



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

---

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA  
PRODUCCION Y DE LA SALUD ANIMAL

(PRODUCCION DE LECHE DE VACAS CRIOLLO, GUZERAT  
Y SUS CRUZAS RECIPROCAS Y SU RELACION  
CON EL CRECIMIENTO DE LAS CRIAS)

## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

**AURELIO BORRAYO ZEPEDA**

TUTOR: DR. MOISES MONTAÑO BERMUDEZ

COMITE TUTORAL:

DR. FELIPE DE JESUS RUIZ LOPEZ  
DR. HUGO MONTALDO VALDENEGRO

AJUCHITLAN, QRO. 2005



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 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.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Aurelio Bosquez  
zepeda

FECHA: 12 Oct 2005

FIRMA: 

## CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.	2
RESUMEN.	3
INTRODUCCIÓN.	4
REVISIÓN DE LITERATURA.	
Método de medición de la producción de leche.	6
Estimación de la curva de lactancia.	9
Producción de leche y su relación con la ganancia de peso predestete.	12
Factores que influyen la producción de leche y la curva de lactancia.	
Edad de la vaca.	15
Año y época o mes de parto.	16
Sexo de la cría.	17
Peso al nacimiento de la cría.	17
Heterosis individual.	18
MATERIALES Y MÉTODOS.	
Descripción y origen de la información.	20
Estimación de la producción de leche.	20
Análisis estadístico.	22
RESULTADOS.	24
DISCUSIÓN.	27
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA.	34
APENDICE.	48

## Lista de cuadros y figuras

Cuadro No.		Pagina
1.-	Significancia estadística de las fuentes de variación del análisis de varianza de las características de la lactancia.....	39
2.-	Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de las características de la lactancia por raza de padre y madre de la vaca, efectos directos y maternos.....	40
3.-	Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de las características de la lactancia por grupo genético y heterosis individual.....	41
4.-	Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de los parámetros de la curva de lactancia por grupo genético.....	42
5.-	Significancia estadística de las fuentes de variación del análisis de varianza de peso al nacimiento y peso ajustado a 210 días.....	43
6.-	Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de peso al nacimiento y peso ajustado a 210 días por raza de padre y madre de la vaca, efectos directos y maternos.....	44
7.-	Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de peso al nacimiento y peso ajustado a 210 días por grupo genético y heterosis individual.....	45
8.-	Estimadores y errores estándar de la regresión del peso ajustado a 210 días sobre la producción total por lactancia.....	46.

Figura No.		Pagina
1.-	Curvas de lactancia por grupo genético.....	47

## RESUMEN

Para estimar el efecto de raza del padre y de la madre de las vacas y la heterosis individual y materna, para la producción total de leche (PTL), producción máxima en lactancia (PML), día de máxima producción (DMP), persistencia de lactancia (PER) de vacas provenientes de cruzamiento Criollo-Guzerat, el peso al nacimiento (PN) y peso ajustado a 210 días de sus crías (PA210), se utilizaron 208 registros de producción, obtenidos de 134 vacas (64 Guzerat, 34 Criollo, 12 Guzerat x Criollo y 24 Criollo x Guzerat), entre 2001 y 2003, en el Campo Experimental "El Verdineño". Para generar las crías cruzadas de 2 y 3 razas se utilizaron sementales Angus, Simmental, Suizo Pardo y Holstein. Las vacas y sus crías se mantuvieron en pastoreo en praderas de pasto llanero (*Andropogon gallanus*), los becerros permanecieron con sus madres hasta el destete a los 7 meses de edad. Para medir la producción de leche en 24 horas se utilizó la técnica de pesaje del becerro antes y después del amamantamiento. Se realizaron 6 mediciones con un periodo de separación de 28 días. Mediante la ecuación de Jenkins  $Y(n)=n/ae^{km}$  se estimó PML, DMP, PER y PTL. Las variables estudiadas se analizaron con modelos mixtos utilizando el procedimiento mixed de SAS. El modelo incluyó los efectos fijos de raza de padre, raza de la madre, año de parto, época de parto, número de parto, sexo de la cría, la covariable peso al nacimiento de la cría y la interacción de dos factores. Las hijas de padre Guzerat produjeron  $106 \pm 36$ ,  $0.51 \pm .17$  y  $0.62 \pm 0.27$  kg más ( $p < .05$ ) de leche en PTL, PDLy PML que las hijas de padre Criollo; además se estimó una heterosis individual de  $147 \pm 44$ ,  $.70 \pm .21$  y  $0.81 \pm 0.32$  kg ( $p < .05$ ). 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 DMP y PER. Las hijas de padre Guzerat produjeron becerros que pesaron  $2.9 \pm .7$  y  $21.6 \pm 4$  kg más ( $p < .05$ ) al PN y PA210 que las hijas de padre Criollo; además se estimó una heterosis materna de 14 kg ( $p < .05$ ) para PA210. La correlación y el coeficiente de regresión entre PA210 y PTL fueron de .44 y .026 ( $p < .05$ ) respectivamente.

## INTRODUCCIÓN

En México todavía existen algunos núcleos de ganado bovino Criollo, descendiente del ganado que se introdujo durante la conquista. Este ganado se caracteriza por presentar una gran resistencia a condiciones ambientales adversas, no obstante, la falta de información ha provocado que el Criollo sea paulatinamente substituido por animales de tipos raciales mejorados (Ortiz, 1988).

Para lograr la mayor eficiencia posible en la producción animal es necesario combinar en forma adecuada los recursos genéticos con el ambiente en que se realiza el proceso de producción. Esto significa que es necesario encontrar la combinación de razas que mejor se adapte a las condiciones de producción de cada región, sin embargo, es importante también que los ganaderos utilicen de la mejor manera los recursos genéticos a los que tienen acceso de manera sencilla. Las vacas Criollas del campo experimental el Verdineño han tenido mayores tasas de gestación, parición y destete que las Guzerat, en 11, 13 y 17% respectivamente, y producen 22.5 kg más de becerros destetados por vaca empadrada que las Guzerat (Rivera et al., 1995; Vázquez et al., 1997). Estos resultados sugieren que el ganado Criollo puede ser una mejor opción que el Guzerat, y muy posiblemente que la mayoría de las razas de *Bos Indicus*, como raza materna en los esquemas de producción de novillos para la engorda. Sin embargo, todavía falta información para tener una adecuada caracterización del ganado Criollo de Nayarit, saber que es lo que se puede esperar de este ganado

desde el punto de vista productivo y determinar de manera definitiva el papel que puede jugar en los sistemas de producción de carne de bovino.

En los sistemas de producción de ganado de carne, la sobrevivencia y desarrollo del becerro depende en alto grado del ambiente materno. El componente más importante de ese ambiente es la nutrición recibida a través de la leche (Clutter y Nielsen, 1987). Las diferencias en producción de leche tienen una gran influencia sobre la tasa de crecimiento predestete, (Boggs et al., 1980), el peso al sacrificio y el peso de la canal (Clutter y Nielsen, 1987).

La predicción de las curvas de lactancia en vacas de diferentes genotipos, puede ayudar para definir las estrategias de manejo y las combinaciones raciales para mejorar la eficiencia de producción vaca/becerro. (Ramírez et al., 1998).

Los objetivos planteados para el presente trabajo son: Estimar efectos de la raza del padre y de la madre de las vacas y la heterosis para la producción total por lactancia, producción máxima en lactancia, día de máxima producción y persistencia de la lactancia de vacas provenientes de un experimento de cruzamiento Criollo-Guzerat, además del peso al nacimiento y peso ajustado a 210 días de sus crías, y estimar la relación entre el peso ajustado a 210 días y la producción total por lactancia.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE

Las diferencias en producción de leche (PL) estimada durante la lactancia en diferentes estudios, muchas veces están relacionadas con las técnicas de medición utilizadas, por lo que las comparaciones entre diferentes estudios para evaluar la PL de razas o genotipos para carne, deben hacerse considerando la metodología usada para la medición de la PL.

La PL de vacas para carne se ha medido bajo condiciones experimentales, utilizando dos técnicas y combinaciones de ellas. Las técnicas básicas son la del pesaje del becerro antes y después del amamantamiento (PAP), el ordeño mecánico y el ordeño manual. Neidhardt et al. (1979) estimaron la producción de leche de vacas Brahman utilizando el ordeño manual previa aplicación de oxitocina y el PAP; la producción de leche obtenida por ordeño manual fue 29% menor ( $p < .05$ ) que la obtenida por PAP.

Mondragón et al. (1983) midieron la producción de leche a las 6, 14 y 22 semanas posparto de vacas puras y cruzadas de distintas razas, compararon el PAP y el ordeño mecánico, el tiempo de separación previo a cada prueba fue de 6 horas. Obtuvieron estimaciones de producción de leche más altas con el PAP que con ordeña mecánica, aunque fueron mayores también los errores estándar, los autores lo atribuyen a que pudo haber errores de medición en los pesajes de los becerros.

En general, parece ser que el PAP puede ser un método apropiado para medir la producción de leche y poder cuantificar las diferencias entre grupos genéticos. Rutledge et al. (1971) y Williams et al. (1979) mencionan que el método más frecuentemente usado para estimar la producción de leche en bovinos carne es el PAP. Este método intenta mantener condiciones similares a las que el becerro consume leche.

