

11674
8

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL**

**EDAD A PRIMER PARTO E INTERVALO INICIO DE
EMPADRE-PARTO DE VACAS CRIOLLO, GUZERAT Y SUS
CRUZAS RECÍPROCAS, Y COMPORTAMIENTO
PREDESTETE DE SUS CRÍAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS
ÁREA : GENÉTICA**

P R E S E N T A :

UBALDO RIVERA ÁNGELES

A S E S O R :

DR. MOISÉS MONTAÑO BERMÚDEZ

AJUCHITLÁN, QRO.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2003.

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres José Rivera Rivera y Francisca Ángeles Martínez.

A mis abuelos Alberto Ángeles (*), Dionisia Martínez y María Rivera.

A mis hermanas y hermanos Alicia, Vicenta y su esposo José Luis, José Juan y su esposa Lucía, Ma. Guadalupe, Rubén y Maribel.

A mis sobrinos Nadia Ivette, Ismael y Frida.

A Efrain, Fernando, Mary Carmen y la pequeña Sarahi.

A mi pequeña hija Anahí.

Y a una mujer muy especial... mi esposa Sandra.

**TRABAJOS CON
FOLLA DE ORIGEN**

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que con su apoyo económico y moral hicieron posible realizar el presente escrito.

A la Universidad Autónoma de México.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Al CENIFyMA-INIFAP.

Al C. E. "El Verdineño".

A los profesores de la Maestría en Ciencias de la Producción y Salud Animal.

A mi asesor de tesis.

Al comité revisor de tesis.

A los Doctores Guillermo Martínez y Vicente Vega.

A mis compañeros de generación.

A mis amigos y amigas.

Y a todas las personas que de alguna manera contribuyeron en la realización del presente trabajo.

Gracias!!!!.

LISTA DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.	iv
ANEXOS.	v
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	3
EDAD AL PRIMER PARTO.	3
PESO AL NACIMIENTO.	5
PESO JUSTADO A LOS 205 DÍAS.	7
INTERVALO INICIO DE EMPADRE-PARTO.	9
MÉTODO DE ESTIMACIÓN	11
II. OBJETIVOS.	13
III. ARTÍCULO	14
RESÚMEN	14
ABSTRAC	15
INTRODUCCIÓN	16
MATERIAL Y MÉTODOS.	17
RESULTADOS.	21
DISCUSIÓN.	29
LITERATURA CITADA	35
V. CONCLUSIONES.	40
VI. REFERENCIAS.	41

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Medias de cuadrados mínimos para edad a primer parto (EPP) e intervalo inicio de empadre- parto (IIEP) de vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.....	22
2. Medias de cuadrados mínimos para peso al nacimiento (PN) y al destete ajustado a 205 días (PAJ205) de las crías de vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.....	23
3. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para edad a primer parto (EPP) en vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.....	24
4. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para intervalo inicio de empadre-parto (IIEP) en vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.....	25
5. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para pesos al nacimiento (PN) de las crías de vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.....	26
6. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para peso al destete ajustado a 205 días (PAJ205) en vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.....	27
7. Estimaciones de componentes de varianza, heredabilidad y repetibilidad para edad a primer parto (EPP) e intervalo inicio de empadre-parto (IIEP) de vacas provenientes de un dialelo Criollo - Guzerat, y para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 205 días (PAJ205) de sus crías.....	28

ANEXOS

1. Valores iniciales para el análisis de edad a primer parto (EPP), intervalo inicio de empadre-parto (IIEP), peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 205 días (PAJ205)..... 46

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

El ganado Criollo ha tenido un periodo de adaptación aproximado de 400 años en América. Es un animal rústico que se caracteriza por presentar una gran resistencia a condiciones ambientales adversas, parásitos internos y externos, temperatura y humedad extrema y baja calidad del forraje. Sin embargo, presenta un crecimiento lento, por lo que tiende a sacrificarse a edades tardías (^{1, 2, 3}).

En condiciones tropicales de México, se han realizado cruzamientos dialelos con Guzerat, observando un mejor comportamiento reproductivo desde la gestación hasta el destete y una mayor sobrevivencia posnatal en favor del Criollo (^{4, 5}). Además, en cruzamiento estático con tres razas, se han encontrado evidencias importantes de heterosis materna y efectos aditivos maternos en favor del Criollo para las tasas de gestación, parición y destete en relación con el Guzerat (⁶).

Por otra parte, en las explotaciones de ganado de carne existen características productivas y reproductivas de importancia económica, que se pueden mejorar a través del cruzamiento entre razas. La edad a primer parto y el intervalo inicio de empadre-parto son dos de las características reproductivas de importancia económica que se pueden mejorar al hacer uso de la heterosis individual. Así, al disminuir la edad a primer parto y al aumentar la fertilidad de la vaca se incrementa la producción de kilos de becerro destetado por vida productiva (^{7, 8, 9}). Además, las vacas que logren concebir a principios de la época de empadre podrán hacerlo en los años siguientes y sus becerros tendrán más tiempo para crecer en el periodo predestete, resultando en un mayor peso al destete (^{10, 11}).

De igual manera, el peso al nacimiento y el peso al destete son dos de las características productivas de importancia económica que se pueden incrementar al hacer uso de la heterosis materna. El peso al nacimiento se encuentra influenciado por la contribución genética de ambos progenitores (^{12, 13, 14, 15}). Además, el peso al

PAGINACIÓN DISCONTINUA

destete es un indicador de la capacidad genética para el crecimiento del becerro y de la habilidad materna, que es una de las características a seleccionar en los sistemas de producción de becerros para engorda ⁽¹³⁾.

Para el presente trabajo, se plantearon los siguientes objetivos: estimar parámetros genéticos, efectos de raza del padre y de la madre de las vacas y heterosis individual y materna para edad a primer parto e intervalo inicio de empadre-parto de vacas provenientes de un cruzamiento dialélico Criollo - Guzerat, y para peso al nacimiento y peso al destete ajustado a 205 días de sus crías, utilizando un modelo con efectos fijos y un modelo mixto.

REVISIÓN DE LITERATURA

Edad a primer parto.

La edad a primer parto es una característica de importancia económica, debido a que las vaquillas que paren por primera vez a una menor edad, producen más becerros durante su vida productiva. Así, Donaldson (⁷), Albaugh y Strong (⁸) y Núñez-Domínguez et al. (⁹) encontraron que las vaquillas que parieron por primera vez a los dos años de edad, produjeron más ($P<.05$) becerros durante su vida productiva que aquellas que parieron a los 3 años de edad. Por su parte, DeRuen y Franke (¹⁶) encontraron que las hijas de padre Angus y Charolais tuvieron una mayor tasa de parición ($P<.05$) cuando tuvieron su primer parto a los 24 meses de edad, mientras que la hijas de padre Brahman y Hereford presentaron una mayor tasa ($P<.05$) cuando parieron por primera vez a los 36 meses de edad.

Se ha publicado que esta característica esta en función de la edad a la pubertad, la cual, a su vez, depende del nivel nutricional, raza, tasa de crecimiento y heterosis (^{17, 18, 19}).

Reynolds et al. (¹⁸) publicaron que la raza fue un fuente de variación importante para la edad a la pubertad, mencionando que las vaquillas Brahman fueron púberes a una edad mayor ($P<.05$) que las vaquillas Angus (816 vs. 433). De igual manera, Chase et al. (²⁰) encontraron que las vaquillas Romosinuano alcanzaron la pubertad a una menor ($P<.01$) edad que las vaquillas Brahman ($14.6 \pm .81$ vs. $20.4 \pm .41$ meses).

Landreneau et al. (²¹) obtuvieron un efecto importante de la raza del padre para edad a la pubertad; observando que las vaquillas F₁ 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, al aparearse con vacas Angus y Hereford. Por el contrario, Gregory et al. (²²) publicaron que vaquillas F₁, hijas de

padre Brahman y Sahiwall, alcanzaron la pubertad 82.3 y 67.3 días más tarde ($P < .01$), respectivamente, en relación con vaquillas *B. taurus* cruzadas, hijas de padre Angus, Hereford, Pinzgauer y Tarentaise, y vacas Angus y Hereford. En cruzamientos entre razas *B. taurus*, Gregory et al. ⁽²³⁾ encontraron un efecto importante de la raza del padre para esta característica ($P < .01$); las hijas de sementales Red Poll y Suizo Pardo fueron púberes a una menor edad ($P < .05$) que las hijas de sementales Angus (345.1 y 339.6 vs. 354.6 días), y éstas a su vez, fueron más jóvenes a la pubertad que las hijas de sementales Hereford (364.6 días). Por su parte, Wiltbank et al. ⁽¹⁹⁾ publicaron que la raza del padre no tuvo un efecto importante para edad a la pubertad ($P > .05$) en cruzamientos recíprocos con ganado *B. taurus* (Angus y Hereford).

En cruzamientos entre razas *B. taurus*, se ha estimado un efecto importante de la raza de la madre para edad a la pubertad. De esta manera, Gregory et al. ⁽²³⁾ obtuvieron un efecto aditivo materno ($P < .01$) para esta característica en favor de las hijas de vacas Suizo Pardo (322.0 días), en relación con las hijas de vacas Angus, Red Poll y Hereford (353.2, 352.5 y 376.1 días).

