



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**PRODUCCIÓN DE LECHE Y ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE
VACAS CON DIFERENTE PROPORCIÓN DE GENES *Bos taurus*
EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

P R E S E N T A

CLAUDIO VITE CRISTÓBAL

Bajo la dirección de:

Rufino López Ordaz, Ph. D.



Junio de 2006

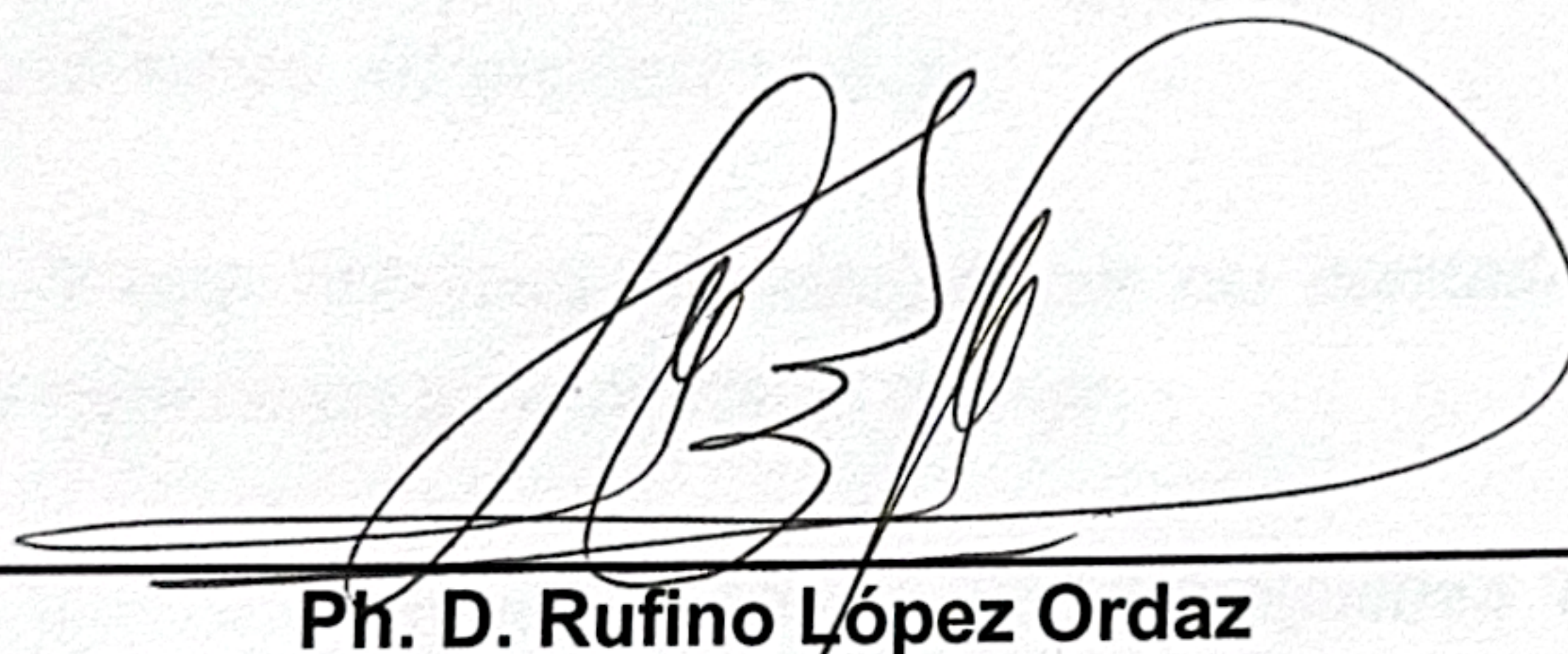
Chapingo, México.

**PRODUCCIÓN DE LECHE Y ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE
VACAS CON DIFERENTE PROPORCIÓN DE GENES *Bos taurus*
EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO**

Tesis realizada por Claudio Vite Cristóbal bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

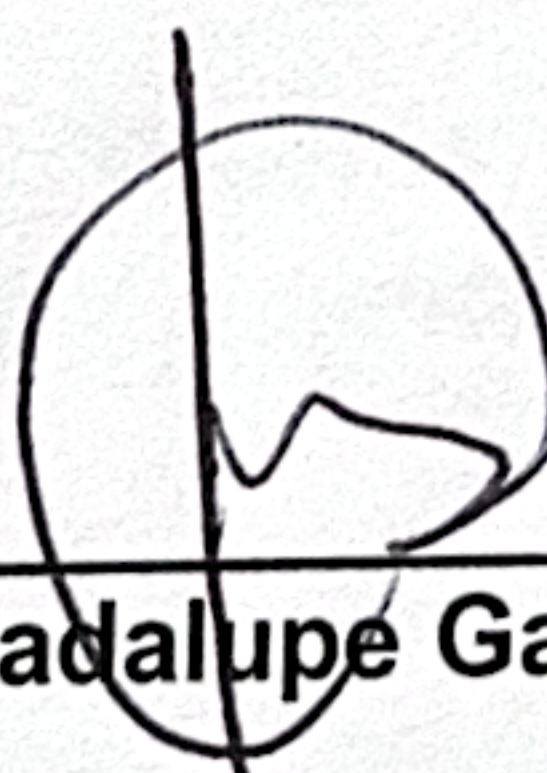
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR:



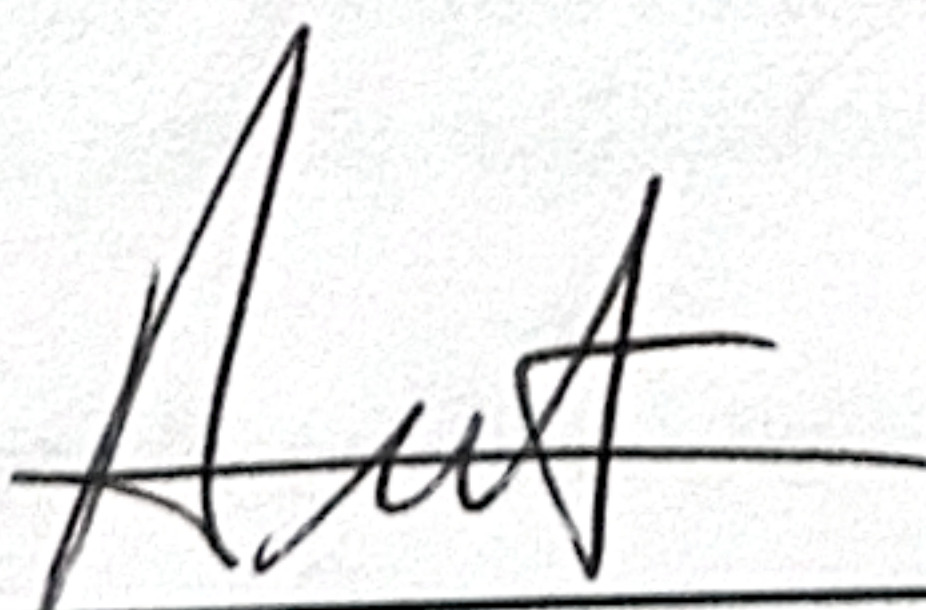
Ph. D. Rufino López Ordaz

ASESOR:



Ph. D. José Guadalupe García Muñiz

ASESOR:



Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

A . T 0334

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por mostrarme y mantenerme en el camino de la verdad y la vida y por permitirme lograr uno de mis mayores anhelos como ser humano.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Producción Animal, por darme la oportunidad de seguir superándome como profesionista y como persona.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado para la realización del presente estudio.

Al Ph. D. Rufino López Ordaz, por su valiosa y acertada dirección en la realización del presente trabajo y por compartir conmigo su amistad.

Al Ph. D. José Guadalupe García Muñiz, por su gran apoyo e invaluable esfuerzo en la planeación y dirección del presente trabajo.

Al Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández, por sus acertadas observaciones y comentarios que enriquecieron y mejoraron el trabajo.

Al Ph. D. Rafael Núñez Domínguez, Ph. D. Rodolfo Ramírez Valverde y al Ing. Melitón Córdoba Álvarez, gracias por sus consejos y por ser grandes personas.

Al grupo de ganaderos del norte de Veracruz “Tenek Federación de Sociedades Cooperativas S. C. de R. L. de C. V.” por proporcionar la información utilizada en el presente estudio.

A los Srs. Julio Alberto del Angel Juárez “Rancho Loma Bonita”, Saúl Hernández San Martín “Rancho El Capitán” y Pedro Benito Marcos “Rancho La Perlita”, por todas las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo.

A todos mis amigos del Posgrado en Producción Animal. Muchas gracias por su amistad y por todos los consejos y comentarios que hemos compartido en beneficio de todos.

DEDICATORIA

A mis padres, Zócimo Vite Juárez † y Beatriz Cristóbal Morales, por darme lo más valioso que tengo: “la vida”, por darme su amor y consejos para hacer de mí un hombre de provecho y por la dicha de darme una familia ejemplar.

A mis hermanos: Gerardo, Benedicto, Sixto, Alejandro y Miriam por el cariño que nos une y por estar conmigo en todo momento.

A mi hermana Obdulía y mis hermanos Carlos y Raymundo, por ser amigos antes que hermanos y por ser un ejemplo de superación en mi vida.

DATOS BIOGRÁFICOS

1. DATOS PERSONALES

Nombre: Claudio Vite Cristóbal
Fecha de nacimiento: 03 de junio de 1981
Lugar de origen: Pastoría, Chicontepec de Tejeda, Veracruz
Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia
Cédula profesional: 4193531

2. FORMACIÓN ACADÉMICA

1987-1993 Escuela Primaria “RICARDO FLORES MAGÓN”.
Pastoría, Chicontepec de Tejeda, Veracruz.

1993-1996 Escuela Telesecundaria “BENITO JUÁREZ”.
Pastoría, Chicontepec de Tejeda, Veracruz.

1996-1999 Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma
Chapingo. Chapingo, México.

1999-2003 Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma
Chapingo. Chapingo, México.

2004-2005 Posgrado en Producción Animal, Departamento de
Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
Chapingo, México.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
DATOS BIOGRÁFICOS	iv
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS	viii
CAPÍTULO I	1
Introducción	1
CAPÍTULO II	3
Revisión de literatura	3
Características de la producción de leche en ambientes tropicales	3
Grupos raciales usados en los trópicos de México	4
PL y eventos reproductivos de bovinos en condiciones tropicales	7
Factores asociados al grupo racial	9
Número de parto, gestación y estado de salud de la vaca	13
Año de parto y de nacimiento	16
Época de parto y de nacimiento	16
Sistema de producción	18
Clima tropical	18
Sistema de pastoreo y suplementación	20
Amamantamiento del ternero	21
Tipo y frecuencia de ordeño	23
Literatura citada	23
CAPÍTULO III	33
Producción de leche y actividad reproductiva de vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> en el norte de Veracruz, México	33
Abstract	34
Resumen	35
Introducción	36
Materiales y métodos	37
Resultados	43
Discusión	50
Conclusiones	58
Agradecimientos	58
Referencias	58

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
1	Producción de leche de grupos raciales bovinos con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos.....	05
2	Producción de leche de vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> manejados con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos	08
3	Comportamiento reproductivo de grupos raciales bovinos con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos	12
4	Comportamiento reproductivo de vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> manejados con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos	14
5	Efecto del número de parto en producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas <i>B. taurus</i> x <i>B. indicus</i> con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos	15
6	Efecto de la época de parto en producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas <i>B. taurus</i> x <i>B. indicus</i> con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos	17
7	Efecto del manejo nutricional, tipo de ordeño, tipo de clima tropical y sistema de producción en producción de leche de vacas <i>B. taurus</i> x <i>B. indicus</i> en los trópicos mexicanos	19
8	Efecto del manejo nutricional, tipo de ordeño, tipo de clima tropical y sistema de producción en comportamiento reproductivo de vacas <i>B. taurus</i> x <i>B. indicus</i> en los trópicos mexicanos	22
9	Estadísticos descriptivos asociados a las variables en estudio	40
10	Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos principales y la covariable PCTGEU sobre las variables en estudio	43
11	Atributos (media $\pm$ error estándar) de la producción de leche en vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> por rancho, número de lactancia y año y época de parto	44
12	Intervalos (media $\pm$ error estándar) parto a concepción y entre partos de vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> por rancho, número de lactancia y año y época de parto	46
13	Edad al primer parto (medias $\pm$ error estándar) en vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> por rancho y año y época de nacimiento	47

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
1	Producción de leche por lactancia en vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> de explotaciones del norte de Veracruz, México	48
2	Tiempo al pico de lactancia en vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> de explotaciones del norte de Veracruz, México	48
3	Duración de la lactancia en vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> de explotaciones del norte de Veracruz, México	49
4	Intervalos parto a concepción (IPC) y entre partos (IEP) en vacas con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> de explotaciones del norte de Veracruz, México	49

ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

SDP = sistema de producción de doble propósito, BI = *Bos indicus*, BT = *Bos taurus*, C = Cebú, H = Holstein, S = Suizo, J = Jersey, PL = producción de leche, PLT = PL por lactancia (kg), PLD = PL por día de lactancia (kg), PLIEP = PL por día de intervalo entre partos (kg), PLMax = PL al pico de lactancia (kg), TPLMax = tiempo al pico de lactancia (días), DL = duración de la lactancia (días), EPP = edad al primer parto (meses), IPC = intervalo parto a concepción (días), IEP = intervalo entre partos (días), n = número de observaciones, MS = materia seca

CAPÍTULO I

Introducción

La ganadería veracruzana aprovecha 3.68 millones de ha, de las cuales 94.3% corresponde a los trópicos, que en su mayoría están cubiertas de forrajes para producir carne y leche en SDP (INEGI, 2005). El norte de Veracruz cuenta con 1.62 millones de bovinos que producen 233.07 millones de litros de leche en una superficie de 1.61 millones de ha (INEGI, 2005).

En la última década los SDP del norte de Veracruz muestran tendencias a la especialización en la PL que requieren genotipos mejor adaptados al ambiente tropical y manejo más intensivo del pastoreo, suplementación y crianza artificial de los terneros (Vite-Cristóbal *et al.*, 2004; Aguilar *et al.*, 2005). Sin embargo, la PL y la actividad reproductiva de los grupos raciales lecheros en esta región dependen de factores asociados al animal, el ambiente y el manejo general.

Una de las alternativas para mejorar la PL y la actividad reproductiva en dichas condiciones puede ser la utilización de razas nativas BI en cruzamiento con razas lecheras BT. La hipótesis anterior fue confirmada en varios estudios previos (Madalena *et al.*, 1990; McDowell *et al.*, 1996; Rivera, 1998; Casas y Tewolde, 2001; Osorio-Arce y Segura-Correa, 2002). Acharya (1987) indicó que las vacas $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI comparados con las razas locales produjeron 265% más leche, la edad al primer parto fue menor en tres meses, el intervalo entre partos fue 30% menor, incrementaron el consumo de MS en 8% y acortaron el periodo seco en 234%.

La sostenibilidad de los SDP depende tanto de la efectividad de los cruzamientos como de la habilidad de las vacas para cosechar los alimentos requeridos para producir leche eficientemente. Sin embargo, la información relacionada con la evaluación de grupos raciales cruzados (BT X BI), que consumen forrajes tropicales, suplementados con concentrados y el manejo de los terneros con crianza artificial requiere de estudios más detallados en condiciones locales.

La revisión de literatura del Capítulo II explora cómo el balance de atributos entre las características de adaptación y el mejoramiento de la PL y la actividad reproductiva puede definirse y alcanzarse en el caso específico de las condiciones productivas de los SDP en los trópicos mexicanos.

Finalmente, en el Capítulo III se presenta el artículo científico derivado del análisis de las lactancias que provinieron de vacas con diferentes proporciones de genes BT y BI, fluctuando desde $\frac{1}{4}$ BT X $\frac{3}{4}$ BI, $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI, $\frac{5}{8}$ BT X $\frac{3}{8}$ BI, hasta $\frac{3}{4}$ BT X $\frac{1}{4}$ BI.

CAPÍTULO II

Revisión de literatura

Características de la producción de leche en ambientes tropicales

En ambientes tropicales de México, existen diferentes sistemas de producción, incluyendo desde los denominados especializados para la PL, hasta los extensivos que producen leche y carne al mismo tiempo y que son llamados SDP (Román *et al.*, 1983; Espinoza-García *et al.*, 2000; Gómez *et al.*, 2002; Teyer-Bobadilla *et al.*, 2002).

El SDP actual se caracteriza por el cruzamiento de bovinos locales con razas europeas, como: H, S y J (Becerril *et al.*, 1981; Padilla *et al.*, 1984; Villegas y Román, 1986; Casas y Tewolde, 2001) y el uso de especies nativas de forrajes tropicales como *Paspalum spp.* y *Axonopus spp.* y algunas especies introducidas incluyendo guinea (*Panicum maxicum*); elefante (*Pennisetum purpureum*), egipto (*Brachiaria mutica*), señal (*B. decumbens*), pangola (*Digitaria decumbens*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*), y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*; Ruiz y Avendaño, 1989).

Otras características típicas de los SDP modernos incluyen el amamantamiento restringido, la suplementación con concentrados, la crianza artificial de los terneros y el ordeño mecánico (Lozano *et al.*, 1992; Magaña *et al.*, 1996; Pérez *et al.*, 2001; Vite-Cristóbal *et al.*, 2004; García, 2005).