En términos generales, esta técnica involucra la separación del becerro de la vaca durante un tiempo determinado y el pesaje individual del becerro antes y después del amamantamiento. La diferencia en los dos pesos es la medición de la producción de leche para ese periodo. Se han utilizado algunas variaciones en el método PAP, principalmente en el tiempo de separación del becerro antes de tomar la muestra y el número de mediciones tomadas en la lactancia.

Williams et al, (1979), utilizando el PAP estimaron la producción de leche de vacas Hereford, evaluaron intervalos de separación vaca – becerro de 4, 8 y 16 horas y los resultados fueron de 9.2, 7.6 y 5.9 kg de leche por día, respectivamente. Encuentran que el intervalo de separación de la vaca y su becerro influye en la estimación de la producción. Uno de los criterios utilizados para escoger el mejor intervalo de separación fue la correlación entre la cantidad de leche estimada y la ganancia de peso del becerro. La correlación entre producción de leche y ganancia de peso del becerro más alta (.46) se obtuvo con intervalos de separación de 8 horas. Observaron que el grupo de vacas que se mantuvo separado por 16 horas se mostró visiblemente molesto.

Chenette y Frahm (1981) compararon períodos de separación vaca-becerro de 6, 9 y 12 horas en vacas cruzadas para carne con ordeño mecánico. En las vacas del grupo con 6 horas de separación, la estimación de PL por día fue de 1.04 kg más alta ( $p < .05$ ) que la de las vacas del grupo con 12 horas de separación, siendo intermedio el grupo de 9 horas. Lo anterior indica que una mayor cantidad de leche es producida en las primeras horas de separación.

En general, parece que dos estimaciones consecutivas y períodos de 12 horas de separación vaca-becerro puede ser el esquema más apropiado para estimar la PL por día (Rutledge et al., 1971; Gaskins y Anderson, 1980; Mezzadra et al., 1989).

Day et al. (1987) compararon la conducta de amamantamiento del becerro en vacas con distinto potencial de producción de leche y encontraron que los becerros tienden a mamar con mayor frecuencia durante la mañana entre las 5 y 8 am y por la tarde entre las 6 y 8 pm.

El tiempo de separación ha fluctuado de (4 a 20 horas) y el número de mediciones tomadas en la lactancia, ha variado desde dos hasta 9 (Reynolds et al., 1973; Boggs et al., 1980; Jenkins y Ferrel, 1984; Daley et al., 1987; Lubritz et al., 1989; Beal y Notter, 1990; Green et al., 1991; Jenkins y Ferrel, 1992; Mallinckrodt et al., 1993; Jenkins et al., 2000). Rutledge et al. (1972) recomiendan 2 o 3 mediciones durante la lactancia. Clutter y Nielsen (1987) concluyen que tres mediciones durante la lactancia pueden estimar satisfactoriamente la PL a los 205 días, y de ser posible una medida adicional temprana puede hacer más exacta la estimación del pico de producción.

En general el periodo de separación vaca-becerro y el número de mediciones realizadas en lactancia más utilizados, es la separación intermedia (12 horas) y la medición mensual.

### **ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA**

El término "curva de lactancia" se refiere a la representación gráfica de las relaciones entre la PL y el tiempo transcurrido después del parto (Papajcsik y Boderó, 1988). Wood (1976) menciona que las curvas de lactancia se caracterizan por un rápido incremento durante las primeras semanas después del parto, seguido por una lenta declinación. Sin embargo, para algunas razas de bovinos en ciertos ambientes, el incremento de la PL durante las primeras semanas después del parto seguido por una lenta declinación no está plenamente demostrado.

La curva de lactancia puede ser descrita por coeficientes de una ecuación matemática (Grossman et al., 1986). Algunas de las consideraciones para la utilización de una determinada ecuación y procedimiento, deben tomar en cuenta la mayor sencillez posible que represente las tendencias de los datos observados para determinadas condiciones. Algunas medidas han sido utilizadas para representar partes de la curva que tienen importancia biológica y económica, como el tiempo en alcanzar la máxima producción, la máxima producción en el pico de lactancia y la persistencia o relación de la PL en determinados periodos de la lactancia.

Las curvas de lactancia son importantes puesto que los requerimientos de energía de la vaca cambian conforme transcurre la lactancia y también debido a su potencial genético lechero (Montaño et al., 1990).

La mayoría de los modelos matemáticos propuestos para describir la curva de lactancia, han sido desarrollados y probados en vacas lecheras. En ganado de carne, pocas ecuaciones han sido desarrolladas con fines de estimar curvas de lactancia, Jenkins y Ferrell (1984) propusieron una modificación a la ecuación de Wood para su utilización en bovinos carne. Otro de los modelos propuestos para bovinos carne fue utilizado a nivel experimental por Clutter y Nielsen (1987). Con base en que la PL diaria incrementa hasta llegar a un pico, para posteriormente decrecer hasta el final de la lactancia, se consideró que teóricamente una función cuadrática junto con una función lineal, describen adecuadamente la PL sobre el periodo entero. El procedimiento consistió en realizar regresiones dentro de vaca para la PL diaria y estimar la PL durante la lactancia. Las ecuaciones fueron utilizadas en vacas Hereford x Angus, Red Poll x Angus y Shorthorn x Angus, concluyendo que esta técnica es adecuada para estimar la PL de vacas para carne.

Algunos investigadores consideran que la curva de lactancia de ganado de carne, puede ajustarse a modelos lineales. Gaskins y Anderson (1980) estimaron curvas de lactancia mediante ecuaciones de regresión lineal simple ( $y_t = a + bt$ ) y adicionando un término cuadrático en el modelo ( $Y_t = a + bt + ct^2$ ), concluyendo que el modelo de regresión simple da una buena estimación para las curvas de lactancia de vacas con baja PL (Angus x Hereford de 2 años de edad), y que el modelo

polinomial adicionando un término cuadrático es adecuado para vacas de mayor producción (Jersey x Angus, Simmental x Angus y Angus x Hereford de más de tres años de edad).

Algunas ecuaciones se han comparado para estimar la producción total de leche por lactancia en ganado productor de carne. Hohenboken et al. (1992) utilizando cuatro diferentes ecuaciones para estimar la producción de leche en bovinos carne, obtuvieron resultados similares en la estimación de producción de leche a 220 días: 1) Wood  $\log Y(n) = \log a_1 + b_1 \log n - c_1 n$ ; 2) Wood ponderada cada  $\log Y(n)$  de la ecuación 1, ponderada por  $Y(n)^2$ ; 3) Jenkins  $\log Y(n)/n = \log 1/a_3 - k_3 n$  y 4) Morant  $\log Y(n) = a_4 - b_4 n (1 + k_4 n) + c_4 n^2 + d_4/n$ .

Jenkins y Ferrell (1982) compararon cuatro ecuaciones: 1) gama  $Y_t = at^b \exp(ct)$ ; 2) inversa polinomial  $Y_t = t(b_0 + b_1 t + b_2 t^2)^{-1}$ ; 3) parabólica exponencial  $Y_t = t \exp(b_0 + b_1 t + b_2 t^2)$  y 4) Jenkins y Ferrell  $Y_t = t/(a \exp(kt))$ . Concluyen que su método fue el más preciso, basados en los coeficientes de determinación.

Respecto al utilizar procedimientos no lineales o lineales para estimar parámetros en curvas de lactancia, Ramirez et al. (1988), utilizando cuatro ecuaciones Wood  $Y_t = at^b e^{-ct}$ , Brody  $Y_t = ae^{-ct}$ , Jenkins y Ferrells  $Y_t = t/ae^{ct}$  y Sikka  $Y_t = ae^{(bt+ct^2)}$ , comparó los dos procedimientos en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruza recíprocas. Observaron una reducción de los cuadrados medios de los residuales por genotipo y ecuación, de los procedimientos no lineales para estimar las curvas de lactancia, respecto de los procedimientos lineales. Concluyen que los procedimientos no lineales son mejores que los linealizados, para estimar los parámetros que caractericen las curvas de lactancia.

La ecuación de Jenkins y Ferrell ha sido utilizada por diferentes autores (Marston et al., 1992; Green et al., 1991; Jenkins y Ferrell, 1992; Quiroz et al., 1992; Mallinckrodt et al., 1993). En base de lo anterior, parece que la ecuación de Jenkins es la más adecuada para utilizarse en bovinos productores de carne.

### **PRODUCCIÓN DE LECHE Y SU RELACIÓN CON LA GANANCIA DE PESO PREDESTETE.**

En bovinos productores de carne, la estimación de la producción de leche no es una práctica que se realice en sistemas de producción comercial, sin embargo, muchos trabajos experimentales han sido realizados debido a su estrecha relación con el peso al destete de los becerros (Ramírez et al., 1998).

Daley et al. (1987) estimaron la producción de leche a los 60, 105 y 150 días posparto, utilizando el pesaje-amamantamiento-pesaje (PAP), en vacas Bos Taurus y Bos Indicus x Bos Taurus. El grupo Angus x Hereford obtuvo la producción mas alta de leche en 24 horas (9.77 kg) al día 60 posparto. El grupo Angus x Charolais obtuvo la producción de leche más alta al día 105 posparto, mientras que el grupo Brahman x Hereford obtuvo la más baja. las cruzas con Bos Indicus fueron las mas bajas significativamente al principio de la lactancia y no encontraron diferencias significativas al final de la lactancia entre las cruzas de Bos Indicus y todas las Bos Taurus.

