Koger. 1980. Reproductive performance of Angus, Brahman, Charolais and crossbred dams. J. Anim. Sci. 50:689.
- Peacock, F. M., M. Koger, J. R. Crockett, and A. C. Warnick. 1977. Reproductive performance and crossbreeding Angus, Brahman and Charolais cattle. J. Anim. Sci. 44:729.
- Peacock, F. M., M. Koger, W. G. Kirk, E. M. Hodges, and A. C. Warnick. 1971. Reproduction in Brahman, Shorthorn and crossbred cows on different pasture programs. J. Anim. Sci. 33:458.
- Peacock, F. M., M. Koger, T. A. Olson, and J. R. Crockett. 1981. Additive genetic and heterosis effects in crosses among cattle breeds of British, European and Zebu origin. J. Anim. Sci. 52:1007.
- Peters, H. F., and S. B. Slen. 1967. Brahman-British beef cattle crosses in Canada. I. Weaned calf production under range conditions. Can. J. Anim. Sci. 47:145.
- Plasse, D., A. C. Warnick, and M. Koger. 1968. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. I. Puberty and ovulation frequency in Brahman and Brahman x British heifers. J. Anim. Sci. 27:94.
- Quiroz, V. J. 1994. Producción y componentes de leche en vacas *Bos indicus* y *Bos taurus* x *Bos indicus*. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.
- Reynolds, W. L., R. A. Bellows, J. J. Urlick, and B. W. Knapp. 1986. Crossing beef x beef and beef x Brown Swiss: pregnancy rate, calf survival, weaning age and rate. J. Anim. Sci. 63:8.
- Reynolds, W. L., T. M. DeRouen, and J. W. High Jr. 1963. The age and weight at puberty of Angus, Brahman and Zebu cross heifers. J. Anim. Sci. 22(Suppl. 1):243 (Abstr.).

- Reynolds, W. L., T. M. DeRouen, S. Moin, and K. L. Koonce. 1979. Factors affecting pregnancy rate of Angus, Zebu and Zebu cross cattle. *J. Anim. Sci.* 48:1312.
- Reynolds, W. L., T. M. DeRouen, S. Moin, and K. L. Koonce. 1980. Factors influencing gestation length, birth weight and calf survival of Angus, Zebu and Zebu cross beef cattle. *J. Anim. Sci.* 51:860.
- Sacco, R. E., J. F. Baker, and T. C. Cartwright. 1987. Production characters of primiparous females of a five-breed diallel. *J. Anim. Sci.* 64:1612.
- SAS. 1989. *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Inst. Inc., Cary, North Carolina.
- Smith, G. M., H. A. Fitzhugh Jr., L. V. Cundiff, T. C. Cartwright, and K. E. Gregory. 1976. Heterosis for maturing patterns in Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *J. Anim. Sci.* 43:380.
- Stewart, T. S., C. R. Long, and T. C. Cartwright. 1980. Characterization of cattle of a five-breed diallel. III. Puberty in bulls and heifers. *J. Anim. Sci.* 50:808.
- Turner, J. W. (Bill), B. R. Farthing, and G. L. Robertson. 1968. Heterosis in reproductive performance of beef cows. *J. Anim. Sci.* 27:336.
- Turner, J. W., and R. P. McDonald. 1969. Mating-type comparisons among crossbred beef cattle for preweaning traits. *J. Anim. Sci.* 29:389.
- Verde, O., D. Plasse, H. Fossi, M. C. Rodríguez, y V. Silva. 1990. Producción de vacas F₁ Gelbvieh, Chianina, Simmental y Angus vs Cebú. I. Porcentaje de preñez y destete. A. L. P. A. 12^a Reunión. Campinas, S. P., Brasil. p. 223.
- Warnick, A. C., W. C. Burns, M. Koger, and M. W. Hazen. 1956. Puberty in English, Brahman and crossbred breeds of beef heifers. *Proc. Assn. Soc. Workers*, p. 95.
- Warwick, E. J. 1968. Crossbreeding and line crossing beef cattle experimental results. *Wld. Rew. Anim. Prod.* 4:37.
- Williams, A. R., D. E. Franke, and A. M. Saxton. 1991. Genetic effects for reproductive traits in beef cattle and predicted performance. *J. Anim. Sci.* 69:531.

- Williams, A. R., D. E. Franke, A. M. Saxton, and J. W. Turner. 1990. Two-, Three- and four-breed rotational crossbreeding of beef cattle: reproductive traits. *J. Anim. Sci.* 68:1536.
- Wiltbank, J. N., K. E. Gregory, J. A. Rothlisberger, J. E. Ingalls, and C. W. Kasson. 1967. Fertility in beef cows bred to produce straightbred and crossbred calves. *J. Anim. Sci.* 26:1005.
- Wiltbank, J. N., K. E. Gregory, L. A. Swiger, J. E. Ingalls, J. A. Rothlisberger, and R. M. Koch. 1966. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 25:744.
- Wiltbank, J. N., C. W. Kasson, and J. E. Ingalls. 1969. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. *J. Anim. Sci.* 29:602.