Una característica particular de la PL y la actividad reproductiva de los SDP con respecto a los especializados es la eficiencia reproductiva baja. Dicha característica, está asociada con el efecto negativo del amamantamiento que se manifiesta por periodos prolongados de anestro posparto e IEP largos (Padilla *et al.*, 1984; Segura y Rodríguez, 1987; Magaña y Segura-Correa, 2001; Parra-Bracamonte *et al.*, 2005).

Otros factores que afectan la PL y la actividad reproductiva de los bovinos en ambientes tropicales incluyen los asociados al animal (grupo racial, número de parto, gestación y estado de salud de la vaca), al ambiente (año y época de parto y nacimiento, sistema de producción y tipo de clima tropical) y al manejo general (sistema de pastoreo, suplementación, amamantamiento del ternero y tipo y frecuencia de ordeño; Becerril *et al.*, 1981; Villegas y Roman, 1986; Hernández-Reyes *et al.*, 2000; Vite-Cristobal *et al.*, 2004).

Grupos raciales usados en los trópicos de México

En los últimos 20 años, la leche producida en los trópicos proviene de bovinos nativos cruzados con genes BT (Juárez *et al.*, 1999; Hernández-Reyes *et al.*, 2000; Gómez *et al.*, 2002). Las razas lecheras en pastoreo rotacional, con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros, en el trópico mexicano, pueden lograr hasta 4369 kg de leche por lactancia y DL de hasta 364 días; con el grupo racial Cebú la PLT varió de 1021 hasta 1890 kg, con DL de 148 hasta 364 días en condiciones similares de pastoreo (Cuadro 1).

Los resultados mostrados en los estudios del Cuadro 1 sugieren la necesidad de buscar alternativas para el mejoramiento de las condiciones productivas de los SDP en los trópicos mexicanos. El escenario genera varias alternativas viables. La primera es la selección de grupos raciales y sistemas de cruzamientos que permitan superar la producción promedio indicada para el grupo racial C (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de leche de grupos raciales bovinos con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos

Grupo racial	PLT	PLD	PLIEP	DL	n	Referencia
Cebú	1890	6.0		315	12	Portugal y Garza, 1980
	1859	5.9		315	12	Portugal <i>et al.</i> , 1981
	1401	3.9		364	12	Portugal <i>et al.</i> , 1981
	1021	6.6	3.5	148	705	García, 2005
$\bar{x}$	1543	5.6	3.5	286		
Suizo	2727	9.5	6.6	286	31	Becerril <i>et al.</i> , 1981
	3320	9.1		364	12	Portugal <i>et al.</i> , 1981
	2460	8.6		285	8	Treviño <i>et al.</i> , 1981
	2928	10.5		279	24	Barradas y Román, 1982
	2258	8.5		266	12	Hernández y Castellanos, 1983
	2434	8.3	6.0	295	48	Ortíz y Robles, 1983
	3220	10.6	7.7	305	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	2451	8.4	5.7	290	455	Rosales y Jiménez, 1989
	3195	10.6		298	371	Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994
	2884				157	Rodríguez <i>et al.</i> , 2005
$\bar{x}$	2788	9.3	6.5	296	1623	
Holstein	2512	7.2		350	24	Portugal <i>et al.</i> , 1981
	2529	8.7		292	8	Treviño <i>et al.</i> , 1981
	2928	10.5		279	24	Barradas y Román, 1982
	2325	7.6		306	8	Hernández y Castellanos, 1983
	4369	13.6	11.2	320	121	Ortíz y Gutiérrez, 1989
	2571	9.0	6.3	284	455	Rosales y Jiménez, 1989
	2078	11.6		180	25	Magaña <i>et al.</i> , 1996
	2918	9.6		305	468	Carvajal-Hernández <i>et al.</i> , 2002
	2823	9.7	6.0	292	41	Teyer-Bobadilla <i>et al.</i> , 2002
$\bar{x}$	2784	9.7	7.8	290	1174	

El mejoramiento de los SDP no termina con la elección o selección de una raza o cruce en particular, esto es sólo un aspecto que debe asociarse en forma integral con el manejo de praderas, suplementos, calidad del producto obtenido, comercialización y otros aspectos de orden social. Recientemente, se demostró que los cruzamientos y la selección de individuos genéticamente superiores en ambientes diversos mejoran la PL, la fertilidad y la habilidad de las crías para ganar peso durante y después del destete (Hernández-Reyes *et al.*, 2000; Teyer-Bobadilla *et al.*, 2002; Castillo-Gallegos *et al.*, 2004; Parra-Bracamonte *et al.*, 2005).

En otros estudios, Hernández-Reyes *et al.* (2000), Magaña (2000) y Vite-Cristóbal *et al.* (2004) demostraron que las vacas $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI utilizadas en los trópicos manifestaron una mejor adaptación a las condiciones ambientales durante los últimos años. Adicionalmente, demostraron que dichas vacas tienen un potencial productivo más grande (27 a 84%) y un desempeño reproductivo superior (15 a 18%) comparadas con otras cruces en condiciones tropicales. Además, se ha observado que las cruces de primera generación tienen mayor vigor que otras cruces bajo condiciones de estrés ambiental (McDowell *et al.*, 1996; Madalena, 2001).

Las diferencias entre grupos raciales fueron expuestas claramente por Achayra (1987), quién encontró que las cruces $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI excedieron el comportamiento productivo de razas locales en 265% para PLT. Paralelamente, Lozano y Maza (2002) indicaron que en grupos raciales con mayor tendencia hacia cualquiera de las razas BT y BI, la PL disminuye debido a un desequilibrio entre las razas lecheras más productivas (BT) y la adaptación al ambiente que

proporcionan las razas cebuinas (BI). Estos mismos autores concluyeron que los grupos raciales $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI y $\frac{5}{8}$ BT X $\frac{3}{8}$ BI producen más PLT que $\frac{3}{4}$ BT X $\frac{1}{4}$ BI. El hecho anterior sugiere que un 25% de genes BI no es suficiente para adaptarse a las condiciones tropicales.

Las indicaciones anteriores pueden confirmarse con los resultados del Cuadro 2. En los últimos años se ha observado incrementos en la PLT, PLD y PLIEP de los grupos raciales $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$ y $\frac{3}{4}$ BT. Sin embargo, la superioridad en estas características de los grupos raciales $\frac{1}{2}$ BT no es evidente cuando se contrasta con $\frac{1}{4}$, $\frac{5}{8}$ y $\frac{3}{4}$ BT, aunque la PL es mayor en todos los grupos raciales comparados con los valores presentados en el Cuadro 1 para animales C. García (2005) encontró que los grupos raciales con 50 a 80% de genes BT mostraron mayor PLT, PLD, PLIEP y TPLMax con respecto a los grupos raciales con proporciones de genes BT inferiores y superiores a los indicados. Otros resultados similares fueron publicados para los trópicos del mundo (Cunningham y Syrstad, 1987; Syrstad, 1990; Thorpe *et al.*, 1993; Syrstad, 1995; Rege, 1998).

PL y eventos reproductivos de bovinos en condiciones tropicales

La PL y la actividad reproductiva de los bovinos en condiciones tropicales dependen de varios factores. En esta sección se discutirán los siguientes: grupo racial, número de parto, gestación, estado de salud de la vaca, año y época de parto y nacimiento, sistema de producción, clima tropical, sistema de pastoreo, suplementación, amamantamiento del ternero y tipo y frecuencia de ordeño.

Cuadro 2. Producción de leche de vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* manejados con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos

Proporción <i>B. taurus</i>	PLT	PLD	PLIEP	PLMAX	TPLMAX	DL	n	Referencia
$\frac{1}{4}$	3339	10.9	7.7			305	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	3526	11.6	8.3			305	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	1939	9.1				214	21	Magaña, 2000
	1322	5.8	3.0			225		Parra <i>et al.</i> , 2004
	2031	8.5	5.7	12.2		237	1220	García, 2005
	2206		5.3					Parra-Bracamonte <i>et al.</i> , 2005
$\bar{X}$	2394	9.2	6.0	12.2		257		
$\frac{1}{2}$	1302	7.5	3.1			173	25	Becerril <i>et al.</i> , 1981
	2149	10.0	5.6			214	62	Becerril <i>et al.</i> , 1981
	3167	9.0				350	24	Portugal <i>et al.</i> , 1981
	2313	8.4				274	8	Treviño <i>et al.</i> , 1981
	1238	7.2	3.1			172	49	Padilla <i>et al.</i> , 1984
	3265	10.7	7.5			305	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	3688	12.1	9.1			305	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	2292	8.5	6.3			264		Hernández <i>et al.</i> , 1989
	2415	7.8	5.5			306		Aluja <i>et al.</i> , 1998
		12.9					32	Castillo <i>et al.</i> , 1999
	2013	7.9	4.7			255	272	Hernández-Reyes <i>et al.</i> , 2000
	2598	10.0				258	44	Magaña, 2000
		10.7					20	Aguilar-Pérez <i>et al.</i> , 2001
	2016	10.1				200		Castillo-Gallegos <i>et al.</i> , 2004
	3519	12.5	10.2	15.4	35.0	285	30	Vite-Cristóbal <i>et al.</i> , 2004
	3569	13.0	9.8	19.7	49.0	335	30	Vite-Cristóbal <i>et al.</i> , 2004
	2656	9.5	6.8	13.7		294	1220	García, 2005
	2884						157	Rodríguez <i>et al.</i> , 2005
$\bar{X}$	2568	9.9	6.5	16.3	42.0	266		
$\frac{5}{8}$	1749	4.8	3.5			360		Aluja <i>et al.</i> , 1998
		12.9					16	Castillo <i>et al.</i> , 1999
$\bar{X}$	2824	9.7	6.9	13.8		311	1220	García, 2005
	2286	9.1	5.2	13.8		336		
$\frac{3}{4}$	1391	7.3	3.3			190	23	Padilla <i>et al.</i> , 1984
	3378	11.1	8.6			305	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	3609	11.8	8.9			305	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	2435	7.6	5.4			318		Aluja <i>et al.</i> , 1998
		11.9					40	Castillo <i>et al.</i> , 1999
	2395	10.3				229	77	Magaña, 2000
	3396	11.3	9.4	17.0	44.5	356	90	Vite-Cristóbal <i>et al.</i> , 2004
	2895	9.8	6.7	13.6		320	1220	García, 2005
	2206		5.3					Parra-Bracamonte <i>et al.</i> , 2005
$\bar{X}$	2713	10.1	6.8	15.3	44.5	289		

Factores asociados al grupo racial

Los estudios publicados antes del presente demostraron que el grupo racial de la vaca influyó en su PL y la forma de la curva de lactancia (Grossman y Koops, 1988; Strandberg y Lunderg, 1991; Vargas *et al.*, 2000; Osorio-Arce y Segura-Correa, 2005). En la última década se han observado producciones de leche superiores a los 3600 kg por lactancia, 13.0 kg por día de lactancia y 10.2 kg por día interparto en vacas $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI (Cuadro 2). Las vacas BI mostraron producciones inferiores a los 1890 kg por lactancia, 6.6 kg por día y 3.5 kg por día interparto (Cuadro 1). Paralelamente, las vacas con proporción mayor al 50% de genes BT produjeron más de 3600 kg por lactancia, 12.9 kg por día de lactancia y 9.4 kg por día interparto (Cuadro 2). Este efecto se explica por la heterosis de las madres, tal como se observó en los estudios realizados en Tabasco, México por García (2005) y en Falcón, Venezuela por Pariacote *et al.* (1997).

El resumen de los estudios anteriores demuestra que la PL de bovinos cruzados fue superior a los C y los rangos de PLT, PLD y PLIEP fueron variables de 1238 a 3688 kg, 4.8 a 13.0 kg y 3.0 a 10.2 kg, respectivamente. La variabilidad se atribuyó al mejoramiento genético de las tres razas que conformaron los diversos grupos raciales estudiados (Madalena, 1993; Aluja *et al.*, 1998; Rege, 1998), y en todos los casos, las vacas se manejaron bajo condiciones similares.

El comportamiento reproductivo de los bovinos BI es diferente al de los BT. Los animales C alcanzan la madurez sexual más lentamente que los animales con ancestros británicos (Martin *et al.*, 1992; Chenoweth, 1994; Vargas *et al.*, 1998; Thalman *et al.*, 1999; Thomas *et al.*, 2002). La pubertad en ambos grupos raciales está influenciada por diversos factores incluyendo la edad, la tasa de crecimiento y las diferencias raciales (Patterson *et al.*, 1992; Hennessy y Morris, 1999; González *et al.*, 2006). Los animales C que crecen en climas cálidos requieren de más tiempo para alcanzar la pubertad y tienen diferencias en crecimiento, producción y reproducción con los BT (Chenowaeth, 1994; Simpson *et al.*, 1997; Alvarez *et al.*, 2000; González *et al.*, 2006).

Además de la edad y el crecimiento corporal, las hormonas y metabolitos involucrados en la lipogénesis y la lipólisis influyen en la maduración y la funcionalidad del sistema reproductivo de la vaca (Kinder *et al.*, 1995; Lucy, 2000, 2001; García *et al.*, 2002). La leptina, una hormona metabólica derivada del tejido adiposo y que influye directamente en la reproducción está regulada por las diferencias raciales entre BT y BI. Dichas diferencias también han sido observadas en las concentraciones de hormonas metabólicas como GH, IGF-I e insulina, las cuales son también conocidas por su contribución en la acumulación de grasa corporal y en la generación de compuestos del tejido adiposo (Obeidat *et al.*, 2002; Spicer, 2002; Thomas *et al.*, 2002). Los BI presentan folículos dominantes más pequeños y también el cuerpo lúteo (Henao *et al.*, 2000; Bo *et al.*, 2003); sin embargo, producen mayor número de folículos que BT (Alvarez *et al.*, 2000; Henao *et al.*, 2000).

La sensibilidad del hipotálamo al estradiol se reduce en los bovinos conforme estos se aproximan a la pubertad; sin embargo, este evento ocurre a una edad mayor en vaquillas BI que en BT (Rodríguez *et al.*, 2002). Los componentes endócrinos del eje hipotálamo-hipofisiario también son regulados por varias hormonas metabólicas. Las concentraciones de hormonas como GH, IGF-I, leptina e insulina resultan ser mayores en vacas multíparas BI que en BT (Nagatani *et al.*, 2000; Amstalden *et al.*, 2003). Aunque las observaciones anteriores, aparentemente, resultan todavía conflictivas, constituyen una explicación de la madurez sexual tardía y de la eficiencia reproductiva baja de los bovinos tropicales.

En el caso particular de los bovinos C y lecheros en pastoreo en el trópico mexicano, se ha encontrado que las vacas C presentan su primer parto a una edad mayor que las vacas S y H. Además, la EPP fue superior en 6.3 y 7.2 meses, respectivamente. Por el contrario, el IPC de vacas C es más corto en 8 y 32 días que en S y H, independientemente de que el IEP es similar en ambos grupos raciales bajo las mismas condiciones de manejo (Cuadro 3).

La EPP fue similar en todos los grupos raciales con diferente proporción de genes BT estudiados (Cuadro 4). Sin embargo, el grupo racial $\frac{1}{4}$ BT es el que presentó la edad mayor al primer parto que $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ BT. Además, el grupo racial $\frac{1}{2}$ BT fue siempre superior en IPC e IEP a los grupos raciales con proporciones superiores e inferiores de genes BT (Cuadro 4). Esta superioridad se atribuye a la combinación de una habilidad mayor de crecimiento rápido

proporcionado por los genes BT y a la posibilidad mayor de expresar esta habilidad en un ambiente tropical debido a los genes BI.

Cuadro 3. Comportamiento reproductivo de grupos raciales bovinos con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos

Grupo racial	EPP	IPC	IEP	n	Referencia
Cebú		129	397	24	Escobar <i>et al.</i> , 1984
			446	429	Hinojosa y Segura, 1986a
	37.7		451	429	Hinojosa y Segura, 1986b
		85	378	230	Segura y Rodríguez, 1987
	40.9		484	1377	Duarte-Ortuño <i>et al.</i> , 1988
		80		89	Rodríguez y Segura, 1995
		91		153	Alderete, 1998
		121		55	Segura y Rodríguez, 2000
	34.4		434		Magaña y Segura-Correa, 2001
	39.2			789	Magaña <i>et al.</i> , 2002
	40.6	114	392	109	Díaz-Hernández <i>et al.</i> , 2005
$\bar{x}$	38.6	103	426		
Suizo			412	31	Becerril <i>et al.</i> , 1981
		114		24	Barradas y Román, 1982
		123		12	Hernández y Castellanos, 1983
	33.3			179	Manríquez <i>et al.</i> , 1983
		112	404	48	Ortíz y Robles, 1983
	32.8			334	Román <i>et al.</i> , 1983
			418	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
			431	455	Rosales y Jiménez, 1989
		123	411	1127	Lozano <i>et al.</i> , 1992
	30.7			371	Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994
	32.6				Magaña y Segura-Correa, 2001
	32.3			228	Camacho <i>et al.</i> , 2004
		85		40	Martínez <i>et al.</i> , 2004
$\bar{x}$	32.3	111	415		
Holstein		114		24	Barradas y Román, 1982
		139		8	Hernández y Castellanos, 1983
	32.5			196	Manríquez <i>et al.</i> , 1983
	32.2			277	Román <i>et al.</i> , 1983
		125	406	121	Ortíz y Gutiérrez, 1989
			407	455	Rosales y Jiménez, 1989
		162		25	Magaña <i>et al.</i> , 1996
			462	82	Teyer-Bobadilla <i>et al.</i> , 2002
	29.5			183	Camacho <i>et al.</i> , 2004
$\bar{x}$	31.4	135	425		

El incremento en PL y mejor comportamiento reproductivo posparto conforme aumentó la proporción de genes BT fueron consistentes con los observados en estudios previos en los trópicos del mundo (Cunningham y Syrstad, 1987; McDowell *et al.*, 1996; Rege, 1998). Los últimos autores encontraron una mejoría gradual en el comportamiento productivo conforme la proporción de genes BT alcanzó el 80% y que con un porcentaje mayor la PL disminuyó.