Gaskins y Anderson (1980) estimaron producciones de leche de 5.8, 7.7 y 7.7 kg/día en vacas Angus x Hereford, Jersey x Angus y Simmental x Angus, la

tendencia de la producción de leche después del parto fue lineal para el grupo de Angus x Hereford y curvilínea para Jersey x Angus y Simmental x Angus.

Green et al. (1996) evaluaron las curvas de lactancia de vacas F1 de madres Angus o Hereford con padre Brahman, Sahiwal, Pinzgauer, Angus o Hereford. La diferencia más notable en esas curvas fue entre la craza de Pinzgauer y los otros tres grupos. La craza de Brahman obtuvo la estimación más alta en la producción diaria de leche, seguido por las cruzas de Pinzgauer y Sahiwal.

Kress et al. (1996) con vacas Hereford, Tarentaise y sus cruzas recíprocas y utilizando el (PAP) estimaron la producción de leche a los días 40 y 120 posparto. La producción de leche a los 40 días fue de 8.8, 10.6 y 10.8 kg/día para los grupos Hereford, Tarentaise y su craza recíproca respectivamente y la producción a los 120 días fue de 8.1, 11.6 y 10 kg/día. Las vacas Tarentaise produjeron mas leche (3.0 kg/día en promedio) que las Hereford.

Quiroz et al. (1994) menciona que el efecto del grupo genético de la vaca resultó significativo para la producción máxima en lactancia, producción total por lactancia y producción diaria y no significativo para el día de máxima producción y persistencia de la lactancia, en vacas Bos Indicus y Bos Taurus x Bos Indicus.

Por otra parte, Beal et al. (1990) estimando la producción de leche de vacas Angus y Angus x Holstein al día 50, 95, 136 y 179 días posparto utilizando el PAP obtuvieron una correlación de .76 entre la producción de leche y la ganancia predestete de sus crías. Estimando la producción de leche al día 66, 123 y 187 utilizando ordeña mecánica previa aplicación de oxitocina, la correlación no fue diferente ( $p > .50$ ) comparada con la estimada utilizando el PAP.

Clutter y Nielsen (1987) estudiaron tres grupos de vacas similares en crecimiento y talla adulta, pero diferentes en potencial genético para proveer leche a sus crías; indican que la correlación de .60 entre el consumo de leche y la ganancia predestete de los becerros decrece hasta .11 conforme progresa la lactancia.

Mallinckrodt et al. (1993) observaron una correlación entre la producción de leche a 205 días no ajustada por la edad de la vaca y el peso a 205 días de sus crías de .39 en vacas Polled Hereford y de .35 en vacas Simmental.

Williams et al. (1979) durante dos periodos de estimación de producción de leche, el primero del día 7 al 21 posparto y el segundo del 28 al día 56 posparto, utilizando el PAP en tres diferentes intervalos de separación vaca becerro (4, 8 y 16 horas) encontraron una correlación entre la ganancia de peso predestete y la producción de leche de .27, .46 y .45 respectivamente para 4, 8 y 16 horas de estimación, con vacas Hereford.

En general son muy evidentes las diferencias en producción de leche entre los grupos genéticos de bovinos productores de carne y se puede observar que frecuentemente las hembras cruzadas producen mayor cantidad de leche que las hembras no cruzadas. Las correlaciones que se reportan entre el crecimiento predestete de los becerros y la producción de leche de sus madres, son positivas y han fluctuado bajo diferentes condiciones ambientales y técnicas de estimación utilizadas.

## **FACTORES QUE INFLUYEN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA CURVA DE LACTANCIA**

**EDAD DE LA VACA.**- Gregory y Cundiff (1992) utilizaron 9 razas que contribuyeron a formar tres poblaciones compuestas, para evaluar la producción de leche, encontrando que el efecto de la edad de la vaca sobre la producción de leche fue significativo, las medias de cuadrados mínimos para producción de leche fue de 5.1, 5.5 y 4.9 kg /12 horas, para vacas de 3, 4 y  $\geq 5$  años de edad respectivamente.

Neville et al. (1974) encontraron diferencias en PL para vacas Hereford de diferente edad, generando factores de corrección promedio de 1.27, 1.15, 1.05, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0 y 1.03; para edades de 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 años, respectivamente Lubritz et al. (1989) con vacas Hereford, señalan que la edad de la vaca tuvo un efecto curvilíneo significativo, incrementando la producción total por lactancia de 2 hasta 5 años de edad, pero no difiere para vacas de 6 a 10 años de edad. Reynolds et al. (1978) evaluaron la producción de leche de vacas Angus, Brahman, Brangus y Africander x Angus, obteniendo una regresión lineal significativa ( $p < .05$ ) de la producción total por lactancia sobre la edad de la vaca.

Por otra parte, Rutledge et al. (1972) obtuvieron una regresión lineal positiva significativa para la edad de la vaca, pero la correlación entre el valor predicho y observado de la producción de leche fue alterado solamente en tres decimales, concluyendo que esos resultados indican una forma similar de la curva de lactancia para varias edades de las vacas Hereford.

Hohenboken et al. (1992) no encontraron diferencias ( $p > .05$ ) entre edades de las vacas (2, 3, 4, 5 y 6 años), para la estimación del día al pico máximo de producción ni para la producción al pico en vacas Angus y  $\frac{3}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Holstein.

En general, existen evidencias claras que muestran que la edad o número de parto de la vaca tiene un efecto importante en la PL. La mayoría de los trabajos indican que el efecto es cuadrático, con incrementos lineales importantes en la producción aproximadamente hasta los 5 años de edad (tercero o cuarto parto) y pequeñas disminuciones después de 9 años de edad (sexto parto).

**AÑO Y ÉPOCA O MES DE PARTO.**- Clutter y Nielsen (1987), Kress et al. (1996), Lubritz et al. (1989) y Mallinckrodt et al. (1993) mencionan que el año influye significativamente en la cantidad de leche producida en ganado de carne. Jenkins y Ferrell (1992) indican que el efecto del año fue significativo para la producción de leche a 210 días, el día de máxima producción y la producción máxima en lactancia, en nueve razas de bovinos carne. Por otra parte, Reynolds et al. (1978) observaron una variación altamente significativa en la producción de leche de vacas Angus, Brahman, Brangus y Africander-Angus, afectada por la época de parto y una variación menor afectada por el año.

La evidencia del efecto de año y época o mes de parto en ganado bovino, indican que estos influyen en la forma de la curva de lactancia, y por lo tanto en su producción total.

Las diferencias entre años no son repetibles y sólo son incluidas para remover variabilidad. En el caso de las diferencias entre épocas o meses en que las vacas

tienen su parición, estas son específicas para el ambiente en estudio, por lo cual muchas veces no son extrapolables a otras condiciones ambientales.

**SEXO DE LA CRÍA.-** Mezzadra et al. (1989) muestran que el análisis de varianza del consumo de leche fue afectado por el sexo del becerro ( $p < .05$ ), en vacas de padre Angus y Charolais y de madre Angus x Hereford y Hereford x Angus. Daley et al. (1987) con ocho tipos de razas Bos Taurus y Bos Taurus x Bos Indicus concluyeron que el efecto del sexo del becerro influyó significativamente en la producción de leche, los becerros machos recibieron mas leche que las hembras.

Por el contrario, Chenette y Frahm (1981), Lubritz et al. (1989), Quiroz et al. (1994) y Kress et al. (1996) observaron que el sexo de la cría no influye en la cantidad de leche producida por la madre en ganado de carne. Marston et al. (1992) en ganado Simmental y Hereford estimaron la producción de leche utilizando ordeña mecánica previa aplicación de oxitocina, el sexo del becerro tuvo poca relación con la producción total por lactancia para cualquiera de las razas.

La importancia del sexo del becerro en la PL ha variado en los diferentes estudios, pero la mayoría está de acuerdo en la ventaja de una mayor PL de las vacas que amamantan machos. El objeto de estimar el efecto del sexo de la cría es remover ese efecto para estimar con mayor precisión la producción de leche, porque la mayoría de los estudios revisados, mostraron una influencia importante del sexo del becerro sobre la producción de leche.

**PESO AL NACIMIENTO DE LA CRÍA.-** Neidhardt et al. (1979) y Lubritz et al. (1989) mencionan una correlación positiva entre el peso al nacimiento del becerro

y la producción de leche de la vaca, en ganado de carne. Rutledge et al. (1971) mencionan una regresión lineal de la producción total por lactancia sobre el peso al nacimiento de 0.51, indicando que los becerros mas pesados al nacimiento demandan mas leche de sus madres o tienen una mayor capacidad para consumir leche.

Por otra parte, Mallinckrodt et al. (1993) demuestran que la regresión lineal de la producción de leche de la vaca sobre el peso al nacimiento de la cría, fue significativa solo para Polled Hereford y no para Simmental.

Marston et al. (1992) indican que el peso al nacimiento estuvo relacionado con la producción total por lactancia en Angus ( $p < .03$ ), pero no en Simmental.