También se han encontrado diferencias en la edad a la pubertad entre vaquillas puras y cruzadas. Así, Reynolds et al. ⁽¹⁸⁾ estimaron una heterosis individual Angus-Brahman de -164.5 días ($P < .05$). Plasse et al. ⁽²⁴⁾ informaron que vaquillas Brahman x Shorthorn presentaron su primer cuerpo lúteo (pubertad) 2.4 meses antes ($P < .05$) que las vaquillas Brahman (17 vs. 19.4 meses). Stewart et al. ⁽²⁵⁾ observaron que las vaquillas cruzadas producto de un dialelo entre 5 razas (Angus, Brahman, Hereford, Holstein y Jersey) fueron 15 días más jóvenes a la pubertad ($P < .05$) que las de raza pura (398 vs. 413 días). Las vaquillas Angus-Brahman, Brahman-Holstein y Brahman-Jersey fueron púberes a una edad menor ($P < .05$) que las vaquillas Brahman. Al utilizar las mismas razas en cruzamiento dialelo, McElhenney et al. ⁽²⁶⁾ mencionaron que, las vaquillas cruzadas tuvieron su primer parto 13 días antes ($P < .05$) que las vaquillas de raza pura. Por su parte, Ríos

et al. ⁽²⁷⁾ mencionaron que las vaquillas cruzadas *B. taurus* x *B. indicus* (F₁ Angus, Hereford, Charolais y Suizo Pardo x Cebú) tuvieron su primer parto a una edad menor (P<.01) que las *B. indicus*, con una diferencia promedio de 516 días entre cruzas e Indobrasil y Brahman. En cruzamientos recíprocos con ganado *B. taurus*, Wiltbank et al. ⁽²⁸⁾ observaron que las vaquillas cruzadas (cruzas recíprocas entre Angus y Hereford) llegaron a la pubertad 148 días antes (P<.01) que las vaquillas puras. Smith et al. ⁽²⁹⁾ estimaron una heterosis individual promedio de -34 días (P<.01) para la edad a la pubertad, en vaquillas producidas en un dialelo con Angus, Hereford y Shorthorn. Por su parte, Gregory et al. ⁽²³⁾ al utilizar vaquillas provenientes de un dialelo entre Angus, Hereford, Red Poll y Suizo Pardo, obtuvieron una heterosis individual promedio para esta característica de -9.4 días (P<.10).

Se ha publicado también que las vaquillas cruzadas Brahman son más precoces que vaquillas cruzadas de otras razas. De esta manera, Bolton et al. ⁽³⁰⁾ mencionaron que la edad promedio a la pubertad de vaquillas con ½ y ¼ de raza Brahman fue 4.5 días menor (P<.05) que la de vaquillas Angus-Hereford.

Peso al nacimiento.

El peso al nacimiento es una característica importante puesto que de él depende en gran parte la supervivencia del becerro, por lo cual se busca la obtención de un peso óptimo al nacimiento, aunque los mejores pesos no siempre son los más altos, ya que pueden traer consigo problemas de partos distócicos, y por el contrario, pesos muy bajos son motivo de incrementos en la mortalidad de los recién nacidos ^(12, 13, 31). Además, se ha publicado que esta característica se encuentra afectada por la contribución genética de ambos progenitores ⁽¹⁵⁾.

Al comparar razas puras, Ávila ⁽³²⁾ encontró un efecto importante (P<.05) de la raza para peso al nacimiento; las crías Pardo Suizo fueron más pesadas al nacimiento que las Gyr, y éstas, a su vez, fueron más pesadas que las Indobrasil.

Olson et al. ⁽³³⁾ estimaron un efecto aditivo directo en favor del Brahman en relación con el Angus (6.1 Kg.; $P < .001$) para peso al nacimiento. Riley et al. ⁽³⁴⁾ también encontraron un efecto de la raza del padre de la vaca ($P < .01$) para esta característica; las vacas F_1 hijas de sementales Angus y Brahman tuvieron crías más pesadas al nacimiento que las hijas de sementales Gyr (39.4 y 37.2 Kg. vs. 34.8 Kg.). En cruzamientos entre razas *B. taurus*, Gregory et al. ⁽³⁵⁾ también encontraron diferencias importantes en los efectos directos para peso al nacimiento. Las crías de sementales Suizo Pardo fueron más pesadas ($P < .01$) que las crías de sementales Hereford, éstas fueron más pesadas ($P < .01$) que las crías de sementales Red Poll, las cuales a su vez, fueron más pesadas ($P < .01$) que las crías de sementales Angus (41.8, 39.7, 38.6 y 37.3 Kg., respectivamente).

Al evaluar el efecto de la raza de la madre, el estudio realizado por Comerford et al. ⁽¹⁴⁾ mostró que en cruzamiento dialélico de 4 razas, las vacas Brahman produjeron los becerros más ($P < .05$) ligeros al nacimiento que las vacas Hereford, Limousin y Simmental. Además, los autores mencionaron que los bajos pesos al nacimiento tendieron a ser un factor limitante en la sobrevivencia de las crías. Por el contrario, Olson et al. ⁽³³⁾ estimaron un efecto aditivo materno en favor del Angus en relación con el Brahman (4.2 Kg.; $P < .001$). En cruzamientos entre razas *B. taurus*, Gregory et al. ⁽³⁵⁾ observaron que el efecto aditivo materno ($P < .01$) tendió a favorecer al Suizo Pardo y Red Poll, en relación con el Hereford y Angus (43.1 y 39.7 vs. 38.3 y 36.2 Kg.).

Por otra parte, al comparar vacas puras y sus cruzas recíprocas, Olson et al. ⁽³³⁾ estimaron una heterosis materna Angus-Brahman de 21.4 Kg. ($P < .001$) para peso al nacimiento. Además, en cruzamientos entre razas *B. taurus* (Angus, Hereford, Suizo Pardo y Red Poll), Gregory et al. ⁽³⁵⁾ obtuvieron una heterosis materna promedio de 0.9 Kg. ($P < .01$). De igual manera, Cundiff et al. ⁽³⁶⁾ mencionaron que en vacas de cruza recíprocas entre Angus, Hereford y Shorthorn, apareadas con sementales Angus, Hereford, Shorthorn y Red Poll, la heterosis

materna promedio estimada para esta característica fue de 1.0 Kg. ($P < .01$). Sin embargo, Alenda et al. (³⁷) no encontraron evidencias significativas ($P > .05$) de heterosis materna para peso al nacimiento en cruzamientos de Angus, Charolais y Hereford.

Por otro lado, se han publicado estimaciones importantes de heterosis individual para peso al nacimiento. En México, Martínez y Montaño (⁵) mencionaron que la heterosis individual Criollo-Guzerat para peso al nacimiento fue de 4% ($P < .01$). Por su parte, Bolton et al. (³⁰), encontraron que los pesos al nacimiento de los becerros cruzados $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Brahman fueron 1.4 y 3.8 Kg. mayores ($P < .05$), respectivamente, que los pesos de los becerros Brahman puros.

Peso al destete ajustado a 205 días.

El peso al destete de los becerros es un buen indicador de la eficiencia de la vaca (³⁸). 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. Además, esta característica es un indicador de la capacidad genética para el crecimiento del becerro, y de la habilidad materna que es una de las características a seleccionar en los sistemas de producción de becerros para engorda (¹³).

Para esta característica, Olson et al. (³³) estimaron un efecto aditivo directo ($P < .05$) en favor del Angus en relación con el Brahman (10.0 Kg.). De igual manera, Riley et al. (³⁴) mencionaron que la raza del padre de la vaca fue una fuente de variación importante ($P < .001$) para peso al destete; las vacas F_1 hijas de sementales Angus tuvieron crías más ligeras al destete que las hijas de sementales *B. indicus* (Brahman gris, Brahman rojo, Gyr, Indobrasil y Nellore) (227.0 Kg. vs. 257.1, 255.5, 256.1, 257.41 y 261.1 Kg.). En cruzamientos entre razas *B. taurus*, también se han encontrado diferencias entre la raza del padre de las vacas para peso al destete. De esta manera, Gregory et al. (³⁵) encontraron que las vacas hijas de padre Suizo

Pardo tuvieron crías más ($P < .01$) pesadas que las hijas de padre Angus, Hereford y Red Poll (216.5 vs. 207.5, 204.4 y 203.5 Kg., respectivamente).

Al evaluar la raza de la madre de las vacas, Olson et al. (³³) estimaron un efecto aditivo materno en favor del Angus en relación con el Brahman ($P < .10$) y Charolais ($P < .05$) (5.1 y 7.5 Kg., respectivamente). Además, en cruzamientos entre razas *B. taurus*, Gregory et al. (³⁵) observaron que las hijas de madre Suizo Pardo destetaron crías más pesadas ($P < .05$) que las hijas de madre Red Poll, Angus y Hereford (242.8 vs. 212.2, 194.2 y 182.6 Kg., respectivamente).