Número de parto, gestación y estado de salud de la vaca

El número de parto influyó significativamente en la PL y los eventos reproductivos posparto. Hernández-Reyes *et al.* (2000), Carvajal-Hernández *et al.* (2002), Vite-Cristóbal *et al.* (2004), García (2005) y Rodríguez *et al.* (2005) observaron que el incremento en el número de parto, se asoció con el aumento de PLT, PLD y PLIEP.

En el Cuadro 5 se presentan los estudios realizados en el trópico mexicano, los cuales indican que DL, PLT, PLD y PLIEP incrementaron conforme aumentó el número de parto del primero al cuarto, con una reducción paulatina posterior a este último. La PLMax aumentó del primero al tercer parto; en otros parámetros productivos no se encontró seguimiento a través de los partos.

El número de parto también afectó el largo de los intervalos parto a concepción y entre partos sucesivos. Los IPC e IEP tendieron a ser menores conforme aumentó el número de parto.

Cuadro 4. Comportamiento reproductivo de vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* manejados con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos

Proporción <i>B. taurus</i>	EPP	IPC	IEP	n	Referencia
$\frac{1}{4}$	38.5		451.0	1377	Duarte-Ortuño <i>et al.</i> , 1988
	39.5		506.0	1377	Duarte-Ortuño <i>et al.</i> , 1988
		85.0	363.0	13	Villegas y Román, 1986
			433.6	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
			424.8	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
	33.6		431.0		Magaña y Segura-Correa, 2001
	36.0	213.0	401.5	597	Díaz-Hernández <i>et al.</i> , 2005
			429.0		Parra-Bracamonte <i>et al.</i> , 2005
	36.9	149.0	430.0		
$\frac{1}{2}$			422.0	25	Becerril <i>et al.</i> , 1981
			385.0	62	Becerril <i>et al.</i> , 1981
		91.5		26	Hernández y Castellanos, 1983
		106.7	381.5	12	Escobar <i>et al.</i> , 1984
	37.0	109.8	399.9	49	Padilla <i>et al.</i> , 1984
	38.4	113.5	397.3	128	Padilla <i>et al.</i> , 1984
	38.8			1377	Duarte-Ortuño <i>et al.</i> , 1988
		168.0	448.0	124	Villegas y Román, 1986
			435.3	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
			405.3	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
		86.0	368.0		Hernández <i>et al.</i> , 1989
			427.0	101	Rivera <i>et al.</i> , 1989
		87.8	367.5		Silva <i>et al.</i> , 1989
		89.5	369.0		Silva <i>et al.</i> , 1989
		156.2	438.0		Aluja <i>et al.</i> , 1998
			423.7	94	Hernández-Reyes <i>et al.</i> , 2000
			427.0	272	Hernández-Reyes <i>et al.</i> , 2000
	30.9		430.0		Magaña y Segura-Correa, 2001
	35.3	83.0	360.5	30	Vite-Cristóbal <i>et al.</i> , 2004
	31.0	71.0	351.5	30	Vite-Cristóbal <i>et al.</i> , 2004
		66.0		24	Aguilar <i>et al.</i> , 2005
			455.2	578	Cornejo <i>et al.</i> , 2005
	34.7	148.0	395.4	838	Díaz-Hernández <i>et al.</i> , 2005
			429.0		Parra-Bracamonte <i>et al.</i> , 2005
	35.2	105.9	405.5		
$\frac{5}{8}$		196.9	497.0		Aluja <i>et al.</i> , 1998
	35.9	356.0	532.3	190	Díaz-Hernández <i>et al.</i> , 2005
$\bar{x}$	35.9	276.5	514.7		
$\frac{3}{4}$	33.4	147.8	444.9	5	Padilla <i>et al.</i> , 1984
	33.5	138.7	408.6	17	Padilla <i>et al.</i> , 1984
		210.0	489.0	8	Villegas y Román, 1986
			392.7	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
			405.5	505	Apodaca <i>et al.</i> , 1989a
		164.0	453.0		
	32.7		430.0		Magaña y Segura-Correa, 2001
	39.2	163.5	414.5	30	Vite-Cristóbal <i>et al.</i> , 2004
	35.6	297.0		96	Díaz-Hernández <i>et al.</i> , 2005
			429.0		Parra-Bracamonte <i>et al.</i> , 2005
$\bar{x}$	34.9	186.8	429.7		

Strandberg y Lundberg (1991) observaron que a partir del día 160 de gestación la PL disminuyó en 0.1 kg de leche por día de gestación. La secreción de estrógenos y progesterona se consideraron como los mediadores del efecto inhibitorio de la gestación en la PL (Capuco *et al.*, 2003). La gestación es un factor que se considera constante, por lo que su influencia en IPC e IEP es mínima.

Cuadro 5. Efecto del número de parto en producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas *B. taurus* x *B. indicus* con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos

Parto	PLT ¹	PLD ²	PLIEP ³	PLMax ⁴	TPLMax ⁵	IPC ⁶	IEP ⁷	DL ⁸
1	2296	8.4	5.6	12.0	50	169	465	272
2	2655	9.5	7.3	14.4	38	143	423	284
3	2985	10.3	7.9	18.5	25	144	415	313
4	3022	10.0	7.1	14.0	29	134	422	296
5	2657	9.6	6.5	14.3	31	139	427	282
6	2586	9.3	5.8			130	430	268
≥7	2403	8.9	5.2			124	413	243

Fuente: Becerril *et al.*, 1981^{1-3,7,8}; Román y Román, 1981^{2,7}; Román *et al.*, 1983^{6,7}; Hinojosa y Segura, 1986b⁷; Villegas y Román, 1986^{1-3,6-8}; Ortiz y Gutiérrez, 1989^{1,2,8}; Rivera *et al.*, 1989^{1,7}; Lozano *et al.*, 1992^{6,7}; Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994^{1,2,8}; Hernández-Reyes *et al.*, 2000^{1-3,7,8}; Segura y Rodríguez, 2000⁶; Carvajal-Hernández *et al.*, 2002^{1,2,7,8}; Vite-Cristóbal *et al.*, 2004¹⁻⁸; Díaz-Hernández *et al.*, 2005^{6,7}; García, 2005^{1-5,8}; Rodríguez *et al.*, 2005¹.

Generalmente, las vacas enfermas presentan una disminución en el consumo de alimento, lo cual a su vez influye negativamente en la PL y la actividad reproductiva (Hennessy y Morris, 1999). La mastitis clínica posparto

fue un factor que retrasó el reinicio de la actividad ovárica posparto incrementando los intervalos parto a primer servicio y a concepción (Nava-Trujillo *et al.*, 2005), además, de generar pérdidas económicas considerables por disminución en la PL.

Año de parto y de nacimiento

El año de parto y de nacimiento de la vaca son variables complejas difíciles de explicar, cuyos efectos en la PL y el comportamiento reproductivo se explican por el manejo, el ambiente y sus interacciones (Osorio-Arce y Segura-Correa, 2005). Los estudios realizados en la última década demuestran claramente la influencia del año de parto en la PLT, PLD, PLIEP, PLMax, TPLMax, DL, IPC e IEP (Carvajal-Hernández *et al.*, 2002; Castillo-Gallegos *et al.*, 2004; Vite-Cristóbal *et al.*, 2004; García, 2005) y del año de nacimiento en la EPP (Magaña *et al.*, 2002; Cornejo *et al.*, 2005). Las diferencias se explican por la variación de la disponibilidad y la calidad de la MS a través de los años por efecto de la temperatura ambiental, el suministro de luz, la fertilización, la disponibilidad de agua y el manejo del pastoreo.

Época de parto y de nacimiento

En diversos estudios se concluyó que la época de parto de las vacas influyó en el comportamiento productivo y reproductivo de la vaca (Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994; Hernández-Reyes *et al.*, 2000; Carvajal-Hernández *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2005). En el norte de Veracruz, Vite-Cristóbal *et al.* (2004) encontraron que la época de parto influyó en DL, y no en la PLT, PLD,

PLIEP, PLMax y TPLMax. Lo anterior, se explicó porque los efectos de la temperatura y la precipitación sobre el metabolismo de la vaca y la disponibilidad de forraje fueron eliminados por el consumo de concentrado en las diferentes épocas del año.

En condiciones tropicales de México, los mejores desempeños productivo y reproductivo de las vacas fueron durante la época seca (Cuadro 6). La indicación anterior, se explica porque la época seca se asoció con una temporada fresca con temperaturas cercanas a 21°C y precipitaciones moderadas que favorecieron un confort metabólico apropiado para el crecimiento corporal, producción de leche y actividad reproductiva.

Cuadro 6. Efecto de la época de parto en producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas *B. taurus* x *B. indicus* con suplementación, doble ordeño y crianza artificial de los terneros en los trópicos mexicanos

Época	PTL ¹	PLD ²	PLIEP ³	PLMax ⁴	TPLMax ⁵	DL ⁶	EPP ⁷	IPC ⁸	IEP ⁹
Seca	2700	10.3	7.0	16.7	40	276	36.5	134	423
Lluvias	2583	10.1	6.9	15.1	38	265	36.9	119	432

Fuente: Becerril *et al.*, 1981^{1,6,7}; Manríquez *et al.*, 1983^{1,6,7,9}; Román *et al.*, 1983^{8,9}; Hinojosa y Segura, 1986b^{7,8}; Segura e Hinojosa, 1986^{7,8}; Villegas y Román, 1986^{1,6,8}; Lozano *et al.*, 1992^{8,9}; Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994^{1,2,6}; Hernández-Reyes *et al.*, 2000^{1-3,6,9}; Carvajal-Hernández *et al.*, 2002^{1,6}; Magaña *et al.*, 2002⁷; Vite-Cristóbal *et al.*, 2004¹⁻⁹; Aguilar *et al.*, 2005⁸; Cornejo *et al.*, 2005⁹; García, 2005¹⁻⁶; Rodríguez *et al.*, 2005¹.

Sistema de producción

La PL y la actividad reproductiva de los bovinos en condiciones tropicales depende de los sistemas de producción existentes (Pérez *et al.*, 1997). La PL y la reproducción de los animales alcanzaron sus óptimos biológicos y económicos cuando estuvieron en estabulación, mientras que los animales en pastoreo no lo alcanzaron (Gómez *et al.*, 2002; Teyer-Bobadilla *et al.*, 2002). La superioridad del sistema estabulado se explicó tanto por el nivel y tipo de alimento ofrecido a los animales como al movimiento físico menor. Los animales en estabulación tuvieron mayores posibilidades de expresar su potencial productivo, al tener mayor disponibilidad de nutrimentos de mejor calidad y menor gasto en traslado. Estas hipótesis se pueden confirmar con los valores de los parámetros productivos y reproductivos presentados en los Cuadros 7 y 8.

Clima tropical

La humedad y la temperatura son los factores que más influyen en el comportamiento del animal (Hafez, 1985). Hinojosa y Segura (1986a, 1986b) y Rivera *et al.*, (1989) constataron dicha situación en los trópicos mexicanos al observar mejores comportamientos de PLT, PLD, PLIEP, DL, EPP, IPC e IEP en trópico seco que en trópico húmedo y subhúmedo. Los resultados obtenidos por estos estudios son apoyados por los valores presentados en los Cuadros 7 y 8. Como se ha demostrado en los estudios presentados anteriormente, las decisiones de manejo deben centrarse en la reducción de los efectos propiciados por ambos factores. La reducción en temperatura y humedad seguramente permitiría incrementar la eficiencia productiva de los SDP.

Cuadro 7. Efecto del manejo nutricional, tipo de ordeño, tipo de clima tropical y sistema de producción en producción de leche de vacas *B. taurus* x *B. indicus* en los trópicos mexicanos

	Manejo	PLT	PLD	PLIEP	PLMax	TPLMax	DL
Pastoreo	Continuo ¹	1083	5.0	3.2	6.9		196
	Rotacional ²	1862	6.8	4.7			254
	Continuo + Suplemento ³	954	4.7	2.6			
	Rotacional + Suplemento ⁴	2494	9.5	6.4	15.1	43	266
Estabulación ⁵		2716	9.4	6.1			290
Ordeño	Manual + Una vez ⁶	1204	5.6	3.4	6.9		206
	Manual + Dos veces ⁷	2336	8.3	5.5			266
	Mecánico + Una vez ⁸	1630	7.3	3.7			237
	Mecánico + Dos veces ⁹	2692	10.1	7.3	15.1	43	277
Amamantamiento	Tradicional ¹⁰	1033	5.2	2.9	6.9		193
	Restringido ¹¹	1519	8.0	3.8			206
	Precoz ¹²	2510	9.4	6.5	15.1	43	271
Clima tropical	Húmedo ¹³	1648	8.1	6.1	13.3		241
	Subhúmedo ¹⁴	2032	7.8	4.9	13.2	43	242
	Seco ¹⁵	2465	8.6	6.0			285

Fuente: Álvarez *et al.*, 1980^{2,6,11,12,14}; Portugal y Garza, 1980^{4,5,12,14}; Becerril *et al.*, 1981^{4,5,7,9,12,14}; Portugal *et al.*, 1981^{2,4,7,12,14}; Román y Román, 1981^{1,6,10,14}; Treviño *et al.*, 1981^{4,7,12,15}; Barradas y Román, 1982^{4,9,12,15}; Hernández y Castellanos, 1983^{4,7,12,14}; Manríquez *et al.*, 1983^{5,7,12,14}; Ortiz y Robles, 1983^{4,7,12,13}; Román *et al.*, 1983^{5,7,12,14}; Hippen y Escobar, 1984^{4,6,10-13}; Padilla *et al.*, 1984^{4,7,12,14}; Piña *et al.*, 1986^{3,4,6,10,13}; Villegas y Román, 1986^{3,4,6,10,14}; Apodaca *et al.*, 1989a^{2,8,9,12,14}, 1989b^{8,12,14}; Hernández *et al.*, 1989^{4,6,8,11,13}; Ortiz y Gutiérrez, 1989^{4,7,12,14}; Rivera *et al.*, 1989^{4,8,11,14}; Rodríguez *et al.*, 1989^{2,6,11,14}; Rosales y Jiménez, 1989^{2,9,12,15}; Silva *et al.*, 1989^{2,6,11,14}; Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994^{4,12,14}; Quiroz-Valiente *et al.*, 1994^{1,6,10,14}; Magaña *et al.*, 1996^{4,9,11,12,13}; Aguilar, 1997^{4,9,11,14}; Castillo *et al.*, 1999^{4,9,11,13}; Osorio-Arce *et al.*, 1999^{4,11}; Magaña, 2000^{1,2,4,5,9-12,14}; Aguilar-Pérez *et al.*, 2001^{6,9,11,13}; Hernández-Reyes *et al.*, 2000^{4,6,11,14}; Pérez *et al.*, 2001^{4,8,10,11}; Carvajal-Hernández *et al.*, 2002^{4,9,11,12,14}; Gómez *et al.*, 2002^{1,2,10}; Teyer-Bobadilla *et al.*, 2002^{4,9,11,12,14}; Castillo-Gallegos *et al.*, 2004^{4,6,11,13}; Martínez *et al.*, 2004^{4,9,12,13}; Parra *et al.*, 2004^{1,6,9,14}; Vite-Cristóbal *et al.*, 2004^{4,9,12,14}; García, 2005^{4,9,12,13}; Luna *et al.*, 2005⁴; Ocaña *et al.*, 2005^{2,6,11,13}; Parra-Bracamonte *et al.*, 2005^{1,2,4,6,9-12,14}; Rodríguez *et al.*, 2005^{2,8,9,12,14}.

Sistema de pastoreo y suplementación

Los bovinos en condiciones tropicales responden de forma diferente a los sistemas de pastoreo (Magaña, 2000; Gómez *et al.*, 2002; Parra-Bracamonte *et al.*, 2005). El pastoreo rotacional incrementó la PLT, PLD, PLIEP y DL en 72, 36, 47 y 30%, respectivamente, en comparación al pastoreo continuo (Cuadro 7). Adicionalmente, el sistema de pastoreo influyó en las actividades reproductivas de la vaca (Parra-Bracamonte *et al.*, 2005). La EPP y el IEP en pastoreo rotacional fueron 2.8 meses y 29 días menores que en pastoreo continuo (Cuadro 8); esto se explica parcialmente porque con el pastoreo rotacional incrementa la utilización de forrajes, la disponibilidad de MS y el aprovechamiento de la calidad del forraje cosechado, lo que permite al animal expresar una mejor actividad reproductiva en contraposición con el pastoreo continuo.

La suplementación de los bovinos en condiciones tropicales fue extensamente revisada por Bargo *et al.* (2003) y Fike *et al.* (2003), ambas revisiones concluyeron que la respuesta en PL a la suplementación con concentrados en sistemas de pastoreo depende de la especie forrajera, la época del año, la etapa de lactancia, y el nivel y tipo de suplementación. La suplementación con alimento concentrado en pastoreo continuo la productividad lechera se mantuvo, mientras que en el rotacional incrementó (Cuadro 7). Sin embargo, en ambos tipos de pastoreo, el efecto principal fue sobre la capacidad de carga animal al incrementar el número de animales por unidad de superficie (Fike *et al.*, 2003). Otros efectos de la suplementación con concentrados incluyen el mejoramiento tanto de la EPP como la reducción de los IPC e IEP.