En general el peso al nacimiento esta relacionado con la producción total por lactancia y es necesario utilizar el peso al nacimiento como covariable en el análisis, porque una porción del error experimental en la producción de leche puede deberse a diferencias en el peso inicial.

**HETEROSIS INDIVIDUAL.-** Kress et al. (1996) reportan que la heterosis individual de producción de leche no fue significativa a los 40 días de lactancia pero si fue significativa a los 120 días (1.05 kg/día), con vacas Hereford, Tarentaise y sus cruzas recíprocas. Daley et al. (1987) en vacas Hereford, Red Poll y sus cruzas recíprocas reportan estimaciones de 5, 11 y 19% de heterosis para producción de leche a los 60, 105 y 150 días de lactancia respectivamente.

Notter et al. (1978) encontraron que la heterosis para producción de leche declina del día 128 de .9 kg/12 horas (33%) a .2 kg/12 horas (10%) al día 184 y la

heterosis promedio fue de .4 kg/12 horas (15%), en vacas Hereford, Angus y sus cruza recíprocas.

Los estudios revisados han mostrado un efecto significativo de heterosis para producción de leche. La heterosis es mayor en el cruzamiento de ciertas razas en comparación con otras, de tal manera que las ganancias óptimas requieren de combinaciones específicas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**DESCRIPCIÓN Y ORIGEN DE LA INFORMACIÓN.**- Se utilizaron 208 registros de producción, obtenidos de 134 vacas (64 Guzerat, 34 Criollo, 12 Guzerat x Criollo y 24 Criollo x Guzerat) durante el periodo 2001 – 2003, en el Campo Experimental “El Verdineño” (INIFAP), ubicado en Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. El manejo general consistió en dos empadres al año de 50 días cada uno, iniciados alrededor del 15 de marzo y el 1 de octubre. Las vacas fueron apareadas con sementales de la raza Angus, Holstein, Simmental y Suizo Pardo. Las vacas y sus crías se mantuvieron en pastoreo en praderas de pasto llanero (*Andropogon gayanus*) y se suplementaron con sales minerales y melaza-urea en la época de sequía, los becerros permanecieron con sus madres hasta el destete a los 7 meses de edad y se pesaron al nacimiento y al destete, además de los pesajes que se tomaron durante las mediciones de leche.

**ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LECHE.**- Para medir la producción de leche se utilizó la técnica de pesaje del becerro antes y después del amamantamiento. Para asegurar que el tiempo de acumulación de leche fuera igual para todas las vacas y que los becerros tuvieran el mismo tiempo de ayuno, el día anterior a la medición, los becerros se apartaron de sus madres a las dos de tarde y se alojaron en corraletas en grupos de 8 a 11 becerros, sin agua ni alimento. A las 6 de la tarde, se permitió que los becerros amamantaran durante 20 minutos y se volvieron a separar hasta la mañana siguiente (6:00 AM), cuando se realizó la medición de la producción de leche los becerros primero se pesaron

individualmente, luego amamantaron durante 20 minutos e inmediatamente se volvieron a pesar y a separar de sus madres hasta las 2 de la tarde, cuando se repitió el mismo procedimiento. El consumo de leche se estimó como la diferencia en peso después y antes del amamantamiento.

La suma de los consumos (mañana y tarde) representó la producción de leche durante 20 horas y se multiplicó por (24/20) para estimar la producción de leche en 24 horas. Las mediciones de producción de leche se realizaron cuando las vacas tuvieron en promedio 83, 133, 161 y 226 días de lactancia para el primer empadre; 75, 110, 138, 175 y 209 días para el segundo empadre; 56, 84, 112, 140, 168 y 196 días para los restantes empadres. Con las producciones de leche obtenidas en cada uno de los puntos de muestreo, la lactancia de cada vaca, se ajustó utilizando la ecuación propuesta por Jenkins y Ferrell (1984):

$$Y(n) = n/ae^{kn}$$

En donde,  $Y(n)$  = producción de leche (kg) en el  $n$ -ésimo día de lactancia,  $n$  = día de lactancia,  $a$  y  $k$  = parámetros de la curva y  $e$  = base de los logaritmos naturales. El día de máxima producción (DMP) se estimó como  $1/k$ ; la producción Máxima en la lactancia (PML) como  $1/(ake)$ ; la producción total por lactancia (PTL) como la integración definida de la ecuación de cero a los 210 días de lactación, la producción diaria promedio (PDP) como la PTL sobre el número de días de lactancia y la persistencia de la lactancia (PER) como la PTL / PML.

**ANÁLISIS DE LAS VARIABLES.**- Para ajustar la ecuación de Jenkins y Ferrell a cada lactancia, se utilizó el método iterativo DUD (Multivariate secant method) del procedimiento para modelos no lineales (NLIN), del paquete de análisis estadístico SAS (1999). Con el fin de verificar que la convergencia de los modelos se logre en los máximos globales y no en los máximos locales, se utilizaron tres valores iniciales diferentes de  $a$  y  $k$ .

El estimador  $a$  y  $k$ , la PTL, PDL, PML, DMP, PER, PN y el PA210 se analizaron por el método de modelos mixtos (mixed) para medidas repetidas del paquete de SAS. El modelo incluyó los efectos fijos de raza del padre de la vaca (Guzerat y Criollo), raza de la madre de la vaca (Guzerat y Criollo), número de parto (1, 2, 3 y  $\geq 4$ ), año (2001 a 2003), época de parto (enero-febrero y julio-agosto), sexo de la cría (macho y hembra), la covariable peso al nacimiento de la cría y las interacciones de dos factores. Las interacciones que no resultaron significativas ( $p > .25$ ) en análisis preliminares, no se consideraron en el modelo. Se utilizaron contrastes ortogonales para estimar heterosis, efectos directos y maternos. La gráfica de las curvas de lactancia se realizó con las medias de cuadrados mínimos de la producción diaria promedio de leche.

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 210 y sumándole el peso al nacimiento. Con el objeto de conocer el efecto del consumo de leche sobre la ganancia diaria predestete, se realizó un análisis de covarianza a la variable PA210, utilizando un modelo que incluyó los mismos

efectos descritos para PA210 y además la PTL como covariable; se estimó la correlación simple entre el peso ajustado a 210 días y la PTL.

## RESULTADOS

La significancia estadística de las fuentes de variación de PTL, PDL, DMP, PML y PER se muestran en el cuadro 1, en donde la raza del padre de la vaca y la interacción raza del padre por raza de la madre mostraron efectos significativos ( $P < .05$ ) para PTL, PDL y PML. El efecto de raza de madre, número de parto, sexo de la cría y la covariable peso al nacimiento de la cría no mostraron efectos significativos ( $P > .05$ ) para PTL, PDL, PML, DMP y PER. El efecto de época de parto resultó significativa ( $P < .05$ ) para PTL, PDL, PML y PER. Además el efecto de año de parto resultó significativa para PTL, PDL, PML, DMP y PER.

En el cuadro 2 se muestra que las vacas hijas de padre Guzerat produjeron  $106.1 \pm 36.1$ ,  $0.50 \pm 0.17$  y  $0.62 \pm 0.27$  kg más de leche ( $p < .05$ ) en PTL, PDL y PML respectivamente que las vacas hijas de padre Criollo. El efecto directo resultó a favor de Guzerat  $212.4 \pm 72.2$ ,  $1.01 \pm .34$  y  $1.25 \pm .55$  kg de leche para PTL, PDL y PML respectivamente ( $p < .05$ ). Por el contrario el efecto materno favoreció al Criollo  $68.9 \pm 58.7$ ,  $0.32 \pm .28$  y  $0.49 \pm .45$  kg de leche para PTL, PDL y PML respectivamente.

En el cuadro 3 se observa que en promedio las vacas cruzadas produjeron  $147 \pm 45$ ,  $0.70 \pm .21$  y  $.81 \pm .31$  kg más de leche en PTL, PDL y PML que las vacas puras, lo que corresponde a una heterosis individual de 16.7, 16.7 y 13.2 % respectivamente. El efecto no significativo de la interacción de la raza del padre por la raza de la madre de la vaca ( $p > .05$ ), indica que la heterosis individual no fue importante para DMP y PER.

En el cuadro 4 se presentan las medias de cuadrados mínimos y errores estándar de los estimadores de  $a$  y  $k$  con los que se elaboró la curva de lactancia promedio de cada grupo genético (figura 1). No se detectó efectos de grupo genético para  $a$  y  $k$  ( $p > .10$ ), en donde se aprecia que las formas de las curvas son similares.

La significancia estadística de las fuentes de variación de PN y PA210 se muestra en el cuadro 5. En donde el efecto de raza del padre de la vaca, año de parto y número de parto muestran significancia estadística ( $p < .05$ ) para PN. El efecto de raza del padre de la vaca, raza de madre de la vaca, época de parto, año de parto, sexo de la cría y la covariable peso al nacimiento de la cría muestran significancia estadística ( $p < .05$ ) para PA210. La interacción raza del padre por raza de la madre de la vaca resultó no significativa para PN ( $p > .05$ ) y significativa para PA210 ( $p < .05$ ).

