

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS
DE CRUZAMIENTO PARA PRODUCCIÓN
DE LECHE EN EL TRÓPICO MEXICO //**

Carlos A. Apodaca Sarabia

RECIBIDA A 10 JUNIO 1996

TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS



DX85936
-152096

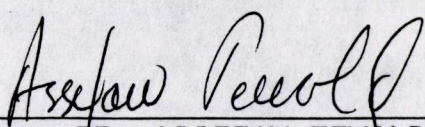


Diciembre de 1996

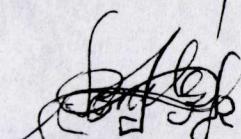
Esta Tesis se realizó bajo la dirección del Dr. Assefaw Tewolde M., fue revisada y aprobada por el Comité Asesor y Jurado Examinador abajo indicado como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Producción Animal.

JURADO EXAMINADOR

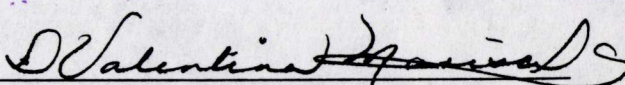
PRESIDENTE:


DR. ASSEFAW TEWOLDE M.

SECRETARIO:

P.A. 
DR. ELIGIO ORTEGA R.

VOCAL:


P.A. 
DR. SALVADOR FERNANDEZ R.

SUPLENTE:


A. 30723
DR. RAFAEL NUÑEZ DOMINGUEZ

SUPLENTE:


M.C. JOSE A. CADENA MENESES

Chapingo, Méx., Marzo de 1996

AGRADECIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO** por ser la parte medular de mi formación profesional y desarrollo humano.

Al Dr. **ASSEFAW TEWOLDE**, por su gran aporte a mi formación en producción animal.

Al comite revisor de tesis por sus valiosas aportaciones al mejoramiento del trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa, **LILIAN**, por la felicidad con que comparte mi vida.

A mi hijos, **CARLOS F., RICARDO E., Y L. RAQUEL**, una parte importante de la razón de mi vida.

A mi madre **FRANCISCA SARABIA DE APODACA**, por darme la vida y mi formación como persona.

EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE CRUZAMIENTO PARA PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL TRÓPICO MEXICANO

Apodaca S. Carlos

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento productivo y reproductivo de las cruzas; a) Holstein (H) con Cebú (Z) y Jersey (J) con Criollo Centroamericano (CC), b) Pardo Suizo (PS) y J con CC, y c) H o PS con Z en tres localidades del trópico mexicano. En los dos primeros esquemas solo fueron estimados los efectos de los genotipos involucrados en los sistemas de cruzamiento, en tanto en el último se estimó el efecto genético directo (g^I) y materno (g^M) de producción total de leche para H, PS y Z. Ello debido a la falta de información sobre las cruzas recíprocas entre *Bos taurus* y Z. Los efectos de número de parto y largo de lactancia fueron ajustado mediante factores de ajuste multiplicativo y a 272 días, el promedio de los hatos, respectivamente. Los efectos de g^I y g^M se estimaron utilizando la metodología de Dickerson (1969, 1973) y los análisis se realizaron en Herve (1990). Las medias de mínimos cuadrados de producción total de leche (PTL), intervalo entre partos (IEP) y producción de leche por día interparto (PL/IEP) fueron de 1121 ± 28 , 481 ± 9.8 y $2.54 \pm .08$, 1120 ± 53 , 441 ± 20 y $3.01 \pm .17$ y de 1255 ± 46 , 449 ± 21 , y $2.85 \pm .18$ para CCXCC, JXCC y PSXCC respectivamente. Las mismas variables presentaron medias de 2852 ± 72 , 397 ± 16 y $8.12 \pm .71$, 2224 ± 115 , 382 ± 20 y $5.32 \pm .86$, 1974 ± 70 , 372 ± 17 y $4.95 \pm .76$ y de 2034 ± 120 , 377 ± 19 y $4.31 \pm .81$ para HXH, HXZ, JXJ y JXCC, como se mencionan. Los efectos de g^I y g^M de PTL para H, PS y Z se estimaron en 115, -111 y -44, y en 116, -238 y 122 respectivamente.