Los bovinos tropicales responden de forma diferente a los sistemas de pastoreo (Magaña, 2000; Gómez *et al.*, 2002; Parra-Bracamonte *et al.*, 2005). En el Cuadro 7 se puede observar que el pastoreo rotacional incrementa la PLT, PLD, PLIEP y DL en 72, 36, 47 y 30%, respectivamente, en comparación al pastoreo continuo. Adicionalmente, se ha observado que el sistema de pastoreo influye en las actividades reproductivas de las vacas en los ambientes tropicales (Parra-Bracamonte *et al.*, 2005). En el Cuadro 8 se puede observar que la EPP y el IEP en pastoreo rotacional fueron 2.8 meses y 29 días menores que en pastoreo continuo; esto se explica parcialmente porque con el pastoreo rotacional incrementa la utilización de forrajes, la disponibilidad de MS y el aprovechamiento de la calidad del forraje cosechado, lo que permite al animal expresar una mejor actividad reproductiva en contraposición con el pastoreo continuo.

Amamantamiento del ternero

El amamantamiento del ternero es un factor determinante en el comportamiento productivo (Margerison *et al.*, 2002) y reproductivo (Henao *et al.*, 2000; Margerison *et al.*, 2002) de la vaca. En los bovinos de doble propósito, una práctica común es el manejo de la cría con amamantamiento tradicional y restringido que implica la presencia del ternero al momento del ordeño. En la última década dichas explotaciones muestran tendencias a la especialización en la PL y la crianza artificial de las crías es cada vez más frecuente en los SDP (Piña *et al.*, 1986; Rivera *et al.*, 1989). La PTL, PLD, PLIEP, PLMax y DL fueron superiores en amamantamiento precoz que en restringido y tradicional (Cuadro 7), mientras que IPC e IEP fueron superiores en precoz y restringido que en tradicional (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto del manejo nutricional, tipo de ordeño, tipo de clima tropical y sistema de producción en comportamiento reproductivo de vacas *B. taurus* x *B. indicus* en los trópicos mexicanos

	Manejo	EPP	IPC	IEP
Pastoreo	Continuo ¹	40.5		451
	Rotacional ²	37.7	126	422
	Continuo + Suplementación ³		151	432
	Rotacional + Suplementación ⁴	34.6	137	423
Estabulación ⁵		32.7	153	443
Ordeño	Manual + Una vez ⁶		132	432
	Manual + Dos veces ⁷		130	417
	Mecánico + Una vez ⁸			463
	Mecánico + Dos veces ⁹		127	427
Amamantamiento	Tradicional ¹⁰		171	452
	Restringido ¹¹		108	416
	Precoz ¹²		135	422
Clima	Trópico húmedo ¹³	36.8	150	418
	Trópico subhúmedo ¹⁴	34.8	127	432
	Trópico seco ¹⁵		132	419

Fuente: Álvarez *et al.*, 1980^{2,14}; Becerril *et al.*, 1981^{2,5,7,9,14}; Román y Román, 1981^{1,8,14}; Barradas y Román, 1982^{9,12,14}; Hernández y Castellanos, 1983^{7,12,14}; Manríquez *et al.*, 1983^{5,7,14}; Ortiz y Robles, 1983^{7,12,13}; Román *et al.*, 1983^{5,7,12,14}; Escobar *et al.*, 1984^{2,6,10,11,12,13}; Hippen y Escobar, 1984^{2,6,10-13}; Padilla *et al.*, 1984^{2,7,12,14}; Hinojosa y Segura, 1986a^{2,13}, 1986b^{1,10,14}; Segura e Hinojosa, 1986^{2,13}; Villegas y Román, 1986^{3,6,10,14}; Segura y Rodríguez, 1987^{1,6,10-12,14}; Apodaca *et al.*, 1989a^{2,8,9,14}, 1989b^{2,8,14}; Duarte-Ortuño *et al.*, 1988^{1,9,14}; Hernández *et al.*, 1989^{6,7,11,13}; Ortiz y Gutiérrez, 1989^{7,12,14}; Rivera *et al.*, 1989^{2,14}; Rodríguez *et al.*, 1989^{2,6,11,14}; Rosales y Jiménez, 1989^{1,9,15}; Silva *et al.*, 1989^{2,6,11,14}; Lozano *et al.*, 1992^{3,6,12,14}; Ramírez y Segura, 1992^{5,7,12,15}; Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994^{4,14}; Rodríguez y Segura, 1995^{6,11,12,14}; Magaña *et al.*, 1996^{9,11,13}; Alderete, 1998^{2,6,11,14}; Segura y Rodríguez, 2000^{6,10,11,14}; Hernández-Reyes *et al.*, 2000¹⁴; Magaña y Segura-Correa, 2001^{2,10,14}; Magaña *et al.*, 2002^{1,14}; Osorio-Arce y Correa-Segura, 2002^{6,10,14}; Teyer-Bobadilla *et al.*, 2002^{9,14}; Camacho *et al.*, 2004^{4,14}; Martínez *et al.*, 2004^{6,10,11,13}; Parra *et al.*, 2004^{1,10,14}; Vite-Cristóbal *et al.*, 2004^{4,9,12,14}; Aguilar *et al.*, 2005¹¹; Cornejo *et al.*, 2005^{9,10}; Díaz-Hernández *et al.*, 2005^{4,9,12,13}; Parra-Bracamonte *et al.*, 2005^{1,2,9,10,14}.

Tipo y frecuencia de ordeño

El ordeño mecánico favoreció una mayor PLT, PLD, PLIEP y DL que el manual, ventaja que es aun mayor si el ordeño se realiza dos veces al día (Cuadro 7). Esto se atribuyó a que asociado al ordeño manual el ternero además de ser usado para estimular la bajada de la leche consume la leche residual o la producida por uno de los cuartos de la glándula mamaria, mientras que con ordeño mecánico los terneros no tienen acceso al amamantamiento.

Con un ordeño al día ocurre un llenado de la cisterna de la ubre lo que es una señal negativa a la síntesis de más leche (Capuco *et al.*, 2003), con dos o más ordeños al día se reduce el efecto negativo de llenado de la cisterna sobre la síntesis de más leche. Sin embargo, debe balancearse la mayor producción de leche con el costo en mano de obra al realizar más de un ordeño al día.

Literatura citada

- Acharya, R. M. 1987. Experiences in crossbreeding in India. *In: Dairying in India*. P. R. Gupta, editor. Priyadarshini Vihar Press. Delhi, India. pp: 27-43.
- Aguilar P., C. F. 1997. Suplementación y productividad de vacas lactantes de doble propósito en praderas tropicales. *Agrociencia* 31: 391-396.
- Aguilar P., C. F., F. Centurión C., R. Delgado de L., P. Garnsworthy y C. Ku J. 2005. Comportamiento reproductivo de vacas lactantes en pastoreo suplementadas con grasa sobrepasante. *In: Memoria XLI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. 14-18 de noviembre. Cuernavaca, Mor., México.
- Aguilar-Pérez, C. F., J. V. Cárdenas-Medina y J. S. Santos-Flores. 2001. Efecto de la suplementación con *Leucaena leucocephala* sobre la productividad de vacas cruzadas, bajo dos cargas de pastoreo. *Livestock Research for Rural Development* 13(4). Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/4/aqui134.htm>
- Alderete, R., H. Losada, J. Cortés, M. Osorio, and E. Aranda. 1998. Reproductive behaviour of commercial Zebu cows with calves under a regime of restricted suckling. *Livestock Research for Rural Development* 10(1). Disponible en URL: http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/1/cont10_1.htm

- Aluja, A., R. Acosta y A. Pulido. 1998. Comportamiento del ganado Holstein por Cebú en sistemas de lechería tropical. *In: Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería Bovina de Doble Propósito*. 17-18 de septiembre. Villahermosa, Tab., México. pp: 85-96.
- Alvarez F., J., G. Saucedo, A. Arriaga, and R. Preston T. 1980. Effect on milk production and calf performance of milking cross bred european/zebu cattle in the absence or presence of the calf, and of rearing their calves artificially. *Tropical Animal Production* 5: 25-37.
- Alvarez, P., J. Spicer, C. C. Jr. Chase, M. E. Payton, T. D. Hamilton, R. E. Stewart, A. C. Hammond, T. A. Olson, and R. P. Wetteman. 2000. Ovarian and endocrine characteristics during an oestrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *Journal of Animal Science* 78: 1291-1302.
- Amstalden, M., D. A. Zieba, J. F. Edwards, G. P. Harms, T. H. Welsh, R. L. Stanko, and G. L. Williams. 2003. Leptin acts at the bovine adenohypophysis to enhance basal and gonadotropin-releasing hormone-mediated release of luteinizing hormone: differential effects are dependent upon nutritional history. *Biology Reproduction* 69: 1539-1544.
- Apodaca, C., I. Torres B., A. Tewolde y E. Ortega. 1989a. Producción de leche e intervalo entre partos en cruzas que involucran las razas Holstein, Pardo suizo y Cebú. *In: Memoria X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. Acapulco, Gro., México. pp: 21-13.
- Apodaca, C., E. Ortega, J. De Alba y A. Tewolde. 1989b. Comparación entre Criollo Centroamericano, Jersey y Pardo Suizo como razas paternas para caracteres productivos y reproductivos. *In: Memoria X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. Acapulco, Gro., México. pp: 21:13.
- Bargo, F., D. Muller L., S. Volver E., and E. Delahoy J. 2003. Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture: Invited review. *Journal of Dairy Science* 86: 1-42.
- Barradas L., H. V. y H. Román P. 1982. Producción de vacas lecheras bajo tres niveles de concentrado en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México Supl.* 8: 31-35.
- Becerril P., C. M., H. Román P. y H. Castillo R. 1981. Comportamiento productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruzas con Cebú F1 en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 40: 16-24.
- Bo, G. A., P. S. Barusselli, and M. F. Martinez. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science* 78: 307-326.
- Camacho R., J. C., V. M. Zumayo C. y J. Gallegos S. 2004. Características reproductivas al primer parto en vaquillas Holstein y Suizo Pardo en clima subtropical húmedo. *In: Memoria XXXII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. 27-29 de octubre. Monterrey, N. L., México. pp: 125-130.

- Capuco V., A., E. Ellis S., A. Hale S., E. Long, A. Erdman R., X. Zhao, and J. Paape M. 2003. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *Journal of Animal Science* 81(Suppl. 3): 18-31.
- Carvajal-Hernández, M., E. R. Valencia-Heredia y J. C. Segura-Correa. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica* 13: 25-31.
- Casas, E. y A. Tewolde. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 9: 63-67.
- Castillo-Gallegos, E., J. Jarillo-Rodríguez, E. Ocaña-Zavaleta, B. Marín-Mejía, L. Mannetje y A. Aluja-Schunemann. 2004. Producción de vacas doble propósito en una asociación de gramas nativas-*Arachis pintoy* en el trópico húmedo de México. *In: Memoria XXXII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. 27-29 de octubre. Monterrey, N. L., México. pp: 282-285.
- Castillo G., P., E. Ocaña Z., C. Mendoza P., R. Gómez S., I. Rubio G., F. Livas C. y A. Aluja S. 1999. Complementos con base en melaza-urea para vacas de doble propósito del trópico veracruzano. *Veterinaria México* 30: 125-133.
- Chenoweth, P. J. 1994. Aspects in reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Australian Veterinary Journal* 71: 422-426.
- Cornejo M., S. A., J. C. Martínez G., E. M. Romero T., F. Briones E., M. Domínguez M. y F. De la Garza R. 2005. Intervalo entre partos de ganado de doble propósito bajo condiciones de pastoreo en el trópico veracruzano. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26-28 de octubre. Tampico, Tams., México. pp: 641-643.
- Cunningham, E. P., and O. Syrstad. 1987. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. *FAO Animal Production and Health Paper No. 68*. Rome, Italy. 89 p.
- Díaz-Hernández, M., R. López-Ordaz, J. G. García-Muñiz, P. A. Martínez-Hernández y R. Núñez-Domínguez. 2005. Actividad reproductiva de bovinos Cebú y sus cruza con razas europeas en un hato doble propósito. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26-28 de octubre. Tampico, Tams., México. pp: 671-676.
- Duarte-Ortuño, A., W. Thorpe, and A. Tewolde. 1988. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. *Animal Production* 47: 11-20.
- Escobar F., J., C. Jara L., S. Galina C. y S. Fernández-Baca. 1984. Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva posparto en vacas Cebú, Criollas y F1 (Cebú x Holstein) en el trópico húmedo de México. *Veterinaria México* 15: 243-248.
- Espinoza-García, J. A., J. A. Matus-Gardea, M. A. Martínez-Demián, M. J. Santiago-Cruz, H. Román-Ponce y L. Bucio-Alanís. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34: 651-661.

- Fike J., H., R. Staples C., E. Sollenberger L., B. Macoon, and E. Moore J. 2003. Pasture forages, supplementation rate and stocking rate effects on dairy cow performance. *Journal of Dairy Science* 86: 1268-1281.
- Galavis, J., and C. G. Vasquez-Pelaez. 1994. Estimation of milk production curve in Brown Swiss cattle in the subtropical climate of Mexico. *In: Proceedings 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. August 7-12. Guelph, Ontario, Canada. 20: 367-370.
- García, M. R., M. Amstalden, S. W. Williams, R. L. Stanko, C. D. Morrison, D. H. Kiesler, S. E. Nizieski, and G. L. Williams. 2002. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estros cycle, and different seasons in cattle. *Jornal of Animimal Science* 967: 398-2167.
- García C., R. 2005. Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 60 pp.
- Gómez C., H., A. Tewolde M. y J. Nahed T. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 10: 175-183.
- González S., C., J. Goicochea L., M. A. Rodríguez U., N. Madrid-Bury y D. González V. 2006. Incorporación al servicio en novillas mestizas doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14: 1-9.
- Grossman, M. and W. J. Koops. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 71: 1598-1608.
- Hafez, E. S. E. 1985. Reproduction in farm animals. 5th ed. Lea and Febiger Ed. Philadelphia. 560 pp.
- Henao, G., M. Olivera-Angel, and J. G. Maldonado-Estrada. 2000. Follicular dynamics durig the postpartum anestrous and the first estrous cycle in suckled or non-suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. *Animal Reproduction Science* 63: 127-136.
- Hennessy W., D., and S. G. Morris. 1999. Effect of breed type, lactation and nutrition on the calving probability of cattle grazing subtropical pastures in Australia. *Journal of Agriculture Science* 133: 97-102.
- Hernández G., J. F. y A. Castellanos R. 1983. Influencia de los baños refrescantes sobre el comportamiento productivo y reproductivo de razas especializadas y cruzadas en el trópico subhúmedo AW(o). *Veterinaria México* 14: 6-11.
- Hernández H., V. D., G. A. Ortiz O., F. J. Juárez L. y H. Román P. 1989. Efecto de la ordeña dos veces al día sobre el comportamiento productivo de ganado cruzado de doble propósito en clima tropical húmedo (Am). *In: Memoria XXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. 12-14 de diciembre. México, D. F., México. p. 191.
- Hernández-Reyes, E., V. M. Segura-Correa, J. C. Segura-Correa y M. M. Osorio-Arce. 2000. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia* 35: 699-705.

- Hinojosa C., J. A. y J. C. Segura C. 1986a. Eficiencia reproductiva de un hato Cebú comercial bajo condiciones tropicales. II. Intervalo entre partos. *Veterinaria México* 17: 255-259.
- Hinojosa, A. y J. Segura. 1986b. Edad al primer año y comportamiento reproductivo de hembras Cebú en la península de Yucatán, México. *In: Memoria X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. Acapulco, Gro., México. 21: 9-10.
- Hippen H., E. y F. J. Escobar M. 1984. Efecto de diferentes sistemas de crianza sobre el desarrollo del ternero y la productividad de la vaca en el trópico húmedo de México. *Veterinaria México*. 15: 83-92.
- INEGI. 2005. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Disponible en URL: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee05/estatal/ver/index.htm>
- Juarez L., F. I., G. Fox D., W. Blake R., and N. Pell A. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *Journal of Dairy Science*. 82: 2136-2145.
- Kinder, J. E., E. G. M. Bergfeld, M. E. Wehrman, K. E. Peters, and F. N. Kojima. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. Page 393 in *Reproduction in Domestic Ruminants III*. R. J. Scaramuzzi, C. D. Nancarrow, and C. Doberska (Eds.). Dorset Press, Dorsett, U. K. p. 393.
- Lozano C., A. y L. A. Maza O. 2002. Evaluación de ganado F1 (Holstein-Sahiwal) en un sistema de doble propósito en el estado de colima. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. 41 pp.
- Lozano D., R. R., G. Leyva R. y L. A. Moreno F. 1992. Efecto del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo y la fertilidad de vacas de la raza Suizo Americano en el trópico subhúmedo. *Técnica Pecuaria en México*. 30: 208-222.
- Lucy, C. M. 2000. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *Journal of Dairy Science* 83: 1635-1647.
- Lucy, C. M. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where Hill it end?. *Journal of Dairy Science* 84: 1277-1293.
- Luna P., C. L., J. A. Ramírez G., F. A. Rodríguez A. y V. Villa G. 2005. Respuesta productiva a la administración de oxitocina exógena en vacas de doble propósito en trópico. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26-28 de octubre. Tampico, Tamps., México. pp: 379-381.
- Madalena F., E. 1993. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal No. 111. Rome, Italy. 98 pp.
- Madalena F., E. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos: Artículo invitado. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 9: 108-117.