En el cuadro 6 se observa que las vacas hijas de padre Guzerat produjeron becerros que pesaron  $2.9 \pm .68$  y  $21.6 \pm 3.8$  kg más al nacer y al PA210 respectivamente que las vacas hijas de padre Criollo ( $p < .05$ ). También se observa que las vacas hijas de madre Guzerat produjeron becerros que pesaron  $10.8 \pm 3.8$  kg más al PA210 que las vacas hijas de madre Criollo ( $p < .05$ ). El efecto directo resultó a favor de Guzerat  $5.95 \pm 1.37$  y  $43.2 \pm 7.6$  kg de leche para PN y PA210 respectivamente ( $p < .05$ ). Por el contrario el efecto materno favoreció al Criollo  $2.64 \pm 1.1$  y  $10.8 \pm 5.6$  kg de leche para PN y PA210 respectivamente.

En el cuadro 7 se observa que en promedio las vacas cruzadas produjeron becerros que pesaron  $14.0 \pm 4.2$  kg más al PA210 que las vacas puras, lo que

corresponde a una heterosis materna del 8%. El efecto no significativo de la interacción de la raza del padre por la raza de la madre de la vaca ( $p > .05$ ), indica que la heterosis materna no fue importante para PN.

En el cuadro 8 se muestran los estimadores y errores estándar de la regresión de PA210 sobre PTL. De acuerdo al coeficiente de regresión ( $0.0267 \pm .007$ ), por cada  $37.4 \pm \text{kg}$  más de leche por lactancia, se produce un kilogramo de becerro destetado por vaca. La correlación entre el PA210 y la PTL fue (.44).

## DISCUSIÓN

En general para la variable PTL diversos experimentos han encontrado promedios mayores a los del presente estudio. Así, un trabajo realizado con vacas Brahman, encontró en promedio 1,340 kg para PTL medida a los 216 días y obtenida mediante el método PAP (Neidhardt et al., 1979). En otro experimento realizado en un hato de vacas Angus y Angus x Hereford, y en donde se compararon dos métodos para la medición de la leche, se observó que el método PAP estimó un mayor promedio para PTL (1232 kg) comparado con el método de ordeña mecánica (1208 kg) (Beal et al., 1990). Valores similares a los mencionados, usando el método PAP, fueron publicados para vacas cruzadas Bos Taurus (Clutter y Nielsen, 1987) con potenciales lecheros alto e intermedio (1718 y 1532 kg), mientras que la producción de vacas con potencial lechero bajo (1157 kg) fue cercana a la PTL de vacas G x C ( $1059 \pm 55$  kg). La producción total por lactancia de Guzerat resultó similar a la obtenida en Brahman por Quiroz et al. (1992). La mayor producción total por lactancia de las vacas hijas de toros o vacas Guzerat, indica diferencias en efectos genéticos directos y maternos.

La mayor parte de las publicaciones citadas realiza la producción diaria de leche y no la producción total por lactancia, por este motivo, la discusión del presente estudio hace mayor referencia a la producción diaria de leche. En general para la variable PDL diversos experimentos han reportado promedios mayores a los del presente estudio. Así, un trabajo realizado con vacas cruzadas que incluían a las razas Hereford, Angus, Pardo Suizo, Simmental y Jersey,

encontró promedios altos para Jersey x Angus y Suizo Pardo x Angus ( $8.09 \pm .41$  kg/día), promedios intermedios para Jersey x Angus, Suizo Pardo x Hereford, Simmental x Angus y Simmental x Hereford ( $7.38 \pm .41$  kg/día) y promedios bajos para Hereford x Angus ( $6.52 \pm .40$  kg/día).

Para el efecto directo diversos experimentos han reportado promedios mayores y menores a los del presente estudio. Así, un trabajo realizado con vacas Angus y Brahman, encontró 2.57 kg para el efecto directo a favor del Brahman, estimado a los 216 días y obtenido mediante la ordeña mecánica (Brown et al., 1996). De la misma manera Brown et al. (2001) obtiene  $2.2 \pm 1.3$  kg ( $p < .11$ ) para el efecto directo a favor del Brahman. En otro experimento realizado por Notter et al. (1978) en Angus, Hereford y sus cruzas recíprocas encontró un efecto directo de 0.8 kg a favor de Angus.

El efecto materno estimado para PDL fue similar a el obtenido por Chenette y Frahm (1981) en Angus – Hereford 0.33 kg a favor de Hereford. Por otra parte las estimaciones publicadas por Brown et al. (1996)  $1.44 \pm .60$  kg ( $p < .05$ ) a favor de Angus y por Notter et al. (1978) en Angus – Hereford 0.6 kg a favor de Hereford, fueron mayores a las del presente estudio. En otro experimento reportado por Brown et al. (2001), el efecto materno fue no evidente  $0.0 \pm 0.7$ .

Brown et al (1996) publican que el efecto directo para producción diaria de leche favorece al Brahman y por el contrario el efecto materno favorece al Angus, lo que concuerda con las tendencias resultantes de este estudio en donde el efecto directo favorece al Guzerat y el efecto materno al Criollo.

El nivel de heterosis individual encontrado para PDL fue similar al obtenido por Notter et al. (1978) en Angus - Hereford 0.4 kg de leche por 12 horas y menor que el obtenido por otros autores. De esta manera, Brown et al. (1996) en vacas Angus - Brahman encuentran una heterosis de 2.36 kg ( $p < .01$ ). De igual manera, Brown et al. (2001) estimaron una heterosis de  $2.4 \pm 0.4$  kg ( $p < .01$ ) de leche por día (36.1%). Por su parte, Criss (1986) menciona una heterosis para producción de leche estimada en 12 horas de 1.94 kg en Brahman - Angus.

La producción máxima en lactancia obtenida en la cruce Guzerat x Criollo es similar a la obtenida en Nellore x Angus de 7.1 kg por Jenkins et al. (2000).

El efecto no significativo de la interacción de la raza del padre por raza de la madre de la vaca para el día de máxima producción y persistencia de la lactancia, concuerda con lo obtenido por Quiroz et al. (1994). El día de máxima producción ocurrió 2 semanas más tarde que el estimado por Jenkins y Ferrell (1984). Por su parte Green et al. (1991) estimaron el DMP en cruces de Bos Indicus x Bos Taurus en 68 días, una semana antes que el estimado en el presente estudio.

La persistencia de la lactancia estimada fue similar a la obtenida por otros autores. De esta manera Jenkins y Ferrell (1992) encontraron que la persistencia en la lactancia de vacas Hereford (147) es similar a la de Angus (151). Por su parte, Green et al. (1991), observaron una persistencia (104) en las cruces de Brahman.

El mayor peso al nacimiento de las crías de vacas hijas de toros o vacas Guzerat, indica diferencias en efectos genéticos directos y maternos. En contraste con nuestros resultados Rivera et al. (2003), utilizando los mismos animales que

en el presente estudio, no encontraron efectos significativos de raza de padre y raza de madre o interacción entre ellos ( $p > .05$ ) para PN, probablemente podría atribuirse a los diferentes ambientes en los que se realizó el estudio (numero de parto, año de parto) y al diferente efecto del semental utilizado. El nivel de heterosis materna encontrado fue menor que el obtenido por otros autores. De esta manera, Brown et al. (1993) encontraron una heterosis materna del 10.9 % para peso al nacer ( $p < .01$ ). Además, Brown et al. (1997) estimaron una heterosis materna de -3.4% para peso al nacer ( $P < .10$ ). Por su parte Olson et al., (1993) publicaron una heterosis materna Angus-Brahman de 2.9 kg.

El nivel del efecto de la raza del padre encontrado fue menor que el obtenido por Brown et al. (1993). Por otro lado, Riley et al. (2001) encontraron un efecto de la raza del padre de la vaca ( $p < .01$ ), las vacas  $F_1$  hijas de sementales Angus y Brahman tuvieron crías mas pesadas al nacimiento que las hijas de sementales Gyr.

El efecto directo estimado para peso al nacer fue menor al obtenido por otros autores. De esta manera, Brown et al. (1993) en cruzamientos recíprocos entre Angus y Brahman, reportan un efecto aditivo directo de  $-6.2 \pm 1.4$  kg ( $p < .01$ ), donde el valor negativo indica alto peso al nacer de las crías hijas de toros Brahman. Por su parte, Olson et al. (1993) estimaron un efecto aditivo directo de 6.1 kg ( $p < .01$ ) de Brahman sobre Angus.

El efecto materno estimado para peso al nacer fue menor a el obtenido por Brown et al. (1993) y Olson et al., (1993).

El mayor peso al PA210 de las crías de vacas cruzadas, indica probablemente efectos y probablemente de epistasis. En contraste con nuestros resultados Rivera et al. (2003) en cruzamientos recíprocos entre Criollo y Guzerat, no encontraron efectos significativos de la raza del padre y la raza de la madre ( $p > .05$ ), pero la interacción entre ellos si lo fue ( $p < .01$ ), estimando una heterosis materna para esta característica de 12.0 kg.

El nivel de heterosis materna encontrado fue menor que el obtenido por otros autores. De esta manera, Olson et al., (1993) estimaron una heterosis materna Angus-Brahman de 21.4 kg ( $p < .001$ ). Por su parte, Brown et al. (1993) en Angus-Brahman del 15.4 %. De igual manera, Brown et al. (1997) estima una heterosis materna de 6.8% ( $P < .01$ ). Por su parte, Crockett et al. (1978) 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. (1981) estimaron una heterosis materna ( $p < .01$ ) Angus-Brahman, Angus-Charolais y Brahman-Charolais de 28.9, 16.5 y 18.7 kg respectivamente.