Palabras clave: sistemas, cruzamiento Holstein Pardo Suizo, Jersey Criollo Centroamericano.

INDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Los sistemas de producción de leche	4
2.2. Sistemas de cruzamiento para producción de leche en los ecosistemas tropicales ...	5
2.3. Efectos genéticos directos (g^I), genéticos maternos (g^M) y heterosis	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Localización y manejo general	18
3.1.1. Camichín	18
3.1.2. El Apuro	20
3.2.3. Unidad Ejidal C-41	21
3.2. Descripción de la información utilizada	22
3.3. Cantidad de registros para producción de leche en cada genotipo utilizado en el estudio	24
3.4. Estimación de parámetros genéticos	24
3.4.1. Factores de ajuste	24
3.5. Efectos genéticos	28
3.6. Efectos genéticos directos (g^I) y maternos (g^M)	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Evaluación de genotipos	31
4.1.2. El Apuro	31
4.1.2. Camicín	33

4.1.3. C-41	35
4.2. Efectos genéticos directo y materno	38
V. CONCLUSIONES	41
VI. LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Comportamiento productivo y reproductivo de los cruces con Hosltein en las regiones tropicales.	6
Cuadro 2. Comportamiento productivo y reproductivo de los cruces con Pardo Suizo.	8
Cuadro 3. Comportamiento productivo y reproductivo de los cruces con Jersey o Ayrshire en las regiones tropicales.	9
Cuadro 4. Comportamiento productivo y reproductivo de cruces entre razas europeas y nativas en generaciones poco comunes.	11
Cuadro 5. Comportamiento productivo y reproductivo de algunas razas sintéticas en regiones tropicales.	12
Cuadro 6. Comportamiento productivo y reproductivo de varios cruces con Danés Rojo (RD) y razas nativas de la India.	12
Cuadro 7. Variables codificadas para cada rancho en estudio.	23
Cuadro 8. Agrupación realizada en año de parto por rancho para optimizar el uso de la información.	24
Cuadro 9. Número de registros para los genotipos considerados en cada rancho y la simbología utilizada en el texto	25
Cuadro 10. Medias aritméticas de largo de lactancia (LL) y producción de leche por lactancia (PTL) para cada genotipo y rancho.	26
Cuadro 11. Factores de ajuste multiplicativo para número de parto (NP) en cada rancho en estudio.	27
Cuadro 12. Coeficientes para los efectos genéticos directo (g^I) y materno (g^M) de Holstein (H), Pardo Suizo (PS), y Cebú (Z).	29

Cuadro 13. Coeficientes de los efectos genéticos directos de Holstein (g^I_{HDZ}) y Pardo Suizo (g^I_{PSDZ}) y maternos de las mismas razas (g^M_{HDZ} y g^M_{PSDZ}) desviados del respectivo efecto de Cebú (Z).	30
Cuadro 14. Medias de mínimos cuadrados de producción total de leche (PTL) y por día interparto (PTL/IEP) e intervalo entre partos (IEP) por grupo genético de la vaca (GV).	31
Cuadro 15. Medias de mínimos cuadrados de producción total de leche (PLEM) y por día interparto (PTL/IEP), e intervalo entre partos (IEP) por genotipo de la vaca. . .	34
Cuadro 16. Medias de mínimos cuadrados por genotipo de la vaca para producción total (PLEM) y por día interparto (PTL/IEP), e intervalo entre partos (IEP).	35
Cuadro 17. Efectos genéticos directo (g^I) y materno (g^M) de Holstein, Pardo Suizo y Cebú para producción de leche por lactancia.	38

I. INTRODUCCIÓN

La producción de leche en México tiene importancia económica, social, técnica y ecológica. Los sistemas utilizados en la producción son intensivos o especializados (S1), semintensivos (S2) y doble propósito (S3). Los S1 se utilizan en la Laguna, el Bajío, los altos de Jalisco, estado de México y Aguascalientes, el S2 es común en Sinaloa, Nayarit y la costa de Jalisco, en tanto en el S3, es importante el apoyo del ternero para el mantenimiento de la lactancia y se practica en todo el trópico mexicano, mismo que constituye el 30 % del territorio nacional.