Por otro lado, se ha demostrado que el peso al destete puede aumentar al hacer uso de la heterosis materna. Así, Koger et al. (³⁹) estimaron una heterosis materna ($P < .05$) del 32% y del 25% en vacas $\frac{3}{4}$ Brahman- $\frac{1}{4}$ Shorthorn, $\frac{3}{4}$ Shorthorn- $\frac{1}{4}$ Brahman. Crockett et al. (⁴⁰) publicaron que vacas cruzadas Angus-Hereford, Angus-Brahman y Hereford-Brahman tuvieron becerros más pesados al destete que las vacas de raza pura. La diferencia promedio ($P < .05$) en tres generaciones de cruzamiento rotacional fue de 5, 17 y 18%, respectivamente. En relación con las vacas Brahman se obtuvo una diferencia en favor de las hembras cruzadas de 8.2, 28.3 y 32 Kg., respectivamente. Gaines et al. (⁴¹) mencionaron que las vacas de cruza recíprocas entre Angus, Hereford y Shorthorn produjeron becerros (retrocruzas y cruza de tres razas) más pesados al destete (7.2%; $P < .01$) que las vacas puras de las razas mencionadas. Peacock et al. (⁴²) estimaron una heterosis materna ($P < .01$) Angus-Brahman, Angus-Charolais y Brahman-Charolais de 28.9, 16.5 y 18.7 Kg. para peso al destete. Además, obtuvieron una heterosis individual ($P < .01$) para el mismo carácter de 21.2 y 16.5 para Angus-Brahman y Brahman-Charolais. En relación con las vacas Brahman, se observó una diferencia en favor de las vacas Angus-Brahman y Brahman-Charolais de 40.6 y 31.3 Kg., respectivamente. Olson et al. (³³) estimaron una heterosis materna Angus-Brahman de 21.4 Kg. ($P < .001$) para esta característica. Además, en cruzamientos entre razas *B. taurus*, Bailey et al. (⁴³) encontraron una heterosis materna Hereford-Red Poll de

4.9 ± 3.0 Kg. (P<.10) para peso al destete a 180 días. Por su parte, Cundiff et al. (³⁶) obtuvieron una heterosis materna promedio de 11.0 puntos porcentuales (P<.01) para peso al destete, en cruzamientos de Angus, Hereford y Shorthorn. En Canadá, Peters y Slen (⁴⁴) encontraron que las vacas cruzadas Brahman-Hereford, Brahman-Angus y Brahman-Shorthorn, produjeron becerros más pesados al destete (34, 41 y 45 Kg., respectivamente; P<.01) que las vacas Hereford.

En cruzamientos dialelos, también se han obtenido mayores pesos al destete en becerros cruzados que en becerros de raza pura. De esta manera, McElhenney et al. (²⁶) estimaron una heterosis individual promedio para peso al destete (P<.01) de 15.2 Kg. (8.4%) en cruzamiento dialelo entre Angus, Brahman, Hereford, Holstein y Jersey. Gregory et al. (³⁵) encontraron una heterosis individual promedio de 7.3 Kg. (P<.01) para peso ajustado a 210 días, en cruzamientos recíprocos entre Angus, Hereford, Suizo Pardo y Red Poll. Por su parte, Martínez y Montaña (⁵) estimaron una heterosis individual Criollo-Guzerat para peso al destete de 2.4 ± .95 Kg. (P<.01). Sin embargo, Boston et al. (⁴⁵) no encontraron diferencias (P>.05) en el peso al destete entre vacas puras (Angus, Brahman, Charolais y Hereford) y el promedio de sus cruza recíprocas. De igual manera, Quiroz, (⁴⁶) tampoco encontró diferencias importantes (P>.05) para peso al destete en becerros de vacas *B. indicus* y F₁ *B. taurus* x *B. indicus*.

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 (¹⁸). 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 (^{10, 11}).

La información sobre efectos aditivos directos y maternos para intervalo inicio de empadre-parto es limitada, debido a que los estudios realizados en ganado de carne que han contemplado esta característica, se han enfocado más hacia la estimación de efectos no aditivos. Así, se han observado diferencias en el tiempo que tarda la hembra en concebir y en la duración de la gestación, en vacas cruzadas (cruzas recíprocas entre *B. taurus* y *B. indicus*) y vacas de raza pura (*B. taurus* y *B. indicus*). En cruzamientos de Angus, Hereford, Suizo Pardo y Red Poll, Dearborn et al. ⁽⁴⁷⁾ estimaron una heterosis materna de -2 días ($P < .05$) en la fecha de parto. Franke ⁽⁴⁸⁾ observó que las cruzas recíprocas entre Angus, Brahman, Charolais y Hereford parieron 6.5 días antes ($P < .01$) que las vacas puras de las razas mencionadas. Williams et al. ⁽⁴⁹⁾, al utilizar las mismas razas en un sistema rotacional, obtuvieron niveles significativos de heterosis materna para fecha de parto, y publicaron que las únicas heterosis diferentes de cero ($P < .01$) fueron aquellas que incluyeron Brahman: Angus-Brahman (-10.3 días), Brahman-Charolais (-8.2 días) y Brahman-Hereford (-13 días). Por su parte, Rios et al. ⁽²⁷⁾ comentaron que las vacas Suizo Pardo x Cebú, Angus x Cebú y Hereford x Cebú (309 ± 2 , 304 ± 2 y 307 ± 2 días, respectivamente) tuvieron intervalos de inicio de empadre-parto más cortos ($P < .05$) que las vacas Brahman (317 ± 2 días). Por el contrario, Boston et al. ⁽⁴⁵⁾ no encontraron diferencias significativas ($P > .05$) 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 hembras cruzadas mostraron tendencia a parir antes (5 días) que las de raza pura. Además, en cruzamientos entre razas *B. taurus*, Cundiff et al. ⁽⁵⁰⁾ tampoco observaron diferencias ($P > .05$) 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).

En resumen, la mayoría de los estudios revisados, mostraron evidencias importantes de efectos aditivos individuales y maternos para edad al primer parto, peso al nacimiento y peso al destete. Se observó una menor edad al primer parto y

un menor intervalo inicio de empadre-parto en vacas cruzadas que en vacas de raza pura. Las vacas *B. indicus* presentaron edades mayores al primer parto en relación con vacas *B. taurus*. Para peso al nacimiento y peso al destete se encontró un efecto significativo de heterosis (individual y materna). De igual manera, se observó que las vacas *B. indicus*, producen en general, becerros más ligeros al nacimiento y al destete que las vacas *B. taurus* y cruza recíprocas *B. taurus* x *B. indicus*.

Método de estimación

Al evaluar alguna característica de interés, es importante obtener estimaciones con la mayor precisión. Sin embargo, en los estudios en los que se utilizan pocos animales, la magnitud de los errores estándar es superior, que aquellos en los que se utiliza un mayor número de observaciones ⁽⁵¹⁾. La inclusión de la matriz de relaciones aditivas en las estimaciones genéticas, puede reducir la magnitud de los errores estándar de manera importante. De esta manera, se obtendrán estimaciones más precisas en un modelo mixto en relación con el modelo que considere únicamente los efectos fijos ^(52, 53).

Dos de los principales modelos mixtos que se han utilizado en los últimos años para realizar evaluaciones genéticas en ganado lechero son: el Modelo Semental y el Modelo Animal; siendo el primero, el que mayor uso ha tenido en ganado de carne para evaluar efectos aditivos y no aditivos.

El Modelo Semental utiliza los registros de parentesco de las vacas para predecir la mitad del valor genético de sus padres; sin embargo, ignora casi toda la información que pueda proporcionar cualquier relación de parentesco asociada a la línea materna, a excepción de la información del abuelo materno, en el caso del Modelo Semental-Abuelo Materno. La poca información de parentesco que emplea el modelo puede ocasionar sesgos en la evaluación por efecto de apareamientos no aleatorios ^(53, 54).

Por otro lado, al hacer uso del Modelo Animal, se puede incrementar la magnitud de la precisión de las evaluaciones genéticas, debido a la inclusión de todos los registros disponibles que provean información acerca del mérito genético aditivo del animal en el que se obtiene la medición, lo que adicionalmente permite eliminar el sesgo debido a la selección ^(53, 54).

A pesar que el desarrollo teórico del Modelo Animal se inició hace varias décadas, su uso se difundió lentamente en los primeros años de su aparición, debido principalmente, al gasto computacional requerido para invertir la matriz de relaciones aditivas entre todos los animales en el pedigrí (^{55, 56, 57, 58}). Cuando Henderson (⁵⁷) descubre el método para obtener los elementos de la inversa de la matriz de relaciones genéticas aditivas, se aprovecha la capacidad de cómputo existente; y a partir de este momento, la utilización del modelo animal se fue generalizando. En la actualidad, el Modelo Animal se ha convertido en la primera elección cuando se trata de hacer evaluaciones genéticas tanto en explotaciones lecheras como en la producción de ganado de carne (⁵⁹).

Otra característica del Modelo Animal es, el utilizar la metodología del mejor estimador ó predictor lineal insesgado (MELI y MPLI, respectivamente) para efectos fijos y aleatorios, respectivamente; con lo cual se ha podido incrementar de manera importante la precisión de las evaluaciones genéticas (^{60, 61}).

En base de lo anterior, para el desarrollo del presente estudio, el Modelo Animal fue considerado como la primera opción para obtener estimaciones con mayor precisión.

OBJETIVOS

1. Estimar parámetros genéticos, heterosis individual y el efecto de raza del padre y de la madre de las vacas sobre la edad a primer parto e intervalo inicio de empadre-parto de vacas puras y cruzadas, Criollo y Guzerat, utilizando un modelo con efectos fijos y un modelo mixto.
2. Estimar parámetros genéticos, heterosis materna y el efecto de raza del padre y de la madre de las vacas sobre el peso al nacimiento y peso al destete ajustado a 205 días de las crías producidas por vacas provenientes de un dialelo entre Criollo y Guzerat, utilizando un modelo con efectos fijos y un modelo mixto.

ARTÍCULO

EDAD A PRIMER PARTO E INTERVALO INICIO DE EMPADRE-PARTO DE VACAS CRIOLLO, GUZERAT Y SUS CRUZAS RECÍPROCAS, Y COMPORTAMIENTO PREDESTETE DE SUS CRÍAS

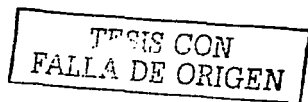
Rivera AU^a, Martínez VG^b, Montaña BM^c, Ochoa GP^d, Ruíz LFJ^c

^a FCN-UAQ. ^b C.E. "El Verdineño", INIFAP. ^c CENID-Fisiología, INIFAP. ^d UNAM.