El efecto directo estimado para peso ajustado a 210 días fue mayor a el obtenido por otros autores. De esta manera, Olson et al., (1993) obtienen 10 kg ( $p < .01$ ) a favor del Angus en relación con Brahman. Por su parte, Brown et al. (1993) encontraron 12.2 kg ( $p < .14$ ) de Brahman sobre Angus.

El efecto materno estimado para peso ajustado a 210 días fue similar a el obtenido por Olson et al. (1993) y Brown et al. (1993).

La correlación obtenida (.44) en el presente estudio entre el PA210 y la PTL es similar a la obtenida por algunos autores. De esta manera, Mallinckrodt et al.

(1993) reportan una correlación de .39 y .35 para Polled Hereford y Simmental. Por su parte, Quiroz et al. (1994) publican una correlación de .44 en vacas Bos Indicus y Bos Taurus x Bos Indicus. Por otro lado, Marshall et al. (1976) publicaron una correlación de .44 en vacas Angus, Charolais y sus cruza recíprocas.

## CONCLUSIONES

Las heterosis, así como los efectos directos y maternos son componentes importantes en el sistema de producción vaca-cría. Los resultados del presente estudio indican una ventaja en la producción de leche y en el peso al destete ajustado a 210 días del ganado Guzerat sobre el Criollo. El nivel de heterosis individual para PTL y PA210 del presente experimento es otra ventaja en el sistema de producción vaca-cría en el trópico. Las estimaciones del efecto aditivo materno para el ganado Criollo fueron pequeñas y no significativas para producción de leche y significativas para PN y PA210. Los coeficientes estimados para heterosis materna del PA210 fueron positivos lo cual es una ventaja en los sistemas de producción de ganado de carne el uso de cruzamientos. Este estudio muestra una relación positiva entre la producción de leche y el PA210.

## LITERATURA CITADA

- Beal, W. E. and Notter D. R. 1990. Techniques for estimation of milk yield in beef cows and relationships of milk yield to calf weight gain and postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 68:937.
- Boggs, D. L., E. F. Smith, R. R. Schalles, B. E. Brent, L. R. Corah and R. J. Pruitt. 1980. Effects of milk and forage intake on calf performance. *J. Anim. Sci.* 51:550.
- Brown, M. A., A. H. Brown, Jr., W. G. Jackson and J. R. Miesner. 2001. Genotype x environmental interactions in milk yield and quality in Angus, Brahman, and reciprocal – cross cows on different forage systems. *J. Anim. Sci.* 79:1643.
- Brown, M. A., A. H. Brown, Jr., W. G. Jackson and J. R. Miesner. 1997. Genotype x environmental interactions in Angus, Brahman, and reciprocal cross cows and their calves grazing common bermudagrass and endophyte-infected tall fescue pastures. *J. Anim. Sci.* 75:920.
- Brown, M. A., A. H. Brown, Jr., W. G. Jackson and J. R. Miesner. 1996. Milk production in Angus, Brahman, and reciprocal – cross cows grazing common bermudagrass or endophyte-infected tall fescue. *J. Anim. Sci.* 74:2058.
- Brown, M. A., A. H. Brown, Jr., W. G. Jackson and J. R. Miesner. 1993. Genotype x environmental interactions in preweaning traits of purebred and cross Angus and Brahman calves on common bermudagrass and endophyte-infected tall fescue pastures. *J. Anim. Sci.* 75:920.
- Chenette, C. G. and Frahm, R. R. 1981. Yield and composition of milk from various two-breed cross cows. *J. Anim. Sci.* 52:483.
- Criss, E. A. 1986. Milk production and composition, calf weaning weights and occurrence of subclinical mastitis in Angus, Brahman and Brahman x Angus beef cows. Ph.D. dissertation, Mississippi State Univ., Starkville.
- Crockett, J. R., M. Koger and D. E. Franke. 1978. Rotational crossbreeding of beef cattle: preweaning traits by generation. *J. Anim. Sci.* 46:1170.
- Clutter, A. C. and Nielsen M. K. 1987. Effect of level of beef cow milk production on pre- and postweaning calf growth. *J. Anim. Sci.* 64:1313.

- Daley, D. R., A. McCuskey and C. M. Bailey. 1987. Composition and yield of milk from beef-type *Bos Taurus* and *Bos Indicus* x *Bos Taurus* dams. *J. Anim. Sci.* 64:373.
- Day, M. L., Imakawa, K., Clutter, A. C., Wolfe, P. L., Zalesky, D. D., Nielsen, M. K. And Kinder, J. E. 1987. Suckling behavior of calves with dams varying in milk production. *J. Anim. Sci.* 65:1207.
- Gaskins, C. T. and Anderson, D. C. 1980. Comparison of lactation curves in Angus-Hereford, Jersey-Angus and Simmental-Angus cows. *J. Anim. Sci.* 50:828.
- Green, R. D., L. V. Cundiff, G. E. Dickerson and T. G. Jenkins. 1991. Output/input differences among nonpregnant, lactating *Bos Indicus*-*Bos Taurus* and *Bos Taurus*-*Bos Taurus* F1 cross cows. *J. Anim. Sci.* 69:3156.
- Gregory, K. E., L. V. Cundiff and R. M. Koch. 1992. Effects of breed and retained heterosis on milk yield and 200-day weight in advanced generations of composite populations of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 70:2366.
- Grossman, M., A. L. Kuck and H. W. Norton. 1986. Lactation curves of purebred and crossbred cattle. *J. Dairy Sci.* 69:195.
- Hohenboken, W. D., A. Dudley and Moody D. E. 1992. A comparison among equations to characterize lactation curves in beef cows. *Anim. Prod.* 55:23.
- Jenkins, T. G. and Ferrell C. L. 1984. A note on lactation curves of crossbred cows. *Anim. Prod.* 39:479.
- Jenkins, T. G. and Ferrell C. L. 1982. Lactation curves of mature crossbred cows: Comparison of four estimating functions. *J. Anim. Sci.* 54: suplemento, 189. (resumen).
- Jenkins, T. G. and Ferrell C. L. 1992. Lactation characteristics of nine breeds of cattle fed various quantities of dietary energy. *J. Anim. Sci.* 70:1652.
- Jenkins, T. G., C. L. Ferrell and A. J. Roberts. 2000. Lactation and calf weight traits of mature crossbred cows fed varying daily levels of metabolizable energy. *J. Anim. Sci.* 78:7.

- Kress, D. D., D. E. Doornbos, D. C. Anderson and K. C. Davis. 1996. Genetic components for milk production of Tarentaise, Hereford, and Tarentaise x Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 74:2344.
- Lubritz, D. L., K. Forrest and O. W. Robison. 1989. Age of cow and age of dam effects on milk production of Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 67:2544.
- Mallinckrodt, C. H., R. M. Bourdon, B. L. Golden, R. R. Schalles and K. G. Odde. 1993. Relationship of maternal milk expected progeny differences to actual milk yield and calf weaning weight. *J. Anim. Sci.* 71:355.
- Marshall, D. A., W. R. Parker and C. A. Dinkel. 1976. Factors affecting efficiency to weaning in Angus, Charolais and reciprocal cross cows. *J. Anim. Sci.* 43:1176.
- Marston, T. T., D. D. Simms, R. R. Schalles, K. O. Zoellner, L. C. Martin and G. M. Fink. 1992. Relationship of milk production, milk expected progeny difference, and calf weaning weight in Angus and Simmental cow-calf pairs. *J. Anim. Sci.* 70:3304.
- Mezzadra, C., R. Paciaroni, S. Vulich, E. Villareal and L. Melucci. 1989. Estimation of milk consumption curve parameters for different genetic groups of bovine calves. *Anim. Prod.* 49:83.
- Mondragon, I., Wilton, J. W., Allen, O. B. And Song, H. 1993. Stage of lactations effects, repeatabilities and influences on weaning weights of yield and composition of milk in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 63:751.
- Montaño, B. M., Nielsen, M. K. and Deutscher, G. H. 1990. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. *J. Anim. Sci.* 68:2279.
- Neidhardt, R., D. Plasse, J. H. Weniger, O. Verde, J. Beltran and A. Benavides. 1979. Milk yield of Brahman cows in a tropical beef production system. *J. Anim. Sci.* 48:1.
- Neville, W. E., E. P. Warren and W. A. Griffey. 1974. Estimates of age effects of milk production in Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 38:1.