El S1 depende de la utilización de razas especializadas como la Holstein o Jersey, en el cual las vacas son inseminadas con semen de sementales de la misma raza. Todos los animales permanecen en confinamiento y el alimento es mayoritariamente concentrado. El S2 es semejante al S1 pero con cierto grado de cruzamiento entre razas y permite el acceso a pastoreo, pero los animales son principalmente confinados. En cambio el S3, se basa en la aplicación de sistemas de cruzamiento estratégicos entre animales adaptados (o aparentemente adaptados) al trópico, como son el Cebú y los Criollos Lecheros entre otros, y que los animales son principalmente manejados bajo pastoreo con suplementación estratégica. Lo anterior con base a lo señalado por Tewolde (1986).

En el caso de S2 el grado de apareamiento es de carácter absorbente, mientras que en el S3 el conjunto a considerar ha sido razón de preocupación en el trópico de América Latina. Varios investigadores han intentado definir los niveles óptimos de combinación entre Bos taurus, como es el caso de Holstein, Pardo Suizo, Jersey y Criollo Lechero, y Bos indicus, los cebus (Madalena, 1981; Syrstad, 1985; Cunningham y Syrstad, 1987; Madalena et al., 1990a y b). Estos investigadores han demostrado que para producir leche en medios tropicales con una eficiencia bioeconómica deseada, se requiere de utilizar entre 50 y 75 % de Bos taurus y el resto de Bos indicus. En ello es

necesaria la estimación de los parámetros genéticos de cruzamiento, mismos que fueron propuestos por Dickerson (1969, 1973) y han sido estimados por varios autores en América Latina para varias características de la producción de leche (Martínez et al., 1988; Madalena et al., 1990a y b; Campos et al., 1991)

Las combinaciones entre Bos taurus y Bos indicus para producción de leche en el medio tropical de México, aun no han sido precisadas, sin embargo existen trabajos que evalúan los sistemas de producción de leche bajo las condiciones tropicales del país (Osorio, 1968; McDowell et al., 1976; Becerril et al., 1981; Mondragón y Tewolde, 1982; Rangel, 1984; Román y Maranto, 1985, Román, 1986; Rivera, 1989), en los cuales no se concluye el nivel real de la utilización de las razas Bos taurus en sistemas de cruzamiento con Bos indicus para sistemas de producción de leche ya sea bajo pastoreo o en sistemas de doble propósito.

La razón principal de enfatizar los sistemas de cruzamiento entre Bos taurus y Bos indicus, es la adaptación al medio tropical, ya que es conocido que las razas especializadas como la Holstein, Pardo Suizo y Jersey, tienen dificultad para adaptarse al la condiciones tropicales (Carmona y Muñoz, 1966; Pearson, 1974; Madsen y Vintner, 1975; Cunningham y Syrstad, 1987). Algunos autores han estudiado los efectos de la alta temperatura y humedad sobre la fisiología del animal, demostrando que a medida que aumenta el estrés ambiental, el gasto de energía para regular la temperatura corporal es muy grande al grado que ocasiona desbalance en los componentes sanguíneos iniciando un proceso que puede conducir hasta al muerte (Scott y Willians, 1962; Mellado, 1995).

De las razas o genotipos de origen Bos taurus que han desarrollado, por evolución, cierto grado de adaptación al medio tropical están las denominadas Criollos Lecheros como razas puras

y cruces en cuanto a su producción y reproducción (De Alba y Kennedy, 1985; Salgado, 1988; Campos, 1991; Casas, 1990). Estos recursos genéticos evidentemente tienen un espacio en la definición de estrategias para sostener sistemas de producción de leche en el trópico (Tewolde, 1996). Dichas estrategias deben definirse en el ambiente respectivo, de tal forma que el recurso genético debe estar acorde con la disponibilidad ecológica de nutrientes y del medio proporcionado por el hombre para una producción económicamente rentable.