- Madalena F., L. Teodoro R., M. Lemos A., N. Monteiro J. B., and T. Barbosa R. 1990. Evaluation of strategies for crossbreeding dairy cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science* 73: 1887-1901.
- Magaña M., J. G. 2000. Relación entre el perfil nutricional y niveles de producción de diferentes genotipos de bovinos de doble propósito en el sureste de México. Tesis Doctoral. Universidad de Colima, México. 105 pp.
- Magaña, J. G., and J. C. Segura-Correa. 2001. Estimates of breed and heterosis effects for some reproductive traits of Brown Swiss and Zebu-related breeds in South-eastern Mexico. *Livestock Research for Rural Development* 13(5). Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/maga135.htm>
- Magaña M., J., E. Valencia H. y R. Delgado L. 1996. Efecto del amamantamiento restringido y la crianza artificial sobre el comportamiento de vacas Holstein y sus crías en el trópico subhúmedo de México. *Veterinaria México* 27: 271-277.
- Magaña M., J. G., R. Delgado de L. y J. C. Segura C. 2002. Efecto del año y época de parto en el peso al nacer y edad al primer parto de vacas Cebú en Yucatán, México. *In: Memoria XXX Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Guadalajara, Jal., México. pp: 69-72.
- Manríquez M., Y., H. Román-Ponce, J. J. Hernández L., F. J. Padilla R. y H. Castillo R. 1983. Comportamiento reproductivo de ganado lechero en clima tropical. 2. Características reproductivas de vaquillas Holstein y Suizo Pardo hasta su primera lactancia. *Técnica Pecuaria en México* 45: 31-35.
- Margerison, J. K., T. R. Preston, and C. J. C. Phillips. 2002. Restricted suckling of tropical dairy cows by their own calf or other cows' calves. *Journal of Animal Science* 80: 1663-1670.
- Martin, L. C., J. S. Brinks, R. M. Bourdon, and L. V. Cundiff. 1992. Genetics effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *Journal of Animal Science* 70: 4006-4017.
- Martínez T., J. J., F. Izaguirre F., C. G. García C., J. F. Aguirre M. y S. Posada C. 2004. Influencia del amamantamiento y presencia del toro en el comportamiento reproductivo de vacas suizo pardo. *In: Memoria XXXII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. 27-29 de octubre. Monterrey, N. L., México. pp: 219-223.
- McDowell R., E., C. Wilk J., and W. Talbott C. 1996. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. *Journal of Dairy Science* 79: 1292-1303.
- Nagatani, S., Y. Zeng, D. H. Kiesler, D. L. Foster, and C. A. Jaffe. 2000. Leptin regulates pulsatile luteinizing hormone and growth hormone secretion in sheep. *Endocrinology* 141: 3965-3975.
- Nava-Trujillo, H., H. Hernández-Fonseca, E. Soto-Belloso y A. Hoet. 2005. Eficiencia reproductiva de vacas mestizas doble propósito. Efecto de la mastitis clínica postparto. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26-28 de octubre. Tampico, Tamps., México. pp: 641-642.

- Obeidat, B. S., M. G. Thomas, D. M. Hallford, D. H. Kiesler, M. K. Petersen, W. D. Bryant, M. D. Garcia, L. Narro, and R. Lopez. 2002. Metabolic characteristics of multiparous Angus and Brahman cows grazing in the Chihuahuan Desert. *Journal of Animal Science* 80: 2223-2233.
- Ocaña Z., E., B. Valles M., P. Fajersson, C. Landeros, E. Castillo G. y J. Jarillo R. 2005. Efecto de la carga animal sobre la producción de leche y características de pasturas nativas en Veracruz, México. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26-28 de octubre. Tampico, Tamps., México. pp: 449-450.
- Ortíz O., G. A. y E. Gutiérrez A. 1989. Comportamiento productivo de un hato de vacas Holstein en clima tropical semicálido en el Distrito 004 Coatepec, Ver. *In: Memoria XXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. 12-14 de diciembre. México, D. F., México. p. 191.
- Ortíz O., G. y C. Robles B. 1983. Comportamiento de un hato de vacas Suizo Pardo en pastoreo, en clima tropical húmedo Af(c). *Técnica Pecuaria en México* 44: 69-71.
- Osorio-Arce, M., and J. Segura-Correa. 2002. Reproductive performance of dual-purpose cows in Yucatán, México. *Livestock Research for Rural Development* 14: 1-9.
- Osorio-Arce, M. y J. C. Segura-Correa. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. *Técnica Pecuaria en México* 43: 127-137.
- Osorio-Arce, M. M., J. C. Segura-Correa, D. A. Osorio-Arce y A. A. Marfil-Acevedo. 1999. Caracterización de la ganadería lechera del estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica* 10: 217-227.
- Padilla R., F. J., H. Román, P. y H. Castillo R. 1984. Evaluación del comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero cruzado con Cebú en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 47: 170-175.
- Pariacote A., F., D. Van Vleck L., A. Flores, M. Hahn y J. R. Martínez L. 1997. Contribución genética directa de grupo racial sobre producción de leche en ambientes tropicales. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5(Supl.1): 546 – 548.
- Parra B., M., R. Estrada L., J. G. Magaña M., J. C. Segura C. y M. Osorio A. 2004. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas manejadas en hatos de doble propósito en Yucatán. *In: Memoria XXXII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. 27-29 de octubre. Monterrey, N. L. México. pp: 48-51.
- Parra-Bracamonte, G. M., G. Magaña J., R. Delgado, M. Osorio, and J. C. Segura. 2005. Genetic and non-genetic effects on productive and reproductive traits of cows in dual purpose herds in Southeastern Mexico. *Genetics Molecular Research* 4: 482-490.

- Patterson, D. J., R. C. Perry, G. H. Kiracofe, R. A. Bellows, R. B. Staigmiller, and L. R. Corah. 1992. Management considerations in heifer development in puberty. *Journal of Animal Science* 70: 4018-4035.
- Pérez, A., R. Khalil, L. Vaccaro y M. I. Rodríguez. 1997. Edad al primer parto y su relación con la producción lechera en vacas de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5(Supl. 1): 518-520.
- Pérez H., P., F. Solaris M., M. García-Winder, M. Osorio-Arce y J. Gallegos-Sánchez. 2001. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 9: 79-85.
- Piña C., B. A., H. Román P. y J. J. Hernández L. 1986. Efecto de la lactancia restringida más destete temporal sobre el comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en el trópico húmedo. *Técnica Pecuaria en México* 50: 64-68.
- Portugal G., A. y R. Garza T. 1980. Producción láctea de vacas criollas encastadas de Cebú en pastoreo en el trópico subhúmedo (Aw). *Técnica Pecuaria en México* 39: 31-37.
- Portugal G., A., R. Garza T., R. De León G. y I. Molina Z. 1981. Avances en la investigación en producción de leche en pastoreo en el trópico de México. *Técnica Pecuaria en México*. Supl. 7: 52-60.
- Quiroz-Valiente, J., V. Vega-Murillo, A. Rios-Utrera, and M. Montaña-Bermudez. 1994. Milk yield and composition of Brahman and F1 crossbred Angus, Hereford, Charolais and Brown Swiss x Zebu cows. *In: Proceedings 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. August 7-12. Guelph, Ontario, Canada. 20: 379-382.
- Ramírez G., R. y J. Segura C. 1992. Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de Mexico. *Livestock Research for Rural Development* 4(2). Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd4/2/cont42.htm>
- Rege, J. E. O. 1998. Utilization of exotic germplasm for milk production in the tropics. *In: Proceedings 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. January 11-16. Armidale, Australia. 25: 193-201.
- Rivera V., M. D. 1998. Las experiencias del FIRA en cruzamientos de ganado bovino de doble propósito en el trópico a través de los centros de desarrollo tecnológico. *In: Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos*. 9-11 de noviembre. Villahermosa, Tab., México. pp: 78-84.
- Rivera V., M. D., R. Núñez D. y S. Fernández R. 1989. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas Holstein-Cebú y Suizo Pardo-Cebú en un hato de doble propósito. *Revista Chapingo* 65-66: 31-33.
- Rodríguez C., M. A., H. Román P. y C. Vázquez P. 1989. Índices productivos de los ranchos del Programa Ganadero Tepetzintla. *In: Memoria XXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. 12-14 de diciembre. México, D. F., México. p. 190.

- Rodríguez R., O. L., and V. M. Segura C. 1995. Effect of once-daily suckling on postpartum reproduction in zebu-cross cows in the tropics. *Animal Reproduction Science* 40: 1-5.
- Rodríguez, H. D., J. E. Kinder, and L. A. Fitzpatrick. 2002. Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at different ages. *Biology Reproduction* 66: 603-609.
- Rodríguez S., A., M. P. Jerez S., Y. Villegas A. y J. C. Vinay V. 2005. Modelos para la predicción de la producción de leche por lactancia de vacas en el trópico. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26-28 de octubre. Tampico, Tams., México. pp: 657-659.
- Román P., H., J. J. Hernández L. y H. Castillo R. 1983. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 1. Características reproductivas de vacas Holstein y Suizo Pardo. *Técnica Pecuaria en México* 45: 21-30.
- Román P., H. y C. Román P. 1981. Producción de leche en sistema extensivo tradicional en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 40: 7-15.
- Rosales A., J., y H. Jiménez S. 1989. Estudio retrospectivo de los bovinos productores de leche en al Campo Experimental Aldama, Tamaulipas. *In: Memoria XXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. 12-14 de diciembre. México, D. F., México. p. 190.
- Ruiz R., J. M. y J. C. Avendaño M. 1989. Comportamiento de gramíneas tropicales en un jardín de introducción. *Revista Chapingo* 65-66: 5-9.
- Silva L., M., L. Granados Z. y F. Orozco L. 1989. Producción láctea y comportamiento reproductivo de un hato de doble propósito en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. *In: Memoria XXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. 12-14 de diciembre. México, D. F., México. p. 189.
- Segura C., J. C. y J. A. Hinojosa C. 1986. Eficiencia reproductiva de un hato Cebú comercial bajo condiciones tropicales. I. Edad al primer parto. *Veterinaria México* 17: 249-253.
- Segura C., V. M. y O. L. Rodríguez R. 1987. Efecto de diversos manejos de la lactación sobre la fertilidad de ganado Cebú en trópico subhúmedo, con la utilización de inseminación artificial y monta natural. *Técnica Pecuaria en México* 25: 61-71.
- Segura C., V. M. y O. O. Rodríguez R. 2000. Comportamiento reproductivo de vacas Cebú sometidas a amamantamiento nocturno. *Técnica Pecuaria en México*. 38: 67-72.
- Simpson, R. B., C. C. Jr. Chase, L. J. Spicer, R. K. Vernon, A. C. Hammond, and D. O. Rae. 1994. Effect of exogenous insulin on plasma and follicular insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding protein activity, and metabolites in ovariectomized Angus and Brahman cows. *Domestic Animal Endocrinology* 14: 367-380.
- Spicer, L. J. 2002. Leptin: a possible metabolic signal affecting reproduction. *Domestic Animal Endocrinology* 21: 251-270.

- Strandberg, E., and C. Lundberg. 1991. A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Animal Production* 53: 399-402.
- Syrstad, O. 1990. Dairy cattle crossbreeding in the tropics: the importance of genotype x environmental interactions. *Livestock Production Science* 24:109.
- Syrstad, O. 1995. Dairy cattle crossbreeding in the tropics: choice of crossbreeding strategy. *Tropical Animal Health Production* 28 (3): 223-229.
- Teyer-Bobadilla, R., G. Magaña J., J. Santos y C. Aguilar. 2002. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holstein manejadas en un sistema de lechería especializada y otra de doble propósito en el sureste de México. *Livestock Research for Rural Development* 14(4). Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/4/teye144.htm>.
- Thallman R., M., V. Cundiff L., E. Gregory K., and M. Koch R. 1999. Germoplasm evaluation in beef cattle-Cycle IV: Postweaning growth and puberty in heifers. *Journal of Animal Science* 77: 2651-2659.
- Thomas, M. G., R. M. Enns, D. M. Hallford, D. H. Kiesler, B. S. Obeidat, C. D. Morrison, J. A. Hernandez, W. D. Bryant, R. Flores, R. Lopez, and L. Narro. 2002. Relationships of metabolic hormones and serum glucose to growth and reproductive development in performance-tested Angus, Brahman, and Brangus bulls. *Journal of Animal Science* 80: 757-767.
- Thorpe, W., P. Kang'ethe, J. E. O. Rege, R. O. Mosi, B. A. J. Mwandotto, and P. Njuguna. 1993. Crossbreeding Ayrshire, Friesian, and Sahiwal cattle for Milk Yield and Preweaning Traits of Progeny in the Semiarid Tropics of Kenya. *Journal of Dairy Science* 76: 2001-2012.
- Treviño T., R., R. Garza T., J. Monroy L. y M. A. González P. 1981. Producción de leche en pastoreo rotacional intensivo y semi-intensivo de Ferrer con vacas Suizo Pardo, Holstein y cruce de Holstein x Cebú. *Técnica Pecuaria en México Supl.* 7: 15-19.
- Vargas, C. A, M. A. Elzo, C. C. Jr. Chase, P. J. Chenoweth, and T. A. Olson. 1998. Estimation of genetics parameters from scrotal circumference, age puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. *Journal of Animal Science* 76: 2536-2541.
- Vargas, B., W. J. Koops, M. Herrero and J. A. M. Van Arendonk. 2000. Modeling extended lactations of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83: 1371-1380.
- Villegas C., M. C. y H. Román P. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Técnica Pecuaria en México* 51: 51-61.
- Vite-Cristóbal, C., R. López-Ordaz, J. G. García-Muñiz, R. Ramírez-Valverde, A. Ruiz-Flores y R. López-Ordaz. 2004. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. Artículo aceptado para su publicación en la revista *Veterinaria México*.

CAPÍTULO III

Producción de leche y actividad reproductiva de vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* en el norte de Veracruz, México*

Milk yield and reproductive performance of crossbred cows with different proportions of *Bos taurus* genes in the northern region of Veracruz, Mexico

C. Vite-Cristóbal¹

R. López-Ordaz¹

J. G. García-Muñiz¹

P. A. Martínez-Hernández¹

* Artículo para ser enviado a la revista Livestock Research for Rural Development.

¹ Posgrado en Producción Animal. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, México.

Tel. 015959521500 Ext. 5083

Correspondencia: rlopezor@yahoo.com

Abstract

The objectives of this research were to evaluate both the effect of some environmental factors and the optimum proportion of *Bos taurus* (BT) genes on milk yield (MY) and reproductive traits of crossbred cows BT X BI. Lactation records (n = 236) of 69 cows in three commercial dual-purpose farms in the north region of Veracruz, Mexico, were used. The variables that were analyzed were: daily milk yield (DMY), total milk yield (TMY), calving interval milk yield (CIMY), milk yield at lactation peak (MYLP), time to lactation peak (TLP), lactation length (LL), age at first calving (AFC), calving-conception interval (CCI), and calving interval (CI). A mixed model that included the fixed effects of farm, number of calving, year and calving season, and the random effect of cow within farm, was used for DMY, TMY, CIMY, MYLP, TLP, LL, CCI, and CI. A second model that included the fixed effects of farm along with the year and the season in which the cow was born, was used for AFC. The proportion of BT genes as a covariate was included in both models. TMY, TLP, LL, CCI, and CI reached a maximum (4,859.0 kg, and 39.6, 376.8, 180.7, and 463.5 d, respectively) with 75% BT genes. Results from this study suggest that crossbred cows with 75% BT genes are the most appropriate to produce milk with moderate reproductive performance in the tropical dairy systems in the northern region of Veracruz, Mexico.

Key Words: milk yield, dual-purpose cattle, crossbreeding, supplementation, tropical forages.

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de algunos factores ambientales y determinar la proporción óptima de genes *Bos taurus* (BT) en la producción de leche (PL) y el comportamiento reproductivo de bovinos cruzados BT X BI. La información analizada consistió de 236 lactancias de 69 vacas de tres hatos de doble propósito en el Norte de Veracruz, México. Las variables estudiadas incluyeron la PL por vaca por día (PLD), por lactancia (PTL), por día de intervalo entre partos (PLIEP), al pico de lactancia (PLMax), el tiempo al pico de lactancia (TPLMax), la duración de la lactancia (DL), la edad al primer parto (EPP), y los intervalos parto a concepción (IPC) y entre partos (IEP). El análisis de PLD, PTL, PLIEP, PLMax, TPLMax, DL, IPC e IEP se realizó ajustando un modelo mixto que incluyó los efectos fijos de rancho, número, año y época de parto, y el efecto aleatorio de vaca anidada en rancho. El análisis de EPP se realizó ajustando un modelo que incluyó los efectos fijos de rancho y año y época de nacimiento de la vaca. El porcentaje de genes BT se introdujo como covariable en ambos modelos. La PTL, TPLMax, DL, IPC e IEP alcanzaron su valor máximo (4,859.0 kg, y 39.6, 376.8, 180.7 y 463.5 d, respectivamente) con una proporción de 75% de genes BT. Los resultados observados sugieren la posibilidad de usar grupos raciales con proporciones de genes BT cercanos a 75% como los más apropiados para producir leche con comportamientos reproductivos moderados en los sistemas de producción de leche tropical del norte de Veracruz, México.

Palabras Clave: producción de leche, bovinos de doble propósito, cruzamiento, complementación, praderas tropicales.