RESUMEN

Para estimar parámetros genéticos, el efecto de raza del padre y de la madre de las vacas y heterosis individual y materna, para edad a primer parto (EPP) e intervalo inicio de empadre-parto (IIEP) de vacas Criollo, Guzerat y sus cruza recíprocas, y del peso al nacimiento (PN) y peso ajustado a 205 días de sus crías (PAJ205), se utilizó información de 140 hembras nacidas de cruzamientos dialelos entre 1991 y 1994. Para generar crías cruzadas de dos y tres razas se utilizaron sementales Angus. Los componentes de varianza se estimaron por medio de Máxima Verosimilitud Restringida a través del paquete estadístico MTDFREML. Los efectos fijos considerados para EPP fueron: grupo genético de la vaquilla, año y época de nacimiento de la vaquilla; para IIEP: el grupo genético de la vaca, año de empadre de la vaca, época de empadre de la vaca, la edad de la vaca al inicio del empadre y el sexo de la cría; para PN: el grupo genético de la cría, año-época de empadre de la vaca, la edad de la vaca y el sexo de la cría; para PAJ205: el grupo genético de la cría, el año y la época de empadre de la vaca, la edad de la vaca y el sexo de la cría. Los efectos aleatorios utilizados fueron: el efecto genético directo y el error para EPP; mientras que para IIEP, PN y PAJ205 se utilizó además, el efecto ambiental permanente. Las hijas de madre Criollo fueron 101.1 ± 36.5 días más ($P < .05$) jóvenes al primer parto que las hijas de madre Guzerat; las hijas de padre Criollo tuvieron su primer parto a una edad 152.1 ± 39.5 días menor ($P < .05$) que las hijas de padre Guzerat; además, se estimó una heterosis individual de -135.1 ± 37.2 días ($P < .05$). No se encontraron diferencias importantes ($P > .05$) entre la raza del padre de las vacas y la raza de la madre de las vacas para IIEP, PN y PAJ205. La heterosis estimada para IIEP y PN (individual y materna, respectivamente) no fue importante ($P > .05$). Para PAJ205 se obtuvo una heterosis materna de 12.06 ± 3.42 Kg. ($P < .05$). La heredabilidad estimada fue de .11, .00, .38 y .28 para EPP, IIEP, PN y PAJ205, respectivamente. La repetibilidad fue de .09, .39 y .30 para IIEP, PN y PAJ205, respectivamente.

Palabras Clave: Dialelo Criollo - Guzerat, Efectos Aditivos, Heterosis, Parámetros Genéticos, características.



AGE AT FIRST CALVING AND BEGINNING OF BREEDING SEASON-CALVING INTERVAL OF CRIOLLO, GUZERAT AND RECIPROCAL CROSSES, AND PREWEANING PERFORMANCE OF CALVES

ABSTRACT

To estimate genetic parameters, breed sire and breed cow and individual and maternal heterosis effects for age at first calving (AFC) and beginning of breeding season-calving interval (BBSCI) of Criollo, Guzerat and reciprocal crosses, and birth weight and weaning weight of calves were utilized 140 females generated in Criollo-Guzerat diallel from 1991 to 1994. Angus sires were utilized to generate calves crossbred of two and three breeds. Variance component were estimated by restricted maximum likelihood utilizing statistic program MTDFREML. The fixed effects considered to AFC were: genetic group of heifer, born year and season of heifer; to BBSCI: Genetic group of cow, breeding year and season of cow, age of dam and sex of calf; to BW were considered: Genetic group of Calf, breeding year-season of cow, age of dam and sex of calf; to WW: Genetic group of Calf, breeding year and season of cow, age of dam and sex of calf. The random effects were: direct genetic effect and error to AFC; to BBSCI, BW and WW were utilized the maternal permanent environmental effects too. Daughter from Criollo cows were younger than Guzerat progeny for 101.1 ± 36.5 days ($P < .05$); daughter Criollo sire were younger than Guzerat progeny for 152.1 ± 39.5 days ($P < .05$); individual heterosis estimated of -135.1 ± 37.2 days ($P < .05$). To BBSCI, BW and WW the direct and maternal additive genetic effects were not significant ($P > .05$). Also, to BBSCI and BW the heterosis (individual and maternal, respectively) were not significant ($P > .05$). To WW the maternal heterosis estimated were 12 ± 3.42 Kg. ($P < .05$). The hereditability were .11, .00, .38 y .28 to AFC, BBSCI, BW and WW, respectively. The repeatability were .09, .39 y .30 BBSCI, BW and WW, respectively.

Key Words: Criollo - Guzerat diallel, Additive effects, Heterosis, Genetic Parameters, Traits.

INTRODUCCIÓN

El Criollo es considerado como ganado tropical *Bos taurus* y se localiza en África (N'Dama) y América Latina (Criollo). En México, ha tenido un periodo de adaptación aproximado de 400 años en diversas zonas ecológicas. Es un animal rústico que se caracteriza por presentar una gran resistencia a condiciones ambientales adversas, incluyendo parásitos internos y externos, temperatura y humedad extrema, y baja calidad del forraje, entre otros (^{1, 2}). No obstante, la falta de información provocó que el Criollo llegara prácticamente a su extinción. Así, al cruzarse con otras razas, principalmente cebuinas, los resultados en sus F₁, fueron equivocadamente atribuidos al mejoramiento logrado por el padre, olvidando por completo el aporte genético de la madre criolla (³).

En México, bajo condiciones tropicales, al realizar cruzamientos dialelos con Guzerat, las vacas Criollo tuvieron un mejor ($P < .01$) comportamiento reproductivo desde la gestación hasta el destete ($P < .01$) y una mayor supervivencia predestete de sus crías (^{4, 5}). En la segunda fase del proyecto, se estimó un nivel importante ($P < .01$) de heterosis materna Criollo-Guzerat para las tasas de gestación, parición y destete, y un efecto materno del Criollo ($P < .01$) para estas características. Además, los porcentajes de supervivencia pre- y posnatal fueron similares ($P > .10$) en los cuatro grupos genéticos evaluados (⁶). Sin embargo, la producción de becerros para engorda en la zona tropical de México se realiza principalmente con vacas Cebú, como raza materna (⁷).

Los objetivos planteados para el presente trabajo son los siguientes: 1). Estimar parámetros genéticos, heterosis individual y materna y efectos de raza del padre y de la madre para edad a primer parto e intervalo inicio de empadre-parto de vacas provenientes de un dialelo Criollo-Guzerat, y para peso al nacimiento y peso al destete ajustado a 205 días de sus crías utilizando un modelo con efectos fijos y un modelo mixto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales y manejo. Se utilizó información de 140 hembras (50 Guzerat, 26 Criollo, 21 Guzerat x Criollo y 43 Criollo x Guzerat) nacidas entre 1991 y 1994, en el Campo Experimental "El Verdineño" (INIFAP), ubicado en Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Las hembras provienen de un cruzamiento dialélico Criollo – Guzerat, en el cual se utilizaron 14 sementales Criollo y 12 Guzerat. Estas hembras fueron apareadas con sementales Angus. Los primeros apareamientos se realizaron en el otoño de 1992. El manejo general consistió en dos empadres al año (primavera y otoño) de 60 días (75 días para las vaquillas), iniciando alrededor del 15 de marzo y 15 de septiembre. Las vaquillas Criollo se empadraron por primera vez a los 280 Kg. y las Guzerat y cruzadas a los 300 Kg. de peso. La detección de vacas en estro se realizó en la mañana (5:00 - 7:00 AM) y en la tarde (de 3:00 - 5:00 PM), utilizando el sistema AM-PM para la inseminación. El diagnóstico de gestación por palpación rectal se llevó a cabo 60 días después de finalizar el empadre. Las vacas recibieron dos oportunidades para quedar preñadas en dos empadres consecutivos antes de ser eliminadas, mientras que las vaquillas tuvieron tres oportunidades. Las crías se pesaron e identificaron en las primeras 24 horas de vida y permanecieron con su madre hasta el destete, que se llevó a cabo alrededor de los 7 meses de edad, en una misma fecha para todas las crías que nacieron en una misma época. Los machos permanecieron enteros hasta el destete. Durante el empadre y la lactancia, las vacas y sus crías se mantuvieron en pastoreo en praderas de pasto llanero (*Andropogon gayanus*) sin suplementación.

Características a evaluar. Las variables a evaluar fueron: edad a primer parto (EPP) e intervalo inicio de empadre-parto (IIEP) de las vacas y peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a los 205 días (PAJ205) de sus crías. El ajuste de los pesos al destete se realizó dividiendo la diferencia entre el peso al destete y el peso al nacimiento, entre la edad al destete, multiplicando por 205 y sumándole el peso al nacimiento.

Para IIEP, se utilizó información de los empadres de otoño de 1992 al otoño de 1999; para PN, del otoño m(Ude 1993 al otoño de 1999; y para PAJ205, del otoño de 1993 al otoño de 1998. Debido al escaso número de observaciones, para IIEP, la información del otoño de 1992 y de la primavera de 1993 se consideró como una sola clase; para PN, se combinaron las observaciones del otoño de 1993 con las de la primavera 1994 en una clase, y las de la primavera y otoño de 1999 como otra clase; para PAJ205, se combinaron las observaciones del otoño de 1993 con las de la primavera de 1994 en una clase.

Análisis estadístico. Las variables de respuesta se analizaron con dos procedimientos: 1) Proc. GLM (Procedimiento de Modelos Lineales generales) de SAS, utilizando un modelo lineal con efectos fijos; y 2) MTDFREML, a través de un Modelo Animal.

Cuando los análisis se hicieron con GLM, el efecto de la raza del padre de las vacas, raza de la madre de las vacas y la heterosis individual y materna resultante, se estimaron utilizando contrastes ortogonales ⁽⁸⁾.