Con base en lo anteriormente expuesto el presente estudio se plantea los siguientes objetivos:

- a). Estimar los efectos genéticos directos y materno, así como el nivel de superioridad de los cruces entre Holstein o Pardo Suizo con Cebú, y Criollo Lechero Centroamericano con Jersey y Pardo Suizo.
- b). Determinar estrategias específicas de utilización óptima de los recursos genéticos para sustentar sistemas de producción de leche en el trópico mexicano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Los sistemas de producción de leche

Los sistemas de producción de leche, ya sea bajo modalidades de intensificación del sistema o doble propósito, enfrentan limitantes propios de los ecosistemas tropicales más allá que la definición del genotipo de los animales. Entre las limitantes a considerar esta lo relacionado a las fluctuaciones erráticas en calidad y cantidad de forrajes disponibles para los animales, climas, temperaturas, precipitación, infraestructura, y recursos de inversión que pueden posibilitar la aplicación de las tecnologías apropiadas. Los anteriores, son algunos de los factores que se conocen con posibilidad de obstaculizar el desarrollo lechero de las regiones tropicales. Sumando a ello, el hecho de que en los medios tropicales se trata de ecosistemas frágiles, se hace necesario diseñar mecanismos para compatibilizar los sistemas de producción de leche con las necesidades de conservación de los recursos naturales y del medio ambiente. Es frente estos desafíos que se hace necesario la evaluación de los niveles de utilización de los recursos genéticos.

Hay que tomar en cuenta que los sistemas de cruzamiento tienen potencial de cambiar el peso corporal de los animales además de los niveles de producción y tasa de crecimiento (Barlow, 1978). Pero todos traen consigo mismo cambios en necesidades aparentes nutricionales que se tienen que extraer del ecosistema. En este sentido, es importante ver no solo el efecto del sistema de cruzamiento sobre las características productivas sino que la implicación que esto trae sobre la cantidad y calidad de recursos naturales. Un trabajo digno de considerar en este sentido es el de Alburn *et al.* (1992) de Nueva Zelanda. En este trabajo la Jersey soporta más cambios que la Holstein en sistemas de pastoreo intensivo bajo carga animal comparativas. En México, dichas preocupaciones son igualmente importantes. Pero además de ello, es también importante separar los efectos que aporta el semental del aportado por las vacas hacia las crías que se usan en los sistemas

de producción.. una de las maneras de distinguir estos, es a través de las determinaciones de los efectos genéticos directos y maternos sobre la producción de leche (Dikerson, 1969, 1973).

2.2. Sistemas de cruzamiento para producción de leche en los ecosistemas tropicales

En relación a las razas utilizadas en las cruas en los sistemas de producción de leche en el trópico, Román (1986), mediante encuesta realizada en Veracruz, México, encontró que más del 50% de los productores utilizan cruzamientos con Pardo Suizo o Holstein sin especificar los niveles de cruzamiento. En éstos las hembras utilizadas son Cebú y no se usa ganado Criollo. Los hatos de Hosltein han sido explotados en las regiones subtropicales de México (McDowell et al., 1976), con producciones muy variables, diferencias entre hatos grandes asociandose con ello un efecto de vaca importante. Los hatos comprendidos en este estudio corresponden a establos con sistemas de producción intensivos. Con el afán de producir leche en el trópico con componentes de sistemas especializado, en México fue común, hace varios años, utilizar Holstein en el trópico. De estos intentos generalmente fracasados quedan las comparaciones raciales para adecuarse al trópico como son los casos de C-41, C-14, C-21 y C-22 (Anónimo, 1986).

La información disponible en hatos con sistemas de producción de leche en el medio tropical, esta relacionada con el propósito de mejorar el ganado local, compuesto mayoritariamente por el tipo Cebú. De esta forma es común, en estos sistemas, la falta de datos productivos sobre el ganado puro, así como de un diseño de cruzamiento que permita estimar los parámetros genéticos de los sistemas de cruzamientos. Así, es común entonces encontrar reportes sobre el comportamiento de diferentes porcentajes de ganado europeo y local (Cuadros 1, 2 y 3).

Cuadro 1. Comportamiento productivo y reproductivo de los cruces con Holslein en las regiones tropicales.