- Notter, D. R., L. V. Cundiff, G. M. Smith, D. B. Laster and K. E. Gregory. 1978. Characterization of biological types of cattle. VII. Milk production in young cows and transmitted and maternal effects on preweaning growth of progeny. *J. Anim. Sci.* 46:908.
- Olson, T. A., F. M. Peacock and M. Koger. 1993. Reproductive and maternal performance of rotacional, three-breed, and Inter se crossbred cows in Florida. *J. Anim. Sci.* 71:2322.
- 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., México p.p. 53.
- Papajcsik, I. A. and J. Boderó. 1988. Modelling lactation curves of friesland cows in a subtropical climate. *Anim. Prod.* 47:201.
- 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.
- Quiroz V. J. 1994. Producción y componentes de leche en vacas Bos Indicus y Bos Taurus x Bos Indicus. Tesis de maestría.
- Ramírez, V. R., V. G. Ramírez, D. R. Núñez y M. A. Tewolde. 1998. Curvas de lactancia en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruizas: I. Comparación de procedimientos para estimar parametros. *Revista Agrociencia* 32:325
- Reynolds, W. L., T. M. DeRouen and R. A. Bellows. 1978. Relationships of milk yield of dam to early growth rate of straightbred and crossbred calves. *J. Anim. Sci.* 47:584.
- Riley, G., J. O. Sanders, R. E. Knotson and D. K. Lunt. 2001. Comparison of F<sub>1</sub> Bos Indicus x Hereford cows in central texas: I. Reproductive, maternal, and size traits. *J. Anim. Sci.* 79:1431.
- Rivera, A. U., V. G. Martínez y B. M. Montaña. 1997. Heterosis materna Criollo – Guzerat para algunas características reproductivas. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, Ver.* p. 167.

- Rivera, A. U. 2003. Edad al primer parto e intervalo inicio de empadre-parto de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas, y comportamiento predestete de sus crías. Tesis de maestría
- Rutledge, J. J., O. W. Robison, W. T. Ahlschwede and J. E. Legates. 1971. Milk yield and its influence on 205-day weight of beef calves. *J. Anim. Sci.* 33:563.
- Rutledge, J. J., O. W. Robison, W. T. Ahlschwede and J. E. Legates. 1972. Estimating milk yield of beef cows. *J. Anim. Sci.* 34:9.
- 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.
- Williams, J. H., D. C. Anderson and D. D. Kress. 1979. Milk production in Hereford cattle. II. Physical measurements: repeatabilities and relationships with milk production. *J. Anim. Sci.* 49:1443.
- Wood, P. D. P. 1976. Algebraic models of lactation curves for milk fat and protein production, with estimation of seasonal variation. *Anim. Prod.* 22:35.

Cuadro 1. Significancia estadística de las fuentes de variación del análisis de varianza de las características de la lactancia.

Fuente de variación	Significancia estadística				
	PTL	PDL	DMP	PML	PER
Raza padre	.0039 **	.0039 **	.7772 ns	.0268 *	.7109 ns
Raza madre	.3140 ns	.3140 ns	.3942 ns	.6485 ns	.4215 ns
Época de parto	.0001 **	.0001 **	.0011 **	.0001 **	.3950 ns
Año de parto	.0284 *	.0284 *	.0002 **	.0001 **	.0001 **
Número de parto	.1329 ns	.1329 ns	.6168 ns	.2031 ns	.8892 ns
Sexo cría	.6483 ns	.6483 ns	.6543 ns	.4589 ns	.3897 ns
Peso nacimiento	.2442 ns	.2442 ns	.9142 ns	.2784 ns	.7717 ns
Raza padre * raza madre	.0013 **	.0013 **	.4672 ns	.0124 *	.3881 ns
Raza padre * época parto	—	—	—	—	.0344 *
Raza padre * sexo cría	—	—	—	—	.1672 ns
Raza madre * época parto	—	—	—	.1001 ns	—
Raza madre * sexo cría	—	—	—	.0158 *	.0762 *
Época parto * año parto	.0004 **	.0004 **	.0001 **	—	.0001 **
Año parto * número parto	.0249 *	.0249 *	—	—	—

ns: ( $p > .05$ ); \*: ( $p < .05$ ); \*\*: ( $p < .01$ ).

PTL = Producción total por lactancia; PDL= Producción diaria de leche; DMP = Día de máxima producción; PML = Producción máxima en lactancia; PER = Persistencia de lactancia.

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de las características de la lactancia por raza de padre y madre de la vaca, efectos directos y maternos.

Efectos	PTL (kg)	PDL (kg)	DMP (días)	PML (kg)	PER
Raza Padre					
Guzerat	1004.2 ± 29.1 <sup>a</sup>	4.78 ± .13 <sup>a</sup>	75.9 ± 3.0 <sup>a</sup>	6.85 ± .20 <sup>a</sup>	147.9 ± 2.0 <sup>a</sup>
Criollo	898.0 ± 29.0 <sup>b</sup>	4.27 ± .13 <sup>b</sup>	74.7 ± 3.1 <sup>a</sup>	6.22 ± .20 <sup>b</sup>	146.9 ± 2.1 <sup>a</sup>
Guzerat vs Criollo	106.1 ± 36.1 <sup>**</sup>	0.50 ± .17 <sup>**</sup>	1.14 ± 4.0 <sup>ns</sup>	0.62 ± .27 <sup>*</sup>	1.0 ± 2.7 <sup>ns</sup>
Raza madre					
Guzerat	969.7 ± 23.6 <sup>a</sup>	4.61 ± .11 <sup>a</sup>	77.1 ± 2.4 <sup>a</sup>	6.60 ± .16 <sup>a</sup>	148.6 ± 1.7 <sup>a</sup>
Criollo	932.5 ± 34.1 <sup>a</sup>	4.44 ± .16 <sup>a</sup>	73.5 ± 3.6 <sup>a</sup>	6.47 ± .24 <sup>a</sup>	146.2 ± 2.5 <sup>a</sup>
Guzerat vs Criollo	37.2 ± 36.8 <sup>ns</sup>	0.17 ± .17 <sup>ns</sup>	3.54 ± 4.1 <sup>ns</sup>	.12 ± .28 <sup>ns</sup>	2.3 ± 2.8 <sup>ns</sup>
Directo <sup>a</sup>	212.4 ± 72.2 <sup>**</sup>	1.01 ± .34 <sup>**</sup>	2.28 ± 8.0 <sup>ns</sup>	1.25 ± .55 <sup>*</sup>	2.07 ± 5.6 <sup>ns</sup>
Materno <sup>b</sup>	- 68.9 ± 58.7 <sup>ns</sup>	- 0.32 ± .28 <sup>ns</sup>	2.4 ± 6.5 <sup>ns</sup>	- 0.49 ± .45 <sup>ns</sup>	1.28 ± 4.5 <sup>ns</sup>

a, b, Medias en la misma columna con diferente literal indica diferencia estadística: ( $p < .05$ ).

<sup>ns</sup>: ( $p > .05$ ); <sup>\*</sup>: ( $p < .05$ ); <sup>\*\*</sup>: ( $p < .01$ );

PTL = Producción total por lactancia; PDL= Producción diaria de leche; DMP = Día de máxima producción; PML = Producción máxima en lactancia; PER = Persistencia de lactancia.

Guzerat=GG; Guzerat x Criollo=GC; Criollo=CC; Criollo x Guzerat=CG.

<sup>a</sup> efecto directo = (GC+GG) – (CG+CC).

<sup>b</sup> efecto materno = CG – GC.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de las características de la lactancia por grupo genético y heterosis individual.

Raza padre	Raza madre	PTL (kg)	PDL (kg)	DMP (días)	PML (kg)	PER
Guzerat	Guzerat	949.3 ± 28	4.52 ± .13	76 ± 3	6.5 ± .1	148 ± 2
Guzerat	Criollo	1059.1 ± 55	5.04 ± .26	76 ± 6	7.1 ± .3	148 ± 4
Criollo	Guzerat	990.2 ± 42	4.71 ± .20	78 ± 5	6.6 ± .3	150 ± 3
Criollo	Criollo	805.9 ± 34	3.83 ± .16	71 ± 4	5.7 ± .2	144 ± 2
Heterosis individual		147 ± 45 **	0.70 ± .21**	3.4 ± 4.7 <sup>ns</sup>	.81 ± .31 *	2.8 ± 3.2 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>: (p>.05); \*: (p<.05); \*\*: (p<.01).

PTL = Producción total por lactancia; PDL= Producción diaria de leche; DMP = Día de máxima producción; PML = Producción máxima en lactancia; PER = Persistencia de lactancia.

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de los parámetros de la curva de lactancia por grupo genético.

Raza padre	Raza madre	a	k
Guzerat	Guzerat	4.70 ± .25	.0148 ± .00051
Guzerat	Criollo	4.57 ± .51	.0146 ± .00104
Criollo	Guzerat	4.83 ± .39	.0144 ± .00081
Criollo	Criollo	5.45 ± .34	.0157 ± .00068

Cuadro 5. Significancia estadística de las fuentes de variación del análisis de varianza de peso al nacimiento (PN) y peso ajustado a 210 días (PA210).

Fuente de variación	Significancia estadística	
	PN	PA210
Raza padre	.0001 **	.0001 **
Raza madre	.5941 <sup>ns</sup>	.0052 **
Época de parto	.0609 <sup>ns</sup>	.1367 <sup>ns</sup>
Año de parto	.0001 **	.0001 **
Número de parto	.0139 *	.0139 *
Sexo cría	.4962 <sup>ns</sup>	.0358 *
Peso nacimiento	_____	.0148 *
Raza padre * raza madre	.0732 <sup>ns</sup>	.0014 **
Raza padre * época de parto	.0490 *	_____
Raza padre * número de parto	.1235 <sup>ns</sup>	_____
Época de parto * año de parto	.0088 **	.0001 **

<sup>ns</sup>: (p>.05); \*: (p<.05); \*\*: (p<.01).