Con MTDFREML (Máxima Verosimilitud Restringida sin el uso de Derivadas y Multivariado) se realizaron análisis univariados ⁽⁹⁾.

El modelo en notación matricial que se empleó para EPP, fue el siguiente:

$$\underline{Y} = \mathbf{X}\underline{\beta} + \mathbf{Z}\underline{u} + \underline{e}.$$

Para IIEP, PN y PAJ205, se utilizó el siguiente modelo:

$$\underline{Y} = \mathbf{X}\underline{\beta} + \mathbf{Z}\underline{u} + \mathbf{W}\underline{p} + \underline{e}.$$

Donde; \underline{Y} es el vector de observaciones para la característica de interés. $\underline{\beta}$ es el vector de efectos fijos (se describen más adelante). \underline{u} es el vector de efectos genéticos aditivos directos. \underline{p} = es el vector de efectos ambientales permanentes no

correlacionados con los efectos aditivos para IIEP, PN y PAJ205. \mathbf{e} es el vector de residuales para la variable dependiente. \mathbf{X} , \mathbf{Z} y \mathbf{W} son matrices de incidencia que relacionan las observaciones de la variable de respuesta de interés con los efectos β , \mathbf{u} y \mathbf{p} , respectivamente (¹⁰).

El proceso iterativo se dió por terminado cuando la varianza de los valores de la función de verosimilitud fue menor que 1×10^{-8} . Para alcanzar el máximo global, los análisis se reiniciaron por lo menos seis veces utilizando diferentes valores iniciales (obtenidos de la literatura) en cada ocasión (anexo 1). Los parámetros genéticos en las características evaluadas se obtuvieron de las soluciones BLUP de los efectos aleatorios; mientras que las soluciones BLUE del grupo genético se utilizaron para estimar los efectos de raza del padre y de la madre de las vacas y la heterosis resultante, mediante contrastes ortogonales.

Los modelos utilizados en GLM y la porción fija del modelo en MTDFREML incluyeron los siguientes efectos fijos: para EPP: el grupo genético de la vaquilla, año y época de nacimiento de la vaquilla. Para IIEP: el grupo genético de la vaca, año y época de empadre de la vaca, la edad de la vaca y el sexo de la cría. Para PN: el grupo genético de la cría, la combinación año-época de empadre de la cría, la edad de la vaca y el sexo de la cría. Para PAJ205 se consideró: el grupo genético de la cría, año y época de empadre de la vaca, la edad de la vaca y sexo de la cría.

RESULTADOS

Las medias de cuadrados mínimos para las cuatro características evaluadas, al utilizar GLM (modelo con efectos fijos) y REML (modelo animal) se presentan en los cuadros 1 y 2. Únicamente se muestran los errores estándar del GLM, debido a que el MTDFREML solo genera los errores estándar para los contrastes ortogonales.

Edad a primer parto. En el cuadro 1 se muestra que las vaquillas Guzerat llegaron a su primer parto a una mayor edad ($P < .05$) que las vaquillas de los demás grupos genéticos. Se encontró un efecto importante ($P < .05$) de la raza del padre y de la madre de las vacas y de la interacción entre la raza del padre x raza de la madre de las vacas para edad a primer parto (cuadro 3). Las hijas de padre Criollo parieron por primera vez a una edad 152 días menor que las hijas de padre Guzerat. Las hijas de madre Criollo fueron 101 días más jóvenes a su primer parto que las hijas de madre Guzerat ($P < .05$). En promedio, las vacas cruzadas tuvieron hijas con una edad al primer parto 135 días menor que las vacas de raza pura.

Intervalo inicio de empadre-parto y peso al nacimiento. En los cuadros 1 y 2 se presentan las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para intervalo inicio de empadre-parto y peso al nacimiento, respectivamente. Ninguno de los efectos de interés resultó significativo ($P > .05$) para ambas características (cuadros 4 y 5, respectivamente).

Peso al destete ajustado a 205 días. Las vacas Criollo tuvieron crías más ligeras ($P < .05$) al destete que las vacas Guzerat, Criollo-Guzerat y Guzerat-Criollo (cuadro 2). La interacción entre la raza del padre x raza de la madre de las vacas afectó de manera importante ($P < .05$) el peso al destete ajustado a 205 días (cuadro 6). Las vacas cruzadas tuvieron en promedio, crías con un mayor peso al destete que las vacas de raza pura.

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos para edad a primer parto (EPP) e intervalo inicio de empadre-parto (IIEP) de vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.

Raza Padre	Raza Madre	EPP (Días)		IIEP (Días)	
		GLM	REML	GLM	REML
Criollo	Criollo	1392 ± 38 ^b	1383	321 ± 3 ^a	318
Criollo	Guzerat	1349 ± 30 ^b	1352	321 ± 3 ^a	317
Guzerat	Guzerat	1655 ± 31 ^a	1667	321 ± 3 ^a	319
Guzerat	Criollo	1403 ± 43 ^b	1412	321 ± 3 ^a	316
Promedio		1479 ± 195	1479 ± 246	317 ± 19	317 ± 20

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

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos para peso al nacimiento (PN) y al destete ajustado a 205 días (PAJ205) de las crías de vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.

Raza Padre	Raza Madre	PN (Kg.)		PAJ205 (Kg.)	
		GLM	REML	GLM	REML
Criollo	Criollo	30.0 ± 0.6 ^b	30	130 ± 4 ^b	130
Criollo	Guzerat	31.4 ± 0.6 ^a	31	148 ± 4 ^a	143
Guzerat	Guzerat	31.1 ± 0.6 ^{a, b}	31	142 ± 4 ^a	140
Guzerat	Criollo	30.5 ± 0.7 ^{a, b}	30	147 ± 4 ^a	141
Promedio		30.6 ± 3.8	30.6 ± 3.9	139 ± 22	139 ± 24

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

Cuadro 3. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para edad a primer parto (EPP) en vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.

EFEECTO	GLM (Días)	REML (Días)
Raza Padre	158 ± 37 *	152 ± 40 *
Raza Madre	104 ± 35 *	101 ± 36 *
Raza Padre x Raza madre	-148 ± 36 *	-135 ± 37 *

*: P<.05

Cuadro 4. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para intervalo inicio de empadre-parto (IIEP) en vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.

EFEECTO	GLM (Días)	REML (Días)
Raza Padre	0.25 ± 2.42 ^{NS}	0.36 ± 2.57 ^{NS}
Raza Madre	0.44 ± 2.45 ^{NS}	0.48 ± 2.60 ^{NS}
Raza Padre x Raza Madre	-0.37 ± 2.44 ^{NS}	-0.84 ± 2.59 ^{NS}

^{NS}: P>.05.

Cuadro 5. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para peso al nacimiento (PN) de las crías de vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.

EFFECTO	GLM (Kg.)	REML (Kg.)
Raza Padre	0.129 ± 0.516 ^{NS}	0.249 ± 0.585 ^{NS}
Raza Madre	1.021 ± 0.522 ^{NS}	0.882 ± 0.554 ^{NS}
Raza Padre x Raza Madre	0.363 ± 0.519 ^{NS}	0.385 ± 0.545 ^{NS}

^{NS}: P>.05.

Cuadro 6. Efectos de raza del padre y de la madre de las vacas (Criollo - Guzerat) y su interacción para peso al destete ajustado a 205 días (PAJ205) en vacas puras y cruzadas, Guzerat y Criollo.

EFEECTO	GLM (Kg.)	REML (Kg.)
Raza Padre	5.212 ± 3.301 ^{NS}	6.103 ± 3.593 ^{NS}
Raza Madre	6.434 ± 3.339 ^{NS}	5.811 ± 3.480 ^{NS}
Raza Padre x Raza madre	11.167 ± 3.331 *	12.055 ± 3.432 *

*: P<.05; ^{NS}: P>.05.

Parámetros genéticos. Los parámetros genéticos estimados a través de los componentes de varianza y covarianza mediante el MTDFREML, se presentan en el cuadro 7. Se estimó una heredabilidad de .11, .38 y .28 para EPP, PN y PAJ205, respectivamente. La repetibilidad estimada fue .09, .39 y .30 para IIEP, PN y PAJ205, respectivamente.

Cuadro 7. Estimaciones de componentes de varianza, heredabilidad y repetibilidad para edad a primer parto (EPP) e intervalo inicio de empadre-parto (IIEP) de vacas provenientes de un dialelo Criollo - Guzerat, y para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 205 días (PAJ205) de sus crías.

Característica	Varianza Aditiva	Var. Amb. Permanente	Var. del Error	Var. Fenotip.	h²	Re
EPP	4082.53	-----	33031.38	37113.91	.11	---
IIEP	0.00002	32.58	328.09	360.67	.00	.09
PN	5.78	0.18	9.21	15.17	.38	.39
PAJ205	135.13	9.78	345.30	490.21	.28	.30

DISCUSIÓN

Modelo con Efectos Fijos vs. Modelo Animal.

En general, en las cuatro características evaluadas, al hacer uso de un modelo con efectos fijos, la magnitud y precisión de las estimaciones fue similar en relación con el modelo animal (modelo mixto). No obstante, hubo tendencia a encontrar estimaciones significativas a $P < .06$ al evaluar el efecto de la raza de la madre de las vacas para peso al nacimiento y peso al destete ajustado a 205 días de sus crías al utilizar el GLM (modelo con efectos fijos). Debido a que en el presente trabajo se utilizaron pocos animales, es probable que al aumentar la cantidad de observaciones podría encontrarse una significancia mayor ($P < .05$) del efecto de la raza de la madre de las vacas para estas características productivas, en favor del Guzerat, al hacer uso de un modelo animal.

Edad a primer parto (EPP).