Introducción

La ganadería veracruzana aprovecha 3.68 millones de ha, de las cuales 94.3% corresponde a los trópicos, que en su mayoría están cubiertas de forrajes para producir carne y leche en sistemas de producción de doble propósito (SDP; INEGI, 2005). El norte de Veracruz cuenta con 1.62 millones de bovinos que producen 233.07 millones de litros de leche en una superficie de 1.61 millones de ha (INEGI, 2005).

En la última década los SDP del norte de Veracruz muestran tendencias a la especialización en la producción de leche (PL) que requieren genotipos mejor adaptados al ambiente tropical y manejo más intensivo del pastoreo, suplementación y crianza artificial de los terneros (Vite-Cristóbal *et al.*, 2004; Aguilar *et al.*, 2005). Sin embargo, la PL y la actividad reproductiva de los grupos raciales lecheros en esta región dependen de factores asociados al animal, el ambiente y el manejo general.

Una de las alternativas para mejorar la PL y la actividad reproductiva en dichas condiciones puede ser la utilización de razas nativas *Bos indicus* (BI) en cruzamiento con razas lecheras *Bos taurus* (BT). La hipótesis anterior fue confirmada en varios estudios previos (Madalena *et al.*, 1990a; McDowell *et al.*, 1996; Rivera, 1998; Osorio-Arce y Segura-Correa, 2002). Acharya (1987) indicó que las vacas $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI comparados con las razas locales produjeron 265% más leche, la edad al primer parto fue menor en tres meses, el intervalo entre partos fue 30% menor, incrementaron el consumo de MS en 8% y acortaron el periodo seco en 234%.

La sostenibilidad de los SDP depende tanto de la efectividad de los cruzamientos como de la habilidad de las vacas para cosechar los alimentos requeridos para producir leche eficientemente. Sin embargo, la información relacionada con la evaluación de grupos raciales cruzados (BT X BI), que consumen forrajes tropicales, suplementados con concentrados y el manejo de los terneros con crianza artificial en condiciones locales requiere de estudios más detallados.

Con base en lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto de factores ambientales y determinar la proporción óptima de genes BT en la producción de leche y el comportamiento reproductivo de bovinos BT X BI en áreas tropicales del norte de Veracruz.

Materiales y métodos

Origen y descripción de la información

La información provino de los registros de tres explotaciones ganaderas: El Capitán, La Perlita y Loma Bonita del municipio de Ozuluama, Veracruz. El municipio se localiza a 21° 40'', 97° 51'' y 150 msnm. García (1988) clasificó el clima de la zona como $Aw_2(e)w''$, temperatura media anual de 24.9 °C y precipitación anual de 1074.3 mm.

Los registros fueron tomados entre 1993 y 2004, se incluyeron vacas con una a 10 lactancias, lo que dio un total de 69 vacas y 236 lactancias completas. Como lactancia completa se consideró aquella que contara con al menos 27 datos de producción diaria de leche a una frecuencia semanal del parto al

secado. En total se tuvieron cuatro grupos raciales con base a las proporciones de genes BT, las proporciones de BT y BI y sus frecuencias fueron: $\frac{1}{4}$ BT x $\frac{3}{4}$ BI (3%), $\frac{1}{2}$ BT x $\frac{1}{2}$ BI (67%), $\frac{5}{8}$ BT x $\frac{3}{8}$ BI (5%) y $\frac{3}{4}$ BT x $\frac{1}{4}$ BI (25%). El aporte de genes BI provino de las razas Brahaman (B), Indobrasil (I) y Gyr (G) y de los BT de las razas Holstein (H) y Suizo Pardo (S).

Las proporciones: $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$, y $\frac{3}{4}$ de genes BT fueron considerados en los términos relativos: 25, 50, 62.5 y 75% de genes BT para su posterior análisis como covariable en forma lineal y cuadrática.

Alimentación, ordeño y manejo reproductivo

La alimentación de las vacas se basó en el pastoreo por franjas con 12 h de ocupación de potreros con Pangola (*Digitaria decumbens*), Señal (*Brachiaria decumbens* cv. Señal), Bermuda (*Cynodon dactylon*), Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum var. Taiwán) y Gramas nativas (*Paspalum* spp. y *Axonopus* spp.). Las vacas en ordeño, recibieron un concentrado comercial de 18% de proteína cruda (Bovitan 1^a*) a razón de un kilogramo por cada 3.0 kg de leche producida en cada ordeño, con ajuste semanal.

El ordeño fue mecánico, en una sala en placas y pesadores individuales de leche tipo Waikato^{**}. Las vacas se ordeñaron dos veces al día (am y pm).

El empadre fue continuo, mediante inseminación artificial, la detección de calores se realizó dos veces al día durante el ordeño. Las vacas fueron servidas a las 12 h de detectado el calor con semen de toros H y S, B, I y G de registro.

* Nestlé S. A., México, D. F.

** Schlueter Dairy Technologies, Janesville, USA.

Variables en estudio

Los registros individuales de PL y eventos reproductivos de cada una de las vacas fueron utilizadas para generar las variables siguientes: PL por lactancia (PLT), por día (PLD), por día de intervalo entre partos (PLIEP) y al pico de lactancia (PLMax), tiempo al pico de lactancia (TPLMax), duración de la lactancia (DL), edad al primer parto (EPP), y los intervalos parto a concepción (IPC) y entre partos (IEP).

La PLT se estimó con el método de interpolación del ICAR (ICAR, 1995); PLD fue el cociente de PLT entre DL; PLIEP el cociente de PLT entre IEP. PLMax y TPLMax fueron estimados mediante la ecuación reparametrizada de Wood (Schaeffer *et al.*, 1977). Dicha ecuación, se utilizó debido a que fue la de mejor ajuste al compararla por la prueba de Friedman con las ecuaciones propuestas por Sikka (1950) y Wood (1967).

La DL fue el intervalo en días entre las fechas de parto y secado; EPP fue la edad en meses al momento del primer parto; IPC el intervalo en días entre las fechas del parto próximo anterior y la de servicio efectivo, e IEP fue el intervalo en días entre partos consecutivos.

En el Cuadro 9 se presentan algunos estadísticos descriptivos asociados a las variables en estudio.

Cuadro 9. Estadísticos descriptivos asociados a las variables en estudio

Variable ¹	n	Media	Máximo	Mínimo	Desv. Estd.	C. V.
PLT, kg	236	4143.1	13919.0	1331.0	1661.6	40.1
PLD, kg	236	12.5	24.8	4.6	3.3	26.2
PLIEP, kg	210	9.7	21.8	3.2	3.0	30.5
PLMAX, kg	196	18.4	42.7	6.6	5.3	28.7
TPLMAX, d	192	36.2	107.6	2.3	18.6	51.3
DL, días	240	330.5	722.0	208.0	84.2	25.5
EPP, meses	58	33.4	52.7	22.2	6.5	19.4
IPC, días	214	143.0	553.0	19.0	103.3	72.2
IEP, días	214	424.7	835.0	252.0	103.7	24.4

¹ PTL = producción de leche (PL) por lactancia, PLD = PL por día, PLIEP = PL por día de intervalo entre partos, PLMax = PL al pico de lactancia, TPLMax = tiempo al pico de lactancia, DL = duración de la lactancia, EPP = edad al primer parto, IPC = intervalo del parto a la concepción, IEP = intervalo entre partos, n = número de observaciones

Análisis estadístico

El número de lactancia fue agrupado en las categorías de 1 a 4 lactancias; en la categoría de 4 lactancias se incorporaron de esta a la décima lactancia.

El año de parto incorporó cuatro categorías: 2000, 2001, 2002 y 2003; la primera incluyó los partos de 1997 a 2000, mientras que la última los de 2003 y 2004. En IPC e IEP se tuvieron dos categorías de año de parto: 2000 y 2001; el primero incluyó los partos de 1997 a 2000 y el segundo los de 2000 a 2004.

El año de nacimiento incorporó dos categorías: 1997 y 1998; la primera incluyó los nacimientos de las vacas de 1993 a 1997 y la segunda de 1998 a 2001.

Las épocas de parto y de nacimiento fueron agrupados en dos categorías: lluvias y seca. Una precipitación promedio mensual por arriba de 60 mm (García, 1988) se consideró para definir la época de lluvias y la seca por debajo de la misma. Con base a este criterio, en la época de lluvias que comprendió

los meses de junio a octubre se distribuyó el 83% de la precipitación promedio anual y en la seca que incluyó los meses de noviembre a mayo se distribuyó el 17% de la precipitación restante.

El análisis de PLT, PLD, PLIEP, PLMax, TPLMax, DL, IPC e IEP se realizó de acuerdo con el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2002), con el modelo siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + L_j + AP_k + EP_l + V(R)_{im} + b_1 (PCTGEU - \hat{\mu}_{PCTGEU}) + e_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Cada una de las variables de respuesta modeladas,

μ = Media común para todas las observaciones,

R_i = Efecto fijo del i -ésimo rancho ($i = 1, \dots, 3$),

L_j = Efecto fijo del j -ésimo número de lactancia ($j = 1, \dots, 4$),

AP_k = Efecto fijo del k -ésimo año de parto ($k = 1, \dots, 4$),

EP_l = Efecto fijo de la l -ésima época de parto ($l = 1, 2$),

$V(R)_{im}$ = efecto aleatorio de la m -ésima vaca ($n = 1, \dots, 69$) anidada en el i -ésimo rancho $\sim \text{NID}(0, \sigma_v^2)$,

$PCTGEU$ = Proporción de genes de razas BT como covariable,

b_1 = Coeficiente de regresión lineal asociado con la proporción de genes de razas BT,

$\hat{\mu}_{PCTGEU}$ = Media estimada de la covariable proporción de genes de razas BT, y

e_{ijklm} = Error aleatorio asociado con cada observación $\sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$.

El análisis de EPP se realizó de acuerdo con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2002), con el modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + AN_j + EN_k + b_1 (PCTGEU - \hat{\mu}_{PCTGEU}) + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de EPP,

μ = Media general,

R_i = Efecto fijo del i -ésimo rancho ($i = 1, \dots, 3$)

AN_j = Efecto fijo del j -ésimo año de nacimiento ($j = 1, 2$),

EP_k = Efecto fijo de la k -ésima época de nacimiento de la vaca ($k = 1, 2$),

PCTGEU = Proporción de genes de razas BT como covariable,

b_1 = Coeficiente de regresión lineal asociados con la proporción de genes de razas BT,

$\hat{\mu}_{PCTGEU}$ = Media estimada de la covariable proporción de genes de razas BT, y

e_{ijk} = Error aleatorio asociado con cada observación $\sim NID(0, \sigma_e^2)$.

Las medias se estimaron por cuadrados mínimos y las interacciones de primer orden y la covariable PCTGEU en forma cuadrática que no fueron significativas se removieron del modelo inicial y se realizó el análisis de nueva cuenta. La comparación de medias de los efectos principales fue por Tukey ($\alpha = 0.05$). Para la covariable PCTGEU se obtuvieron los estimadores insesgados de los coeficientes de regresión. Las soluciones de los efectos fijos de los análisis de varianza se utilizaron para calcular el valor del intercepto de las ecuaciones de regresión para graficar la covariable significativa con cada una de las variables de respuesta.

Resultados

El nivel de significancia de los efectos principales y la covariable para las diferentes características evaluadas se presentan en el Cuadro 10. La proporción de genes BT influyó ($P < 0.05$) en la PLT, TPLMax, DL, IPC e IEP. Las interacciones de primer orden no fueron significativas.

Cuadro 10. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos principales y la covariable PCTGEU sobre las variables en estudio

Efecto ¹	Variables en estudio ²								
	PLT	PLD	PLIEP	PLMax	TPLMax	DL	IPC	IEP	EPP
	----- kg -----					----- días -----			----- meses -----
R	0.4625	0.0795	0.0433	0.4685	0.9237	0.0068	0.0433	0.0469	0.0004
L	<.0001	<.0001	<.0001	0.0003	0.2475	0.0433	0.2267	0.2514	
AP	0.0421	0.0077	0.0650	0.0591	0.9562	0.7506	0.6264	0.6006	
EP	0.7274	0.0652	0.2188	0.1258	0.0512	0.1117	0.1641	0.1948	
PCTGENEU	0.0101	0.2985	0.1407	0.2439	0.0414	0.0024	0.0199	0.0155	0.4595
AN									0.0528
EN									0.5106

¹ **R** = rancho, **L** = número de lactancia, **AP** = año de parto, **EP** = estación de parto, **PCTGEU** = covariable proporción de genes *Bos taurus* en forma lineal, **AN** = año de nacimiento de la vaca, **EN** = época de nacimiento de la vaca

² **PTL** = producción de leche (PL) por lactancia, **PLD** = PL por día, **PLIEP** = PL por día de intervalo entre partos, **PLMax** = PL al pico de lactancia, **TPLMax** = tiempo al pico de lactancia, **DL** = duración de la lactancia, **EPP** = edad al primer parto, **IPC** = intervalo parto a concepción, **IEP** = intervalo entre partos

Efectos ambientales

En el Cuadro 11 se muestran los valores de los atributos asociados a la producción de leche.

Cuadro 11. Atributos (media $\pm$ error estándar) de la producción de leche en vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* por rancho, número de lactancia, y año y época de parto

<i>Efecto</i>	<i>PLT</i>	<i>PLD</i>	<i>PLIEP</i>	<i>PLMax</i>	<i>TPLMax</i>	<i>DL</i>
	kg			días		
<i>Rancho¹</i>						
EC	4367 ± 426 ^a	11.2 ± 0.9 ^a	09.4 ± 0.8 ^{ab}	16.6 ± 1.5 ^a	33.7 ± 4.6 ^a	390 ± 19 ^a
LP	4378 ± 420 ^a	13.9 ± 0.9 ^a	11.5 ± 0.8 ^a	19.2 ± 1.4 ^a	35.7 ± 4.4 ^a	316 ± 19 ^b
LB	3950 ± 167 ^a	12.0 ± 0.3 ^a	09.2 ± 0.3 ^b	17.9 ± 0.6 ^a	33.9 ± 1.9 ^a	326 ± 07 ^b
<i>Número de lactancia</i>						
1	3261 ± 274 ^c	10.5 ± 0.5 ^c	08.5 ± 0.5 ^c	15.5 ± 1.0 ^c	35.2 ± 3.5 ^a	325 ± 13 ^b
2	3926 ± 252 ^b	11.8 ± 0.5 ^{bc}	09.5 ± 0.5 ^{bc}	16.6 ± 0.9 ^{bc}	30.3 ± 3.4 ^a	335 ± 12 ^{ab}
3	4642 ± 264 ^a	13.0 ± 0.5 ^{ab}	10.4 ± 0.5 ^{ab}	19.0 ± 0.9 ^{ab}	34.1 ± 3.4 ^a	351 ± 13 ^{ab}
4	5098 ± 301 ^a	14.1 ± 0.6 ^a	11.8 ± 0.6 ^a	20.4 ± 1.0 ^a	38.1 ± 3.3 ^a	366 ± 14 ^a
<i>Año de parto</i>						
2000	4464 ± 239 ^a	12.6 ± 0.5 ^{ab}	10.1 ± 0.5 ^a	17.5 ± 0.8 ^a	35.3 ± 2.7 ^a	348 ± 11 ^a
2001	4550 ± 254 ^a	13.4 ± 0.5 ^a	10.7 ± 0.5 ^a	19.8 ± 0.9 ^a	34.6 ± 3.3 ^a	346 ± 12 ^a
2002	3796 ± 268 ^b	11.5 ± 0.5 ^b	09.3 ± 0.5 ^a	17.2 ± 1.0 ^a	34.7 ± 3.6 ^a	333 ± 13 ^a
2003	4117 ± 305 ^{ab}	12.0 ± 0.6 ^{ab}	10.1 ± 0.7 ^a	17.1 ± 1.0 ^a	33.0 ± 4.1 ^a	349 ± 15 ^a
<i>Época de parto</i>						
Seca	4271 ± 219 ^a	12.8 ± 0.4 ^a	10.3 ± 0.4 ^a	18.6 ± 0.8 ^a	37.5 ± 2.4 ^a	335 ± 10 ^a
Lluvias	4192 ± 246 ^a	12.0 ± 0.5 ^a	09.8 ± 0.5 ^a	17.2 ± 0.9 ^a	31.3 ± 3.0 ^a	353 ± 11 ^a

¹ EC = El Capitán, LP = La Perlita, LB = Loma Bonita

^{a,b,c} Dentro de columna y efecto, medias con diferente literal son diferentes ($\alpha = 0.05$; Tukey)

El rancho solamente influyó ($P < 0.05$) en PLIEP y DL, en el rancho Loma Bonita se tendió a obtener la menor PLIEP, mientras que el rancho El Capitán mostró las lactancias más largas, casi dos meses más que en los otros dos ranchos que no muestran diferencia entre ellas (Cuadro 11).

Los atributos asociados a la producción de leche, a excepción de TPLMax, mostraron un incremento ($P < 0.05$) gradual de la primera a la cuarta lactancia (Cuadro 11), el mayor incremento relativo (56.3%) se dio en PLT al pasar de la primera a la cuarta lactancia.

El efecto de año de parto sólo fue importante ($P < 0.05$) para PLT y PLD, sobresale que los partos en 2002 tendieron a tener las menores PLT y PLD (Cuadro 11).

La época de parto no influyó ($P > 0.05$) sobre ninguno de los atributos asociados a la producción de leche. Sin embargo, se puede apreciar que PLD y TPLMax tendieron a ser superiores durante la época seca que en la de lluvias (Cuadro 11).