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de peso al nacimiento (PN) y peso ajustado a 210 días (PA210) por raza de padre y madre de la vaca, efectos directos y maternos.

Efectos	PN	PA210
Raza padre		
Guzerat	31.2 ± .41 <sup>a</sup>	189.4 ± 2.7 <sup>a</sup>
Criollo	28.3 ± .54 <sup>b</sup>	167.8 ± 3.1 <sup>b</sup>
Guzerat <sup>vs</sup> Criollo	2.9 ± .68 <sup>*</sup>	21.6 ± 3.8 <sup>*</sup>
Raza madre		
Guzerat	29.9 ± .41 <sup>a</sup>	184.0 ± 2.1 <sup>a</sup>
Criollo	29.6 ± .50 <sup>a</sup>	173.2 ± 3.5 <sup>b</sup>
Guzerat <sup>vs</sup> Criollo	0.3 ± .62 <sup>ns</sup>	10.8 ± 3.8 <sup>*</sup>
Directo <sup>a</sup>	5.95 ± 1.37 <sup>*</sup>	43.2 ± 7.6 <sup>*</sup>
Materno <sup>b</sup>	-2.64 ± 1.1 <sup>*</sup>	-10.8 ± 5.6 <sup>*</sup>

a, b, c Medias en la misma columna con diferente literal indica diferencia estadística: (p<.05).

\*: (p<.05); <sup>ns</sup> (p>.05)

Guzerat=GG; Guzerat x Criollo=GC; Criollo=CC; Criollo x Guzerat=CG.

<sup>a</sup> efecto directo = (GC+GG) – (CG+CC).

<sup>b</sup> efecto materno = CG – GC.

Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de peso al nacimiento (PN) y peso ajustado a 210 días (PA210) por grupo genético y heterosis materna.

Raza Padre	Raza Madre	PN	PA210
Guzerat	Guzerat	31.99 ± .38	187.8 ± 2.5
Guzerat	Criollo	30.51 ± .78	191.0 ± 5.0
Criollo	Guzerat	27.87 ± .73	180.2 ± 3.9
Criollo	Criollo	28.67 ± .65	155.4 ± 4.3
Heterosis materna		-1.14 ± .63 <sup>ns</sup>	14.0 ± 4.2 *

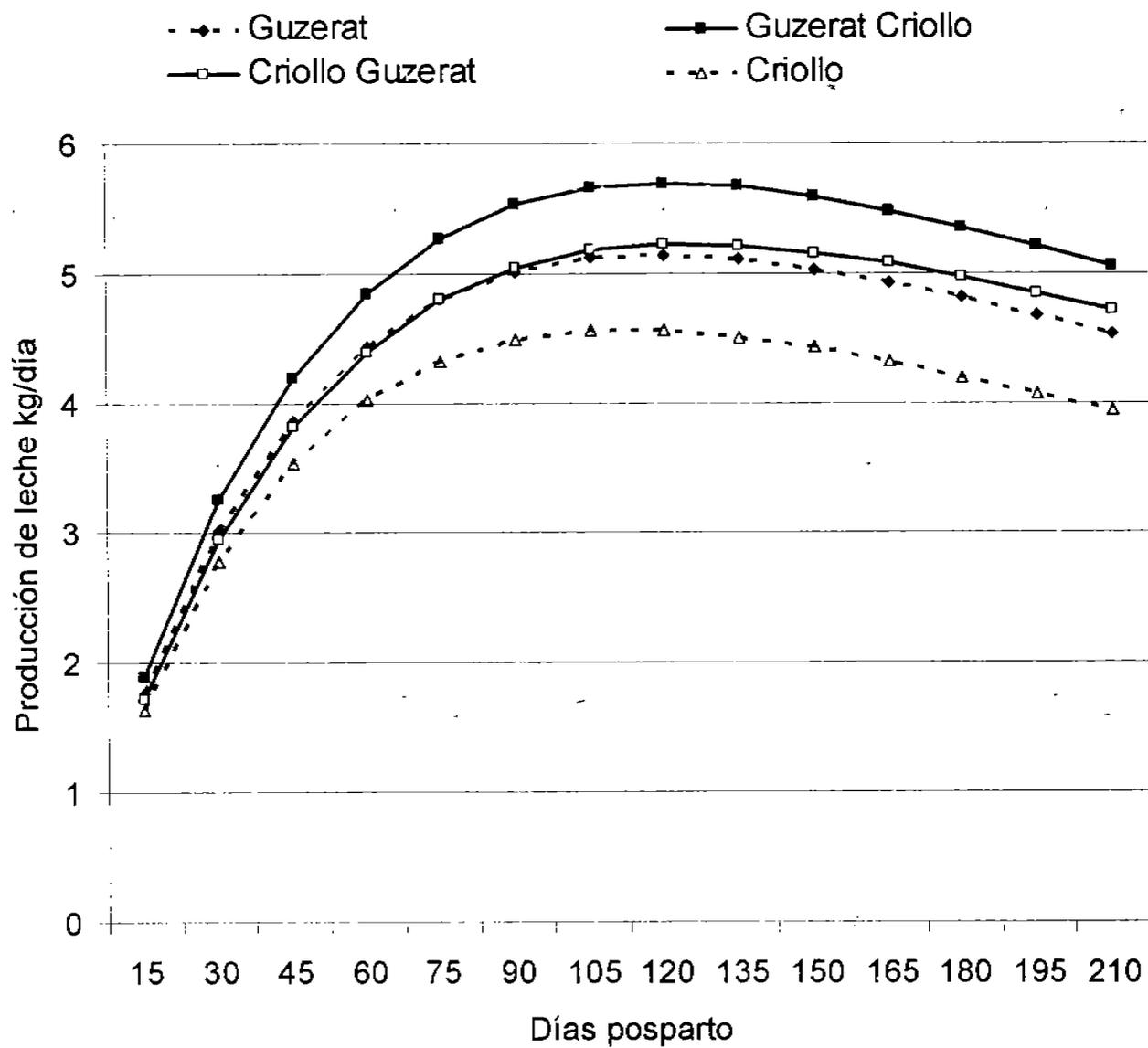
<sup>ns</sup>: (p>.10); \*: (p<.05)

Cuadro 8. Estimadores y errores estándar de la regresión del peso ajustado a 210 días (PA210) sobre la producción total por lactancia (PTL).

Parámetro	Estimadores
Intercepto	110.8 ± 17 *
PTL	0.0267 ± 0.007 *
Raza de padre (Guzerat)	29.3 ± 6.2 *
Raza de madre (Guzerat)	20.8 ± 5.3 *
Padre*Madre (Guzerat)	- 21.5 ± 8.2 *
Coeficiente de correlación	.795 *

\* (p<.05).

Figura 1. Curvas de lactancia por grupo genético



## APENDICE I

$$y(n) = \frac{n}{a e^{kn}}$$

$$y(n) = n a^{-1} e^{-kn}$$

La derivada de (y) con respecto de n, es la siguiente:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dn} &= \frac{d}{dn} (n a^{-1} e^{-kn}) \\ &= a^{-1} \frac{d}{dn} (n e^{-kn}) \\ &= a^{-1} \left[ n \frac{d}{dn} e^{-kn} + e^{-kn} \frac{d}{dn} n \right] \\ &= a^{-1} [-n k e^{-kn} + e^{-kn}] \\ &= a^{-1} e^{-kn} [-n k + 1] = 0 \end{aligned}$$

$$-n k + 1 = 0$$

$$1 = nk$$

y(n) es máximo cuando  $n = 1/k$

$$y \text{ máximo} = \frac{1/k}{a e^{k(1/k)}} = \frac{1}{ake}$$

## APENDICE II

Integral de  $y(n)$  con respecto de  $dn$

$$\int y(n) \, dn$$

$$\int \frac{n}{a e^{kn}} \, dn = \frac{1}{a} \int n e^{-kn} \, dn$$

Integrando por partes  $\int u \, dv = uv - \int v \, du$

$$\begin{aligned} \frac{1}{a} \int n e^{-kn} \, dn &= \frac{1}{a} \left[ \frac{-n}{k} e^{-kn} - (-1/k) \int e^{-kn} \, dn \right] \\ &= \frac{1}{a} \left[ \frac{-n}{k} e^{-kn} + \frac{1}{k} (-1/k) e^{-kn} \right] \\ &= \frac{1}{a} \left[ \frac{-n}{k} e^{-kn} - \frac{1}{k^2} e^{-kn} \right] \\ &= \frac{-e^{-kn}}{ak} \left[ n + \frac{1}{k} \right] \end{aligned}$$

Sustituyendo los límites

$$\begin{aligned} \int \frac{n}{a e^{kn}} \, dn &= \left. \frac{-e^{-kn}}{ak} \left[ n + \frac{1}{k} \right] \right|_0^{210} \\ &= \frac{-e^{-k \cdot 210}}{ak} \left[ 210 + \frac{1}{k} \right] - \left[ \frac{-e^{-k \cdot 0}}{ak} \left( 0 + \frac{1}{k} \right) \right] \\ &= \frac{-e^{-k \cdot 210}}{ak} \left[ 210 + \frac{1}{k} \right] + \frac{1}{ak^2} \end{aligned}$$