La edad a la que parieron por primera vez las vaquillas Guzerat, sugiere que no tuvieron la aptitud para reproducirse a una edad relativamente joven (¹¹). En algunas poblaciones *B. indicus*, se han obtenido edades al primer parto (42 - 56 meses de edad) similares a la encontrada en el presente estudio (^{11, 12, 13}). Además, otros autores han mencionado que las vaquillas *B. indicus* tienden a presentar su primer parto a una edad mayor ($P < .05$) que las F_1 *B. taurus* x *B. indicus* (^{7, 14}).

La raza del padre y de la madre de las vaquillas tuvieron un efecto importante sobre la edad al primer parto, lo cual indica diferencias en efectos genéticos aditivos directos y maternos.

Por otra parte, el nivel de heterosis individual estimado fue mayor que el obtenido por McElhenney et al. (¹⁵), quienes estimaron una heterosis individual de 13 días, al utilizar razas *B. taurus* y *B. indicus*.

Intervalo inicio de empadre-parto (IIEP).

La longitud de la gestación y/o tiempo de concepción pudieron haber influido de manera importante en el comportamiento de los cuatro grupos genéticos evaluados, debido a que se ha publicado que esta característica depende en gran medida de estos factores (¹⁶).

El efecto no significativo de la raza del padre y raza de la madre de las vacas para IIEP, indica que no se encontraron diferencias en efectos aditivos y maternos para longitud de gestación y/o tiempo de concepción.

Por otra parte, Boston et al. (¹⁷) tampoco obtuvieron un efecto importante en la interacción entre la raza del padre x la raza de la madre, al evaluar la fecha al parto, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente trabajo; sin embargo, mencionaron que las hembras cruzadas mostraron tendencia a parir 5 días antes que las de raza pura (Angus, Brahman, Charolais y Hereford). Por su parte, Franke (¹⁸) observó que las cruza recíprocas entre Angus, Brahman, Charolais y Hereford parieron 6.5 días antes ($P < .01$) que las vacas puras de las razas mencionadas. Además, Williams et al. (¹⁹), al utilizar las mismas razas en un sistema rotacional, obtuvieron niveles significativos de heterosis materna Angus-Brahman, Brahman-Charolais y Brahman-Hereford de -10.3, -8.2 y -13 días, respectivamente, para fecha de parto.

Peso al nacimiento (PN).

El bajo peso al nacimiento de las crías de vacas Criollo en relación con las crías de vacas Criollo-Guzerat, se debe posiblemente, a una menor habilidad de la madre para proporcionarle nutrientes al feto y/o a un menor potencial de crecimiento de éste.

El efecto no significativo de la raza del padre y de la madre de las vacas para peso al nacimiento, indica que no se encontraron diferencias en efectos aditivos

directos y maternos. Por su parte, Olson et al. ⁽²⁰⁾ estimaron un efecto aditivo directo en favor del Brahman en relación con el Angus (6.1 Kg. $P < .001$); mientras que el efecto materno tendió a favorecer al Angus (4.2 Kg. $P < .001$). Además, Riley et al. ⁽²¹⁾ encontraron un efecto de la raza del padre de la vaca ($P < .01$) para PN; las vacas F_1 hijas de sementales Angus y Brahman tuvieron crías más pesadas al nacimiento que las hijas de sementales Gyr.

Por otra parte, algunos autores han encontrado un efecto importante de la interacción entre la raza del padre x la raza de la madre para PN. De esta manera, Olson et al. ⁽²⁰⁾ obtuvieron diferencias al comparar el peso al nacimiento de las crías de vacas puras y el promedio de las crías de vacas de cruza recíprocas, estimando una heterosis materna de 21.4 Kg..

Peso ajustado a 205 días (PAJ205).

La habilidad de las vacas Guzerat y cruza recíprocas para destetar becerros más pesados al destete que las vacas Criollo, podría deberse, a una mayor producción de leche en las vacas y/o a un mayor crecimiento predestete en las crías, considerando que el peso al destete fue ajustado por la edad del becerro ⁽⁷⁾. De igual manera, Peters y Slen ⁽²²⁾ obtuvieron menores pesos al destete en las crías de vacas *B. taurus* (Hereford) que en las crías de vacas cruzadas *B. taurus* x *B. indicus* (Brahman-Hereford). Además, Quiroz ⁽²³⁾ tampoco encontró diferencias ($P > .05$) para peso al destete en becerros de vacas *B. indicus* (Brahman e Indobrasil) y F_1 *B. taurus* x *B. Indicus*; lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

A pesar que en el presente trabajo se encontró un efecto no significativo de la raza del padre y de la madre de las vacas para PAJ205, Olson et al. ⁽²⁰⁾ estimaron un efecto aditivo directo y materno en favor del Angus en relación con Brahman (10 Kg., $P < .01$; y 5.1 Kg., $P < .10$, respectivamente) y Charolais (7.5 Kg., $P < .05$; para el efecto materno). Por su parte, Riley et al. ⁽²¹⁾ mencionaron que las vacas F_1 hijas de

sementales Angus tuvieron crías más ($P < .001$) ligeras al destete que las hijas de sementales *B. indicus* (Brahman gris, Brahman rojo, Gyr, Indobrasil y Nellore) (227.0 Kg. vs. 257.1, 255.5, 256.1, 257.41 y 261.1 Kg.).

El nivel de heterosis materna encontrado fue menor que el obtenido por otros autores en cruzamientos recíprocos entre *B. taurus* y *B. indicus*. De esta manera, Olson et al. ⁽²⁰⁾ estimaron una heterosis materna Angus-Brahman de 21.4 Kg. ($P < .001$) para peso al destete. Crockett et al. ⁽²⁴⁾ publicaron que vacas cruzadas Angus-Hereford, Angus-Brahman y Hereford-Brahman tuvieron becerros más pesados al destete que las vacas de raza pura. Por su parte, Peacock et al. ⁽²⁵⁾ estimaron una heterosis materna ($P < .01$) Angus-Brahman, Angus-Charolais y Brahman-Charolais de 28.9, 16.5 y 18.7 Kg., respectivamente.

Parámetros Genéticos.

Las estimaciones de heredabilidad en las cuatro características evaluadas, caen dentro del rango de estimaciones publicadas por otros estudios.

Edad a primer parto (EPP). La heredabilidad estimada en el presente trabajo es ligeramente mayor que la obtenida por de Alba y Kennedy ⁽²⁶⁾ al utilizar ganado Criollo Lechero (.07). Sin embargo, la mayoría de los estudios revisados encontraron estimaciones mayores de heredabilidad para esta característica, que oscilan entre .18 a .46 ^(27, 28, 29).

Intervalo inicio de empadre-parto (IIEP). A diferencia del presente estudio, los artículos revisados mostraron variabilidad genética para IIEP; de esta manera, el rango de valores fue de .09 a .39 ^(30, 31, 32).

Por otro lado, las estimaciones de repetibilidad para IIEP publicadas en otros estudios ^(30, 31, 32) son mayores (.23 a .26) que la obtenida en el presente trabajo.

Peso al nacimiento (PN). Algunos autores han publicado mayores estimaciones de heredabilidad que la encontrada en el presente estudio. Así, Meyer et al. ⁽³³⁾ mencionaron que la heredabilidad en Hereford y Wokalups fue de .43 y .52, respectivamente. Nobre et al. ⁽³⁴⁾ estimaron una heredabilidad de .46 en ganado Nellore. No obstante, en otros estudios se han encontrado estimaciones menores de heredabilidad para esta característica. De esta manera, Silva ⁽³⁵⁾ obtuvo una heredabilidad de .039 en ganado Nellore. Mazza ⁽³⁶⁾ encontró una heredabilidad de .15 en ganado Guzerat. Además, Dodenhoff et al. ⁽³⁷⁾ mencionaron que la heredabilidad obtenida en 9 razas *B. taurus* puras y 3 razas sintéticas fue de .11 a .34.

La repetibilidad para PN fue mayor que las estimaciones obtenidas por otros autores: Trail et al. ⁽³⁸⁾ en ganado Cebú (.18), Willis y Wilson ⁽³⁹⁾ y Plasse et al. ⁽⁴⁰⁾ en ganado Santa Gertrudis (.22 y .27, respectivamente).

Peso al destete ajustado a 205 días (PAJ205). La heredabilidad estimada para PAJ205 fue similar (.28) a la obtenida por Bennett y Gregory ⁽⁴¹⁾, al utilizar varias razas *B. taurus* puras. Sin embargo, Nobre et al. ⁽³⁴⁾ encontraron una heredabilidad de .51 en ganado Nellore. Por el contrario, algunos autores han publicado menores índices de herencia para esta característica. De esta manera, Silva ⁽³⁵⁾ mencionó que la heredabilidad en ganado Nellore fue de .084.