El rancho fue el único efecto que influyó ($P < 0.05$) en IPC e IEP (Cuadro 12). Para ambas variables el rancho El Capitán mostró los mayores intervalos y el Rancho Loma Bonita intervalos intermedios y no diferentes a los otros dos ranchos.

Cuadro 12. Intervalos (media $\pm$ error estándar) parto a concepción y entre partos de vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* por rancho, número de lactancia y año y época de parto

<i>Efecto</i>	<i>IPC</i> ----- días -----	<i>IEP</i>
<i>Rancho</i>¹		
EC	190.2 $\pm$ 23 ^a	471.0 $\pm$ 23 ^a
LP	105.0 $\pm$ 22 ^b	387.0 $\pm$ 23 ^b
LB	146.0 $\pm$ 09 ^{ab}	427.5 $\pm$ 10 ^{ab}
<i>Número de lactancia</i>		
1	141.5 $\pm$ 15 ^a	423.1 $\pm$ 16 ^a
2	126.7 $\pm$ 15 ^a	408.5 $\pm$ 15 ^a
3	153.0 $\pm$ 16 ^a	434.7 $\pm$ 17 ^a
≥ 4	167.1 $\pm$ 18 ^a	447.7 $\pm$ 19 ^a
<i>Año de parto</i>		
≤ 2000	150.6 $\pm$ 13 ^a	432.3 $\pm$ 14 ^a
≥ 2001	143.5 $\pm$ 12 ^a	424.7 $\pm$ 13 ^a
<i>Época de parto</i>		
Seca	136.4 $\pm$ 12 ^a	418.6 $\pm$ 12 ^a
Lluviosa	157.7 $\pm$ 14 ^a	438.4 $\pm$ 15 ^a

¹ EC = El Capitán; LP = La Perlita; LB = Loma Bonita.

^{a,b} Dentro de columna y efecto, medias con diferente literal son diferentes ($\alpha = 0.05$; Tukey).

El rancho, al igual que en IPC e IEP, fue el único efecto que influyó ($P < 0.05$) en la EPP, la mayor EPP se encontró en el rancho El Capitán, la EPP de las vacas de este rancho fue casi 10 meses mayor al de las vacas de los otros dos ranchos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Edad al primer parto (medias $\pm$ error estándar) en vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* por rancho y año y época de nacimiento

<i>Efecto</i>	<i>Edad al Primer Parto, meses</i>
<i>Rancho</i>¹	
EC	40.9 $\pm$ 2.1 ^a
LP	28.9 $\pm$ 1.9 ^b
LB	32.5 $\pm$ 0.9 ^b
<i>Año de nacimiento</i>	
≤ 1997	35.6 $\pm$ 1.1 ^a
≥ 1998	32.6 $\pm$ 1.4 ^a
<i>Época de nacimiento</i>	
Seca	33.6 $\pm$ 1.1 ^a
Lluviosa	34.6 $\pm$ 1.3 ^a

¹ EC = El Capitán, LP = La Perlita, LB = Loma Bonita

^{a,b} Dentro de columna y efecto, medias con diferente literal son diferentes ($\alpha = 0.05$; Tukey)

Efecto de la proporción de genes Bos taurus

La PTL, TPLMax, DL, IPC e IEP aumentaron conforme la proporción de genes BT en las vacas fue mayor (Figuras 1, 2, 3 y 4). En las vacas con 75% de genes BT la PTL, TPLMax y DL incrementaron en 51.4, 50.8 y 29.5% con respecto de las vacas con 25% de genes BT (Figuras 1, 2 y 3). El incremento en estos atributos de PL se asoció con incrementos en los IPC e IEP (Figura 4).

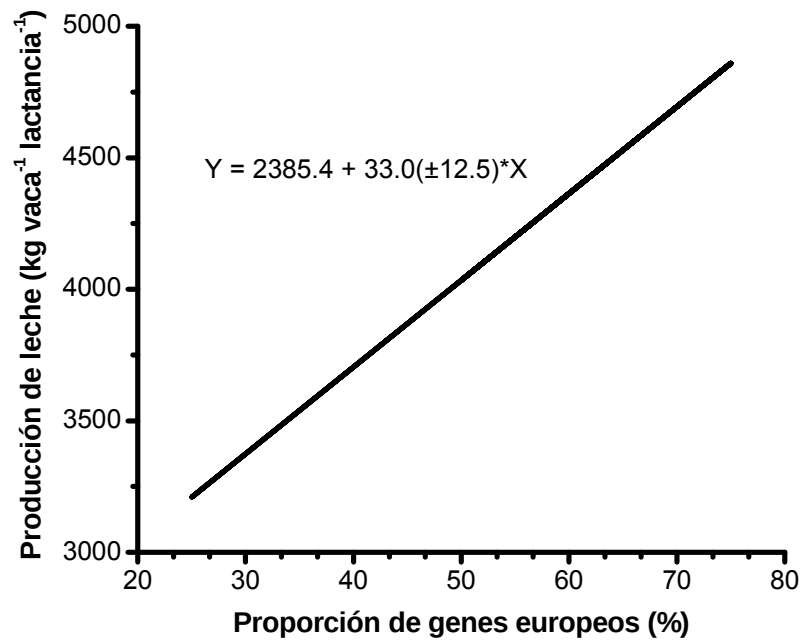


Figura 1. Producción de leche por lactancia en vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* de explotaciones del norte de Veracruz, México

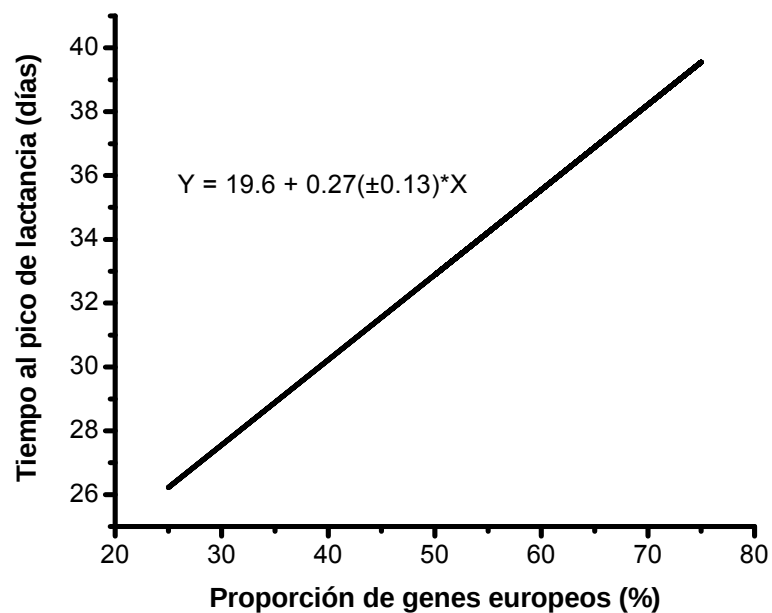


Figura 2. Tiempo al pico de lactancia en vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* de explotaciones del norte de Veracruz, México

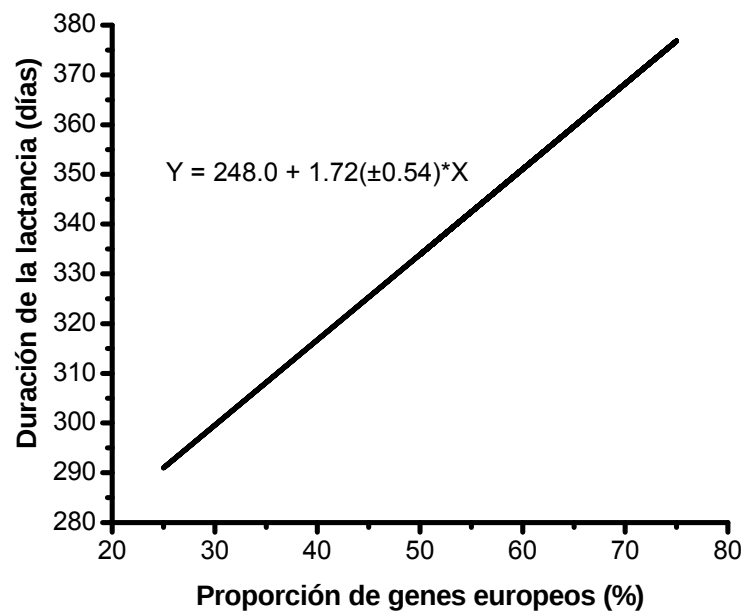


Figura 3. Duración de la lactancia en vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* de explotaciones del norte de Veracruz, México

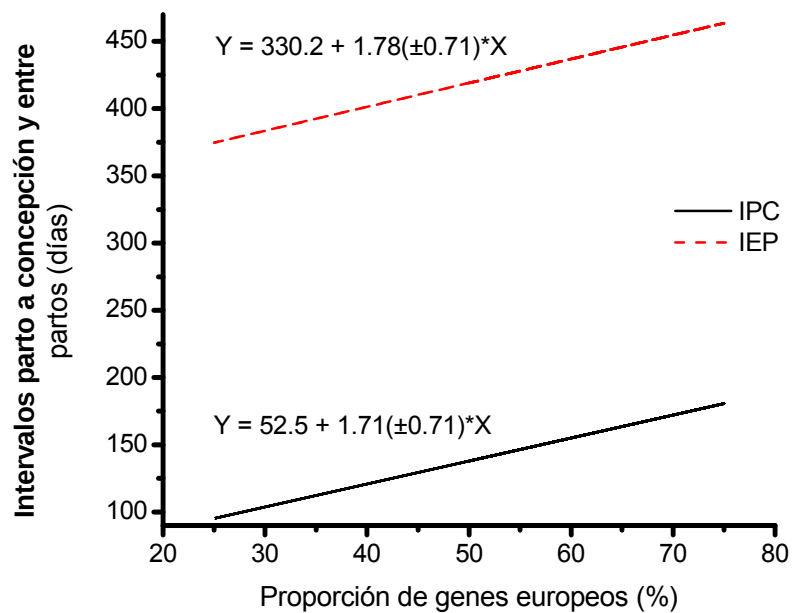


Figura 4. Intervalos parto a concepción (IPC) y entre partos (IEP) en vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* en explotaciones del norte de Veracruz, México

Discusión

Efectos ambientales

El mérito genético potencial para PL de vacas cruzadas BT X BI en las condiciones particulares del trópico mexicano es de 3800 kg de leche por lactancia (McDowell *et al.*, 1996). El alcanzar dicho objetivo es un reto para los productores de doble propósito, basado en el conocimiento de que los animales BI tienen lactancias más cortas y maduran reproductivamente a tasas más bajas que BT (Vargas *et al.*, 1998; Thallman *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006). Para superar dicho reto, los sistemas de PL tropical, deben incorporar germoplasma para PL en sistemas de cruzamientos (McDowell *et al.*, 1996; Pariacote *et al.*, 1997; Rege, 1998). La justificación del uso de animales BT es el aprovechamiento de la heterosis proveniente del cruzamiento de éstos con razas nativas BI (McDowell, 1985; Cunningham y Syrstad, 1987; Madalena *et al.*, 1990b; Madalena, 1993).

La PLT de 3261 a 5098 kg observada para diferentes lactancias en este estudio fue superior en dos o cuatro veces a los valores de 1322 y 1611 kg de leche en hatos de doble propósito que practican pastoreo continuo, sin suplementación y un sólo ordeño con apoyo del ternero (Hernández *et al.*, 1989; Rivera, 1998; Parra *et al.*, 2004). Sin embargo, es similar a lo observado por Carvajal-Hernández *et al.* (2002), Vite-Cristóbal *et al.* (2004), García (2005) y Rodríguez *et al.* (2005), en explotaciones con pastoreo rotacional, suplementación con concentrados, ordeña dos veces al día y crianza artificial del ternero. El primer hecho se explica porque en los sistema de PL tropical

estudiados una parte de la leche se deja a las crías, mientras que en el segundo las madres son separadas casi inmediatamente de sus crías para entrar a la línea de ordeño. La leche residual para el ternero depende de no ordeñar un cuarto u ordeñar parcialmente todos los cuartos. En el presente estudio, las vacas fueron manejadas con las prácticas antes mencionadas que les permitió expresar el potencial de PL observado.

El manejo intensivo de las praderas, los calendarios de vacunación y desparasitación, y la detección de calores son fuentes de variación importantes en el comportamiento productivo y reproductivo de la vaca. Las diferencias encontradas entre ranchos para PLIEP y DL (Cuadro 11), se atribuyeron a las diferencias en el manejo de estas prácticas.

La evaluación de grupos raciales para PL tiene como objetivos optimizar los recursos animales y naturales para alcanzar la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de PL tropical (Cunningham y Syrstad, 1987; Madalena, 1993; Thorpe *et al.*, 1993; Syrstad, 1995; McDowell *et al.*, 1996). Dentro de los componentes del sistema, el manejo eficiente de la reproducción animal permite optimizar la rentabilidad de los mismos. La eficiencia puede estimarse mediante la evaluación de indicadores como EPP, tasa de concepción, IPC e IEP (Lemos *et al.*, 1992; Madalena, 1993; Wilson *et al.*, 1998). La EPP es el resultado de varios factores asociados con la velocidad de crecimiento, la pubertad, el apareamiento y la naturaleza de los genes (Lemos *et al.*, 1992; Chenoweth, 1994; Pérez *et al.*, 1997).

En los SDP, el inicio de la PL y la producción de carne son igualmente importantes, y un objetivo puede ser el obtener vaquillas paridas a los 24

meses. Para lograrlo, las vaquillas deben alcanzar la pubertad a los 15 meses de edad. Lo anterior, puede constituirse en un reto para los sistemas de PL tropical que usan animales BT X BI. Los animales BI alcanzan la pubertad más tarde y tienen diferencias fisiológicas en crecimiento y productivas con respecto a los BT (Sacco *et al.*, 1987; Ortíz, 1994; Hennessy y Morris, 1999; Alvarez *et al.*, 2000; González *et al.*, 2006). El efecto de rancho en EPP, IPC e IEP se atribuyó a fallas en la detección de celos y la inseminación artificial. El resultado observado para EPP también se atribuyó a las diferencias entre ranchos en alimentación, vacunación y desparasitación de las vaquillas de reemplazo.

El volumen de la leche producida es el resultado de la conjunción de factores de la vaca, el ambiente y el manejo por el hombre. De los factores provenientes de las vacas, la madurez fisiológica asociada al número de lactancia influye grandemente en la cantidad de leche cosechada. El efecto de número de lactancia en PLT, PLD, PLMax, PLIEP y DL (Cuadro 11) se explica por el crecimiento y desarrollo corporal mayor, conjuntamente con el tamaño de las estructuras intestinales y la glándula mamaria mayores comparado con las vacas más jóvenes (Tucker, 1982). Este resultado fue similar a lo observado por Hernández-Reyes *et al.* (2000), Carvajal-Hernández *et al.* (2002), Vite-Cristóbal *et al.* (2004), García (2005) y Rodríguez *et al.* (2005) en clima tropical de México y por Cunningham y Syrstad (1987), Madalena (1993), McDowell *et al.* (1996) y Rege (1998) en los trópicos del mundo.

Las condiciones climáticas influyen en la cantidad de leche obtenida de diferentes formas. Una forma directa es alterando el metabolismo del animal por las temperaturas altas e indirectamente determinando la estacionalidad de la

producción forrajera (Badinga *et al.*, 1985; Jonsson *et al.*, 1999). La influencia del año en las características productivas de la vaca representan la interacción de un conjunto de factores confundidos en la mayoría de los estudios (Hernández-Reyes *et al.*, 2000). Lo anterior explica la inclusión de las mismas en el análisis de varianza para remover parte de la variación que ocasionan. Sin embargo, es un factor difícil de explicar debido a que incluye la variación de componentes ambientales a través de los años. El efecto de año de parto en PLT y PLD (Cuadro 11) se atribuyó a la disponibilidad y calidad de la materia seca diferentes entre años por efecto de la temperatura ambiental, el suministro de luz, la fertilización, la disponibilidad de agua y el manejo del pastoreo.

En las áreas tropicales, la época del año representa la conjunción de factores climáticos y del manejo de los animales. La época del año, definida en seca y lluvias, representa la suma de eventos meteorológicos que se expresan en tiempos definidos durante el año. Las tendencias encontradas en PLD y TPLMax (Cuadro 11) fueron atribuidas a que la época seca se asoció con una temporada fresca con temperaturas cercanas a 21°C y precipitaciones moderadas que favorecieron un confort metabólico apropiado para la PL. Dichos resultados fueron observados en otros estudios de condiciones tropicales diversas (Galavis y Vasquez-Pelaez, 1994; Hernández-Reyes *et al.*, 2000; Carvajal-Hernández *et al.*, 2002; García, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005).

Efecto de la proporción de genes Bos taurus

Los estudios de Becerril *et al.* (1981), Villegas-Carrasco y Román-Ponce (1986) y Hernández *et al.* (1989) sugieren que el genotipo de la vaca influye

positivamente en la cantidad de leche cosechada por día y lactancia. En el presente estudio, la covariable proporción de genes BT influyó en la PLT, TPLMax y DL (Figuras 1, 2 y 3). Los valores máximos de PLT, TPLMax y DL se obtuvieron con proporciones de genes BT de 75%. Dichas diferencias se atribuyen a efectos complementarios de los genes heredados de las razas parentales. Los animales BT transmiten a la progenie cruzada la habilidad para mejorar el metabolismo de los nutrientes, mientras que los BI transmiten información de adaptación al ambiente tropical (Madalena, 1993).

Con base en lo anterior, es posible indicar que la proporción de 25% de genes de BI (B, I y G) fue complementaria para que los animales BT (S y H) expresen su potencial mayor para PLT, TPLMax y DL. Dichos resultados sugieren que para las condiciones específicas del norte de Veracruz, los mejores grupos raciales para PL son cercanos a las proporciones de genes BT de 75%. Por lo tanto, el incluir genes de BT en los grupos raciales para PL representa una alternativa en los sistemas de PL tropical del norte de Veracruz.

Cunningham y Syrstad (1987), Rege (1998) y García (2005) observaron incrementos importantes en PL cuando la proporción de genes BT incrementó hasta 62.5%, posterior a este nivel, los incrementos fueron muy ligeros y no mostraron una tendencia clara. Treviño *et al.* (1980) evaluaron la PL de bovinos S, H y $\frac{1}{2}$ H X $\frac{1}{2}$ B. La PLD fue de 8.6, 8.7, y 8.4 kg día⁻¹ para los tres grupos raciales estudiados, respectivamente. La similitud fue explicada por el manejo de las condiciones ambientales incluyendo pastoreo intensivo, suministro de 4.0 kg día⁻¹ de alimento concentrado durante el ordeño, fertilización y riego. Más recientemente, Vite-Cristóbal *et al.* (2004) no observaron diferencias en PLD,

PLMax, PLIEP y TPLMax, al evaluar los grupos raciales $\frac{1}{2}$ BT X $\frac{1}{2}$ BI y $\frac{3}{4}$ BT X $\frac{1}{4}$ BI. Lo anterior fue atribuido al mejoramiento del ambiente por la inclusión de suplementos concentrados, doble ordeño, crianza artificial de los terneros y pastoreo rotacional.

La DL se explica por los días abiertos, la duración de la gestación y el periodo seco. El resultado observado para DL coincide con los publicados por Cunningham y Syrstad (1987), Madalena *et al.* (1990a) y Rege (1998) en climas tropicales del mundo, y Hernández-Reyes *et al.* (2000) y García (2005) en condiciones tropicales de México.

Los resultados observados para PLT son apoyados por Holman *et al.* (1990), quienes concluyeron que los grupos raciales con 75% de genes BT fueron los más rentables para PL en clima tropical.

Los resultados observados por Madalena *et al.* (1990b) apoyan a los obtenidos en el presente estudio. Los autores encontraron que en sistemas de PL tropical con limitaciones de nutrición, sanidad y manejo general, el grupo racial con 50% de genes BT mostró gran superioridad sobre otros cruzamientos con proporciones menores y superiores de genes BT en su desempeño zootécnico y económico, al considerar el conjunto de sus características y no solo la PL. Mientras tanto, en los sistemas en los cuales estas prácticas de manejo fueron mejores, el grupo racial con 50% de genes BT únicamente fue superior a los grupos con proporciones menores a ésta. Lo anterior se atribuyó a las diferencias existentes en la eficiencia de conversión de los alimentos en los grupos raciales con diferentes proporciones de genes BT alimentados con forrajes de excelente calidad y concentrados proteínicos.

Con base en lo anterior, la utilización del grupo racial más apropiado en sistemas de PL tropical con ambiente mejorado debe repercutirse en un aumento sustancial de la eficiencia económica de las mismas. Por lo tanto, en las condiciones particulares del norte de Veracruz es necesaria la implementación de esquemas de reemplazo continuo de vacas con 50% de genes BT, debido a que éstas permitirían una rápida transición hacia grupos raciales de mayor PL, como lo es el caso del grupo racial con 75% de genes BT observado en este estudio.

En el norte de Veracruz sería conveniente obtener las hembras con 50% de genes BT por inseminación artificial como lo propone Madalena (1993), con el objetivo de aprovechar la alta población de ganado BI con la que se cuenta en estas regiones. Lo anterior permitirá incrementar el volumen nacional de leche para abatir la insuficiencia del abasto del producto en la población mexicana, conservando los animales BI para su uso en el futuro y haciendo al sistema de PL más eficiente con enfoque sostenible y sustentable.

El IPC es una decisión de manejo que impacta grandemente en la eficiencia reproductiva de los hatos tropicales (Ortíz, 1994). El IPC puede modificarse por distocia y retenciones placentarias, cuya incidencia es mayor en las razas lecheras (De Alba *et al.*, 1978). El IEP es un indicador del costo y la ganancia marginal de una vaca por día de vida en el hato, el cual depende del IPC y de la duración de la gestación. Basado en que la duración de la gestación tiende a ser constante, el componente más influyente es entonces el IPC. De Alba *et al.* (1978) y Duarte-Ortuño *et al.* (1988) indicaron que el IEP no está asociado con factores hereditarios, en virtud de que el índice de herencia para

dicha variable es cercano a cero, tanto en bovinos de doble propósito, como en animales productores de carne y leche.

Los valores máximos de IPC e IEP se obtuvieron con porcentajes de genes BT de 75% (Figura 4). Lo anterior se relaciona con la habilidad productiva de las vacas BT (H y S). Los animales seleccionados para PL muestran comportamientos reproductivos posparto prolongados en la medida en que producen más leche. Los valores observados para IPC fueron similares a los publicados por Lozano *et al.* (1992) y menores a los de Aguilar *et al.* (2005), mientras que los de IEP fueron similares a los de Hernández-Reyes *et al.* (2000) y Cornejo *et al.* (2005).

Los resultados observados para el IPC no concuerdan con los publicados por Vite-Cristóbal *et al.* (2004), quienes encontraron que el grupo racial con 50% de genes BT fue superior al grupo con 75% de genes BT. Similarmente, Díaz-Hernández *et al.* (2005) observaron que el grupo racial con 50% de genes BT fue superior a los grupos con 25, 62.5 y 75% de genes BT.

La diferencia en días a favor del grupo racial con IEP más corto se explica por la habilidad reproductiva de las vacas BT (H y S), como se indicó anteriormente. Los valores observados para IEP indican que el comportamiento reproductivo de los grupos raciales con 25, 50, 62.5 y 75% de genes BT es superior a los grupos evaluados en estudios previos (Madalena *et al.*, 1990a; Aluja *et al.*, 1998; Hernández-Reyes *et al.*, 2000; Vite-Cristóbal *et al.*, 2004).

Conclusiones

El mejoramiento en el ambiente propicia una expresión más eficiente de la producción de leche y un comportamiento reproductivo posparto moderado del grupo racial con 75% de genes *Bos taurus*.

Las vacas con una proporción de 75% de genes *Bos taurus* manejadas con pastoreo rotacional, suplementación con un concentrado con 18% de PC, doble ordeño y crianza artificial del ternero, representan un potencial para producir leche en los sistemas de producción de leche tropical del norte de Veracruz.

El manejo diferencial en la alimentación de los grupos raciales con las mayores proporciones de genes *Bos taurus* muy probablemente generaría mejores respuestas en la producción de leche y la actividad reproductiva de las mismas.

Agradecimientos

Los autores hacen extensivo su agradecimiento al CONACyT por el apoyo brindado al primer autor para la realización de este estudio y al grupo de ganaderos del norte de Veracruz 'Tenek Federación de Sociedades Cooperativas S. C. de R. L. de C. V.' por proporcionar la información utilizada en el estudio.

Referencias

Acharya, R. M. 1987. Experiences in crossbreeding in India. *In: Dairying in India.* P. R. Gupta, editor. Priyadarshini Vihar Press. Delhi, India. pp: 27-43.

- Aguilar P., C. F., F. Centurión C., R. Delgado de L., P. Garnsworthy y C. Ku J. 2005. Comportamiento reproductivo de vacas lactantes en pastoreo suplementadas con grasa sobrepasante. *In: Memoria XLI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Cuernavaca, Mor., México. 14 al 18 de noviembre.
- Aluja, A., R. Acosta y A. Pulido. 1998. Comportamiento del ganado Holstein por Cebú en sistemas de lechería tropical. *In: Memoria del IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos*. 17-18 de septiembre. Villahermosa, Tab., Méx. pp: 85-96.
- Alvarez P., J., J. Spicer L., C. Jr. Chase C., E. Payton M., D. Hamilton T., E. Stewart R., C. Hammond A., A. Olson T., and P. Wetteman R. 2000. Ovarian and endocrine characteristics during an oestrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *Journal of Animal Science* 78: 1291-1302.
- Badinga, L., J. Collier R., W. Thatcher W., and J. Wilcox C. 1985. Effect of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science* 68: 78-89.
- Becerril P., C. M., H. Román-Ponce y H. Castillo. R. 1981. Comportamiento productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruza con Cebú F1 en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 40: 16-24.
- Carvajal-Hernández, M., E. R. Valencia-Heredia y J. C. Segura-Correa. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica* 13: 25-31.
- Chenoweth, P. J. 1994. Aspects in reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Australian Veterinary Journal* 71: 422-426.
- Cornejo M., S. A., J. C. Martínez G., E. M. Romero T. F. Briones E., M. Domínguez M. y F. De la Garza R. 2005. Intervalo entre partos de ganado de doble propósito bajo condiciones de pastoreo en el trópico veracruzano. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26 al 28 de octubre. Tampico, Tams., México. pp: 641-643.
- Cunningham, E. P., and O. Syrstad. 1987. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. *FAO Animal Production and Health Paper No. 68*. Rome, Italy. 89 pp.
- De Alba, J., R. Celis, and B. W. Kennedy. 1978. Reproducción de un hato de bovinos de doble propósito en la región de la Huasteca. *Revista Mexicana de Producción Animal* 10: 3-10.
- Díaz-Hernández, M., R. López-Ordaz, J. G. García-Muniz, P. A. Martínez-Hernández y R. Núñez-Domínguez. 2005. Actividad reproductiva de bovinos Cebú y sus cruza con razas europeas en un hato doble propósito. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26 al 28 de octubre. Tampico, Tams., México. pp: 671-676.

- Duarte-Ortuño, A., W. Thorpe, and A. Tewolde. 1988. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. *Animal Production* 47: 11-20.
- Galavis, J., and C. G. Vasquez-Pelaez. 1994. Estimation of milk production curve in Brown Swiss cattle in the subtropical climate of Mexico. *Proceedings 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. August 7-12. Guelph, Ontario, Canada. 20:367-370.
- García C., R. 2005. Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 60 pp.
- García, E. 1988. Modificaciones a la clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 276 p.
- González S., C., J. Goicochea L., M. A. Rodríguez U., N. Madrid-Bury y D. González V. 2006. Incorporación al servicio en novillas mestizas doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14: 1-9.
- Hennessy W., D., and S. G. Morris. 1999. Effect of breed type, lactation and nutrition on the calving probability of cattle grazing subtropical pastures in Australia. *Journal of Agriculture Science* 133: 97-102.
- Hernández H., V. D., G. A. Ortiz O., F. J. Juárez L. y H. Román-Ponce. 1989. Efecto de la ordeña dos veces al día sobre el comportamiento productivo de ganado cruzado de doble propósito en clima tropical húmedo (Am). *In: Resúmenes de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. México, D. F. p. 191.
- Hernández-Reyes, E., V. M. Segura-Correa, J. C. Segura-Correa y M. M. Osorio-Arce. 2000. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia* 35: 699-705.
- Holman, F., W. Blake R. A. Milligan R., A. Oltenacu P., R. Barker, V. Hahn M., and T. R. Rounsaville. 1990. Net margins from different fractions of Holstein genes in Venezuelan herds based on performance estimates by producers and advisors. *Journal of Dairy Science* 73: 2952-2964.
- ICAR. 1995. Recording guidelines: Appendices to the International Agreement of recording practices. International Committee for Animal Recording. Rome, Italy/RVN, Amhem, the Netherlands. Disponible en URL: <http://www.icar.org/PDF%20files/Rules%20and%20regulations/Guidelines.PDF>.
- INEGI. 2005. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Disponible en URL: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee05/estatal/ver/index.htm>

- Jonsson N., N., J. Fulkerson W., M. Pepper P., and M. R. McGowan. 1999. Effect of genetic merit and concentrate feeding on reproduction of grazing dairy cows in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science* 82: 2756-2765.
- Lemos A., M., F. E. Madalena, L. Teodoro R. T. Barbosa R., and B. N. Monteiro J. 1992. Comparative performance of six Holstein-Friesian x Guzera grades in Brazil. 5. Age at first calving. *Revista Brasileira de Genética* 15: 73-83.
- Lozano D., R. R., G. Leyva R. y L. A. Moreno F. 1992. Efecto del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo y la fertilidad de vacas de la raza Suizo Americano en el trópico subhúmedo. *Técnica Pecuaria en México* 30: 208-222.
- Madalena, F. E., M. Lemos A., L. Teodoro R., T. Barbosa R., and B. N. Monteiro J. 1990a. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. *Journal of Dairy Science* 73: 1872-1886.
- Madalena, F. E., L. Teodoro R., M. Lemos A., B. N. Monteiro J., and R. T. Barbosa. 1990b. Evaluation of strategies for crossbreeding dairy cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science* 73: 1887-1901.
- Madalena, F. E. 1993. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal No. 111. Rome, Italy. 98 pp.
- McDowell, R. E. 1985. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health and fitness. *Journal of Dairy Science* 68: 2418-2429.
- McDowell, R. E., C. Wilk J., and W. Talbott C. 1996. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. *Journal of Dairy Science* 79: 1292-1303.
- Ortiz, O. A. 1994. Ganado lechero en pastoreo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Folleto Técnico No. 2. División Pecuaria. Veracruz, Ver.
- Osorio-Arce, M., and J. Segura-Correa. 2002. Reproductive performance of dual-purpose cows in Yucatán, México. *Livestock Research for Rural Development* 14: 1-9.
- Pariacote A., F., D. Van Vleck L., A. Flores, M. Hahn y J. R. Martínez L. 1997. Contribución genética directa de grupo racial sobre producción de leche en ambientes tropicales. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5(Supl.1): 546-548.
- Parra B., M., R. Estrada L., J. G. Magaña M., J. C. Segura C. y M. Osorio A. 2004. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas manejadas en hatos de doble propósito en Yucatán. *In: Memoria XXXII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Monterrey, N. L., México. pp: 48-51.

- Pérez, A., R. Khalil, L. Vaccaro y I. Rodríguez M. 1997. Edad al primer parto y su relación con la producción lechera en vacas de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5(Supl. 1): 518-520.
- Rege J., E. O. 1998. Utilization of exotic germplasm for milk production in the tropics. *In: Proceedings 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. January 11-16. Armidale, Australia. 25: 193-201.
- Rivera V., M. D. 1998. Las experiencias del FIRA en cruzamientos de ganado bovino de doble propósito en el trópico a través de los centros de desarrollo tecnológico. *In: Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos*. Villahermosa, Tab., México. pp: 78-84.
- Rodríguez S., A., M. P. Jerez S., Y. Villegas A. y J. C. Vinay V. 2005. Modelos para la predicción de la producción de leche por lactancia de vacas en el trópico. *In: Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 26 al 28 de octubre. Tampico, Tams., México. pp: 657-659.
- Sacco R., E., F. Baker J., and C. Cartwright T. 1987. Prodictions characters of primiparous females of a five breed diallel. *Journal of Animal Science* 64: 1612-1618.
- SAS®. 2002. User's Guide. Statistics 8th ed. Cary (NC). SAS Institute Inc.
- Schaeffer L., R., E. Minder C., I. McMillan, and B. Burnside E. 1977. Nonlinear techniques for predicting 305 days lactation production of Holstein and Jersey. *Journal of Dairy Science* 60: 1636-1644.
- Sikka L., C. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. *Journal of Dairy Research* 17: 231-252.
- Syrstad, O. 1995. Dairy cattle crossbreeding in the tropics: choice of crossbreeding strategy. *Tropical Animal Health Production* 28 (3): 223-229.
- Thallman R., M., V. Cundiff L., E. Gregory K., and M. Koch R. 1999. Germoplasm evaluation in beef cattle-Cycle IV: Postweaning growth and puberty in heifers. *Journal of Animal Science* 77: 2651-2659.
- Thorpe, W., P. Kang'ethe, E.O. Rege J., O. Mosi R., A. J. Mwandotto B., and P. Njuguna. 1993. Crossbreeding Ayrshire, Friesian, and Sahiwal cattle for milk yield and preweaning traits of progeny in the semiarid tropics of Kenya. *Journal of Dairy Science* 76: 2001-2012.
- Treviño T., R., R. Garza T., J. Monroy L. y C. Robles B. 1980. Producción de leche en pastoreo rotacional intensivo y semintensivo de Ferrer con vacas Suizo-Pardo, Holstein y cruza Holstein por Cebú. *Técnica Pecuaria en México*. 29: 7-11.
- Tucker, H. A. 1982. Physiological control of mammary growth, lactogenesis, and lactation. Michigan State University Press. East Lansing, MI.
- Vargas C., A., A. Elzo M., C. Jr. Chase C., J. Chenoweth P., and A. Olson T. 1998. Estimation of genetics parameters from scrotal circumference, age

- puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. *Journal of Animal Science* 76: 2536-2541.
- Villegas-Carrasco, M. del C. y H. Román-Ponce. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Técnica Pecuaria en México*. 51: 51-61.
- Vite-Cristóbal, C., R. López-Ordaz, J. G. García-Muniz, R. Ramírez-Valverde, A. Ruiz-Flores y R. López-Ordaz. 2004. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. Artículo aceptado para su publicación en la revista *Veterinaria México*.
- Wilson J., S., S. Marion R., N. Spain J., E. Spiers D., H. Keisler D., and C. Lucy M. 1998. Effect of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle 1: Lactating cows. *Journal of Dairy Science* 80: 273-285.
- Wood P., D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-165.