La repetibilidad para PAJ205 fue similar a la obtenida por Aarón et al. ⁽⁴²⁾ en ganado Santa Gertrudis (.30), pero mayor que las estimaciones publicadas por Dodenhoff et al. ⁽³⁷⁾ (.24 a .29) y Plasse et al. ⁽⁴⁰⁾ (.19), y menor que las encontradas por Trail et al. ⁽³⁸⁾ (.39) y Bennett y Gregory ⁽⁴¹⁾ (.46).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En conclusión, la magnitud de las estimaciones y de los errores estándar en las cuatro características evaluadas, fue similar en ambos modelos (efectos fijos y modelo animal). Al aumentar la cantidad de observaciones podría aumentar el nivel de significancia del efecto de la raza de la madre de las vacas a favor del Guzerat, para peso al nacimiento y peso al destete ajustado a 205 días, mediante un modelo animal. Las vacas Guzerat presentaron una mayor edad al primer parto que las vacas Criollo, Guzerat-Criollo y Criollo-Guzerat. Las hijas de madre Criollo tuvieron su primer parto 101 días antes que las hijas de madre Guzerat. Las hijas de padre Criollo fueron 152 días más jóvenes a su primer parto que las hijas de padre Guzerat. Se estimó una heterosis individual de -135 días para edad al primer parto. Para intervalo inicio de empadre-parto y peso al nacimiento, ninguno de los efectos de interés fue importante. Las vacas Criollo tuvieron crías más ligeras al nacimiento que las Criollo-Guzerat; mientras que las vacas Guzerat y Guzerat-Criollo tuvieron crías con pesos intermedios. Las vacas Criollo destetaron crías más ligeras que las vacas Guzerat, Guzerat-Criollo y Criollo-Guzerat. La raza del padre y la raza de la madre de las vacas no tuvieron un efecto importante para peso al destete ajustado a 205 días. Para esta característica, se estimó una heterosis materna de 12 Kg. La heredabilidad estimada fue de .11, .00, .38 y .28 para EPP, IIEP, PN y PAJ205, respectivamente. La repetibilidad fue de .09, .39 y .30 para IIEP, PN y PAJ205, respectivamente.

LITERATURA CITADA

1. Koeslay, H.J. y L.F. Orozco. 1983. Bovinos de carne. Manuales de educación agropecuaria. Segunda reimpresión. Editorial SEP/Trillas. México, D.F.
2. Olson, T. A. 1986. Florida Scrub Cattle: their history and plans for their preservation. 3rd World Congress on Genetics applied to livestock production. Lincoln, Nebraska, USA.
3. Ortiz, L.I.C. 1998. Conservación de los recursos genéticos criollos y su utilidad económica. IV Congreso iberoamericano de razas autóctonas y Criollas. Tampico, Tpas., Méx. p.p. 53.
4. Martínez, V.G. y B.M. Montaña. 1995. Efectos genéticos aditivos individuales y maternos y no aditivos individuales para sobrevivencia predestete y peso al destete en bovinos Criollo y Guzerat. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. México, D.F. p. 387.
5. Vázquez, H.E.A., V.G. Martínez y B.M. Montaña. 1997. Comportamiento reproductivo de vacas Guzerat y Criollo en cruzamiento dialélico. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, Ver. p. 168.
6. Rivera, A.U. 1998. Heterosis materna Criollo-Guzerat para algunas características reproductivas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.
7. Ríos, U. A., M. V. Vega, B. M. Montaña, L. J. Lagunes y F. J. V. Rosete. 1996. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman, Indobrasil y cruza F₁ Angus, Charolais, Hereford, y Suizo Pardo x Cebú y peso al destete de sus crías. Tec. Pec. Méx., 26. 386.
8. SAS. 1996. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, North Carolina. U.S.A.
9. Kriese, L.A., K.G. Boldman, L.D. Van Vleck, R. Núñez-Domínguez and S.D. Kachman. 1993. Models for multiple trait derivate-free REML programs. J. Anim. Sci. 71 (Suppl. 1): 38. Abstr.
10. Sheaffer, K. 1999. <http://www.aps.uoguelph.ca/~lrs/Animalz/>.

11. 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.
12. 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.
13. Luktuke, S.N. and P. Subramanian. 1961. Studies on certain aspects of the estrous phenomenon in Haryana cattle. *J. Reprod. and Fert.* 2:199.
14. Sacco R.E., J.F. Baker and T.C. Cartwright. 1987. Production characters of primiparus females of a five-breed diallel. *J. Anim. Sci.* 64:1612.
15. 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.
16. Reynolds, W.I., DeRouen T.M., Moin S., Koonce K.L. 1980. Factors influencing gestation length, birth weight and calf survival of Angus, Zebu and Zebu cross beef cattle. *J. Anim. Sci.* 51:860.
17. 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.
18. Franke, D.E. 1979. Brahman-British rotational crossbreeding: reproduction in the third generation. *J. Anim. Sci.* 49(Suppl. 1):157 (Abstr.).
19. 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.
20. Olson, T.A., F.M. Peacock and M. Koger. 1993. Reproductive and maternal performance of rotational, three-breed, and *Inter se* Crossbred cows in Florida. *J. Anim. Sci.* 71:2322.
21. Riley, G., J.O. Sanders, R.E. Knotson and D.K. Lunt. 2001. Comparison of F₁ *Bos indicus* x Hereford cows in central texas: I. Reproductive, maternal, and size traits. *J. anim. Sci.* 79: 1431.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

22. 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.
23. 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.
24. Crockett, J. R., M. Koger and D. E. Franke. 1978. Rotational crossbreeding of beef cattle: preweaning traits by generation. *J. Anim. Sci.* 46:1170.
25. Peacock, F.M., M. Koger, T.A. Olson and R.J. Crockett. 1981. Additive genetic and heterosis effects in crosses among cattle breeds of british, european and zebu origin. *J. Anim. Sci.* 52: 1007.
26. de Alba, J and B.W. Kennedy. 1994. Genetic parameters of purebred and crossbred Milking Criollos in tropical Mexico. *Anim. Prod.* 58: 159.
27. Bhadouria, S.S., K.S. Johar and S.N.S Parmar. 1986. Factors affecting age at first calving in Jersey cows. *Indian Veterinary Journal.* 63 (5): 383.
28. Franci, O, F. Panella, A. Acciaioli, F. Filippini, C. Pugliese, R. Bozzi and M. Lucifero. 1988. Estimates of genetic parameters for some reproductive traits in Chianina Beef cattle. *Anim. Breed. Abstr.* 66 (12).
29. Bourdon, R.M. and J.S. Brinks. 1982. Genetic environmental and fenotypic relationship among gestation length, birth weight, growth traits, and age at first calving in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 57: 1412.
30. Notter, D.R. 1988. Evaluating and reporting reproductive traits. *Proceedings of the beef Improvement Federation research symposium and annual meeting.* Albuquerque, N.M. 21.
31. Azzam, S.M. and M.K. Nielsen. 1987. Genetic parameters for gestation length, birth date and first breeding date in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 64: 348.
32. Buddenberg, B.J., C.J. Brown and A.H. Brown. 1990. Heritability estimates of calving date in Hereford cattle maintained on range under natural mating. *J. Anim. Sci.* 68: 70.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

33. Meyer, K, K. Hammond, P.E. Parnell, M.J. Mackinnon and S. Sivarajasingam. 1990. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian Beef cattle. *Livestock Prod. Sci.* 25: 15.
34. Nobre, P.R.C., A. Do N. Rosa and L.O.C. Da Silva. 1986. Effect of genetic and environmental factors on weights of Nellore cattle in Bahia State, Brazil. *Anim. Breed. Abstr.* 54 (9).
35. Silva, J.S. Da. 1986. Environmental and genetic effects on body weight at birth, 90 days and at weaning (205 days) in a herd of Nellore cattle in Mata de Pernambuco. *Anim. Breed. Abstr.* 54 (9).
36. Mazza, M.C.M. 1986. A study of maternal effects on growth to 1 year of age in a Guzerat herd. *Anim. Breed. Abstr.* 54 (4).
37. Dodenhoff, J, L.D. Van Vleck, and K.E. Gregory. 1999. Estimation of direct, maternal, and grandmaternal genetic effects for weaning weight in several breeds of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 840.
38. Trail, J.C.M., G.D. Sacker and I.L. Fisher. 1971. Crossbreeding beef cattle in Western Uganda. 3. Genetic analysis of body weight. *Anim. Prod.* 13:153.
39. Willis, M.B. and A. Wilson. 1974. Factors affecting birth weight of Santa Gertrudis calves. *Anim. Prod.* 18:231.
40. Plase, D., M. Koger y O.G. Verde. 1968. Estimación de parámetros genéticos para crecimiento prenatal y posnatal en Santa Gertrudis. *A.L.P.A. Mem.* 3:103.
41. Bennett, L.G and K.E. Gregory. 1996. Genetic (Co) variances among birth weight, 200-Day weight, and postweaning gain in composites and parental breeds of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 74: 2598.
42. Aarón, F.A., F.A. Trift and N.R. Farsi. 1988. Repeatability of maternal performance traits in Santa Gertrudis cattle. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 1):7. (Abstr).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

1. La magnitud y precisión de las estimaciones en las cuatro características evaluadas, fueron similares al utilizar un modelo con efectos fijos y un modelo mixto.
2. El aumentar la cantidad de observaciones podría incrementar el nivel de significancia del efecto de la raza de la madre de las vacas en favor del Guzerat, mediante un modelo animal.
3. Las vacas Guzerat presentaron una mayor edad al primer parto que las vacas Criollo, Guzerat-Criollo y Criollo-Guzerat.
4. Las hijas de madre Criollo tuvieron su primer parto 101 días antes que las hijas de madre Guzerat.
5. Las hijas de padre Criollo fueron 152 días más jóvenes a su primer parto que las hijas de padre Guzerat
6. Se estimó una heterosis individual de -135 días para edad al primer parto.
7. Para intervalo inicio de empadre-parto y peso al nacimiento, ninguno de los efectos de interés resultó importante.
8. Las vacas Criollo tuvieron las crías más ligeras al nacimiento que las vacas Criollo-Guzerat.
9. Las vacas Criollo destetaron las crías más ligeras que las vacas Guzerat, Guzerat-Criollo y Criollo-Guzerat.
10. La raza del padre y la raza de la madre de las vacas no tuvieron un efecto significativo para peso al destete ajustado a 205 días.
11. Se estimó una heterosis materna de 12 Kg. para peso al destete ajustado a 205 días.
12. La heredabilidad estimada fue de .11, .00, .38 y .28 para EPP, IIEP, PN y PAJ205, respectivamente.
13. La repetibilidad fue de .09, .39 y .30 para IIEP, PN y PAJ205, respectivamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

REFERENCIAS

1. Koeslay, H.J. y L.F. Orozco. 1983. Bovinos de carne. Manuales de educación agropecuaria. Segunda reimpresión. Editorial SEP/Trillas. México, D.F.
2. Olson, T. A. 1986. Florida Scrub Cattle: their history and plans for their preservation. 3rd World Congress on Genetics applied to livestock production. Lincoln, Nebraska, USA.
3. Martínez, V.G. 1993. Tipos de ganado bovino en los trópicos. Producción bovina tropical. Editado por la S.A.R.H. Nayarit, México.
4. Martínez, V.G. y B.M. Montaño. 1995. Efectos genéticos aditivos individuales y maternos y no aditivos individuales para sobrevivencia predestete y peso al destete en bovinos Criollo y Guzerat. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. México, D.F. p. 387.
5. Vázquez, H.E.A., V.G. Martínez y B.M. Montaño. 1997. Comportamiento reproductivo de vacas Guzerat y Criollo en cruzamiento dialélo. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, Ver. p. 168.
6. Rivera, A.U. 1998. Heterosis materna Criollo-Guzerat para algunas características reproductivas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.
7. 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.
8. Albaugh, R. and H.T. Strong. 1972. Breeding yearling beef heifers. California Agr. Exp. Sta. Circ. 433.
9. Núñez-Domínguez, R., L.V. Cundiff, G.E. Dikerson, 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.
10. Burris, M.J. and B.M. Priode. 1958. Effect of calving date on subsequent calving performance. J. Anim. Sci. 17:527.
11. 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.

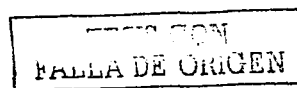
12. Koger, M., J.S. Mitchell, R.W. Kidder, W.C. Burns, J.F. Hentges and A.C. Warnick. 1967. Factors influencing survival in beef calves. *J. Anim. Sci.* 26:205 abs.
13. Navarro, H. J. A. 1982. Algunos factores que afectan el peso al nacer, la ganancia diaria predestete y el peso al destete en el ganado Guzerat. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.
14. Comerford, J.W. J.K. Bertrand, L.L. Benyshek and M.H. Johnson. 1987. Reproductive rates, birth weight, calving ease and 24-h calf survival in a four-breed diallel among Simmental, Limousin, Polled Hereford and Brahman beef cattle. *J. Anim. Sci.* 64:65.
15. Preston, T.R. y M.B. Willis. 1974. Producción intensiva de carne. Primera Edición. Traducción al castellano por T.R. Preston. Ed. Diana. S.A. México. 6:297.
16. 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.
17. 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.
18. 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.).
19. Wiltbank, J.N., K.E. Gregory, L.A. Swinger, 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.
20. Chase C.C. Jr, Hammond C.A., Olson A.T., Murphy N.C., Tewolde A. And Griffin L.J. 1998. Evaluation of Romosinuano in the subtropics. IV Congreso iberoamericano de razas autóctonas y Criollas. Tampico, Tpas., Méx. P.p. 118.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

21. Landreneau, M.K., P.E. Humes and R.F. Bracy. 1977. Breed effects on puberty of exotic beef heifers. Louisiana State University, Livestock Producer's Day Report. 17:76
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Ríos, U. A., M. V. Vega, B. M. Montaña, L. J. Lagunes y F. J. V. Rosete. 1996. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman, Indobrasil y cruzas F₁ Angus, Charolais, Hereford, y Suizo Pardo x Cebú y peso al destete de sus crías. Tec. Pec. Méx., 26. 386.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. Berger, P.J., A.C. Cubas, K.J. Koehler and M.H. Healey. 1992. Factors affecting dystocia and early calf mortality in Angus cows and heifers. *J. Anim. Sci.* 70:1775.
 32. Ávila, M.C.A. 1984. Evaluación del comportamiento productivo hasta el destete de ocho genotipos de bovinos de carne en el sur de Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Méx.
 33. Olson, T.A., F.M. Peacock and M. Koger. 1993. Reproductive and maternal performance of rotational, three-breed, and *Inter se* Crossbred cows in Florida. *J. Anim. Sci.* 71:2322.
 34. Riley, G., J.O. Sanders, R.E. Knotson and D.K. Lunt. 2001. Comparison of F₁ *Bos indicus* x Hereford cows in central Texas: I. Reproductive, maternal, and size traits. *J. anim. Sci.* 79: 1431.
 35. 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. Prewaning traits. *J. Anim. Sci.* 47: 1031.
 36. Cundiff, L. V., R. Núñez-Domínguez, G. E. Dickerson, K. E. Gregory and R. M. Koch. 1992. Heterosis for lifetime production in Hereford, Angus, Shorthorn, and crossbred cows. *J. Anim. Sci.* 70:2397.
 37. Alenda R., T.G. Martin, J.F. Lasley and M.R. Eilersieck. 1980. Estimation of genetic and maternal effects in crossbred cattle of Angus, Charolais and Hereford parentage. I. Birth and weaning weights. *J. Anim. Sci.* 50:226.
 38. 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.
 39. Koger, M., F.M. Peacock, W.G. Kirk and R.J. Crockett. 1975. Heterosis effects on weaning performance of Brahman-Shorthorn calves. *J. Anim. Sci.* 40:826.
 40. Crockett, J. R., M. Koger and D. E. Franke. 1978. Rotational crossbreeding of beef cattle: preweaning traits by generation. *J. Anim. Sci.* 46:1170.

41. 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. *J. Anim. Sci.* 47:1246.
42. Peacock, F.M., M. Koger, T.A. Olson and R.J. Crockett. 1981. Additive genetic and heterosis effects in crosses among cattle breeds of british, european and zebu origin. *J. Anim. Sci.* 52: 1007.
43. 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.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. Dearborn, D. D., K. E. Gregory, L. V. Cundiff and R. M. Koch. 1987. Maternal heterosis and grandmaternal effects in beef cattle: Prewaning traits. *J. Anim. Sci.* 65:1206.
48. Franke, D.E. 1979. Brahman-British rotational crossbreeding: reproduction in the third generation. *J. Anim. Sci.* 49(Suppl. 1):157 (Abstr.).
49. 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.
50. 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.
51. Falconer, D.S. 1986. Introducción a la genética cuantitativa. Editorial Continental. 2a. ed. México.



52. Slinger, W.D. and B.G. Lewis. 1986. Including pedigree relationships in beef sire evaluation. *J. Anim. Sci.* 62:1563.
53. Van Vleck, L.D. 1993. Selection index and introduction to mixed model methods. CRC pres Inc. Florida, USA.
54. Misztal, I., T.J. Lawlor and T.H. Short. 1993. Implementation of single- and multiple- trait animal models for genetic evaluation of Holstein type traits. *J. Dairy Sci.* 76:1421.
55. Henderson, C.R. 1949. Estimation of changes in herd environment. *J. Dairy Sci.* 32:706.
56. Henderson, C.R. 1975. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics.* 31: 423.
57. Henderson, C.R. and R.L. Quaas. 1976. Multiple trait evaluation using relatives records. *J. Dairy Sci.* 43: 1188.
58. Quaas, R.L. and Pollack E.J. 1980. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *J. Anim. Sci.* 51 (6): 1277.
59. Van Vleck, L.D y R. Núñez-Domínguez. 1992. Evaluaciones genéticas de toros y vacas lecheras con el Modelo Animal. *Agrociencia. Serie Ciencia Animal.* 2:33.
60. Wiggans, G.R., I. Misztal and L.D. Van Vleck. 1988. Proc. of the Animal Model Workshop. *J. Dairy Sci.* 71 (Supplement 2): 115.
61. Cassel, B.G. 1988. What extention workers need to tell dairy farmers. Proc. of the Animal Model Workshop. *J. Dairy Sci.* 71 (Supplement 2): 85.

TESIS CON
EVALUACION DE ORIGEN

Anexo 1. Valores iniciales para el análisis de edad a primer parto (EPP), intervalo inicio de empadre-parto (IIEP), peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 205 días (PAJ205).

EPP			IIEP				PN				PAJ205			
σ^2_A	σ^2_e	$-2 \log L$	σ^2_A	σ^2_{IP}	σ^2_e	$-2 \log L$	σ^2_A	σ^2_{IP}	σ^2_e	$-2 \log L$	σ^2_A	σ^2_{IP}	σ^2_e	$-2 \log L$
31448.4	29029.3	1540.485	269.8	15.0	421.9	1989.791	4.8	5.0	11.0	899.710	282.8	140.7	287.8	1385.221
14914.9	17508.8	1540.485	193.7	48.4	498.1	1989.795	5.6	5.1	10.5	899.710	209.0	50.0	320.0	1385.221
24191.1	36286.6	1540.485	193.7	20.8	498.1	1989.801	11.1	0.6	4.1	899.710	400.8	20.0	107.9	1385.221
12815.1	26018.5	1540.485	166.0	30.0	525.7	1989.791	9.9	0.9	4.8	899.710	344.1	40.0	131.2	1385.221
7707.7	30830.8	1540.485	110.7	48.4	581.0	1989.791	8.5	1.8	6.6	899.710	71.1	135.7	361.8	1385.221
5010.0	33528.5	1540.485	76.1	48.4	615.6	1989.791	14.6	1.2	11.0	899.710	124.4	50.5	371.7	1385.221
2419.1	58058.4	1540.485	27.7	48.4	664.0	1989.791	15.0	1.4	10.8	899.710	178.8	94.7	236.7	1385.221

46

TRSIS CON
 F...
 DE ORIGEN