Autor	Obs.	Carácter	Proporción de genes de Holslein						
			1/1	7/8	6/8	5/8	4/8	2/8	0
Bhat, 1974	India, Sahiwall	Leche(kg)					2357		1789
	Red Shindi						2380		1604
	Gyr						2254		1403
	Haryana						2854		1136
Pearson, 1974	Venezuela Criollo	Leche(kg)	3336	3087	3080		3643		
		LL (días)	275	274	280		290		
Prada, 1979	Cuba Cebú	Leche(kg)	3150	2138	3076	2607	1826		
Becerril <i>et al.</i> , 1981	México Cebú	Leche(kg)	2980				2149		
		LL (días)	296				214		
		IEP (días)	456				385		
McDowell, 1985	Cuba, Cebú	Leche(kg)		3766	3339	1811	1028		
		LL(días)		320	301	214	151		
		IEP(días)		433	433	382	403		
	Etiopía, Arsi	Leche(kg)			1709	1740			809
		LL(días)			408	350			272
		IEP(días)			464	427			439
	Etiopía, Cebú	Leche(kg)			1838	1834			929
		LL(días)			378	378			303
		IEP(días)			475	458			451
	México, Cebú	Leche(kg)			1346		1835		
		LL(días)			205		257		
		IEP(días)			393		393		

Algunas de las estimaciones de producción de leche por lactancia para los diferentes genotipos fueron en general superiores en vacas con 50 % de raza europea, Holstein (Cuadro 1), Pardo Suizo (Cuadro 2), Jersey o Ayrshire (Cuadro 3). Las excepciones a lo anterior son los casos de Cuba (Prada, 1979; McDowell, 1985) y en México (Becerril *et al.*, 1981) en los cruces con Holstein, y en Venezuela (Pearson, 1974) y México (Becerril *et al.*, 1981) en los cruces con Pardo Suizo. En estos el genotipo europeo puro mostró mayor producción que los cruces.

El comportamiento del intervalo entre partos de los diferentes genotipos que involucraron razas europeas con cebuinas o adaptadas al trópico fue menos claro que el de producción de leche por lactancia, no obstante, el menor intervalo entre partos es, en general para las vacas F1 (Cuadros 1, 2 y 3) que los demás cruces. Cuando se comparan las razas europeas y nativas (Cebú) para IEP en general los datos muestran ventajas para el ganado local, indicando la importancia de la adaptación.

La información existente sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las generaciones F1, F2 y F3, es aun más escasa. El Cuadro 4 muestra dos estudios al respecto (Hayman, 1974; Buvanendran y Mahadevan, 1975). Este muestra comportamiento errático por causas que pueden variar del efecto de selección a las fluctuaciones del medio típicas de las condiciones tropicales.

Cuadro 2. Comportamiento productivo y reproductivo de los cruces con Pardo Suizo.

Autor	Obs.	Variable	Proporción de genes Pardo Suizo				
			1/1	6/8	4/8	2/8	0
Bodisco <u>et al.</u> , 1971	Venezuela	Leche (kg)	2824				
		LL (días)	324				
		Leche (kg)	2860				
		LL (días)	290				
Person, 1974	Venezuela, Criollo	Leche (kg)	2860		1637		1770
		L L (días)	290		261		271
Becerril <u>et al.</u> , 1981	México, Cebú	Leche (kg)	2812		1302		
		LL (días)	290		173		
		IEP (días)	421		422		
McDowell, 1985	India, Sahiwal	Leche (kg)	2355	2670	3160	3039	1704
		LL (días)	401	292	331	299	285
		IEP (días)	461	401	408	409	458
	F2	Leche (kg)			2579		
		LL (días)			292		
		IEP (días)			413		
	India, Tharparkar	Leche (kg)			3411		
		LL (días)			301		
		IEP (días)			379		
	Reynoso, 1986	México, Cebú	Leche (kg)		1747	1817	
LL (días)				205	257		
IEP (días)				420	393		

Cuadro 3. Comportamiento productivo y reproductivo de los cruces con Jersey o Ayrshire en las regiones tropicales.

Autor	Obs.	Variable	Proporción de genes europeo						
			1/1	6/8	5/8	4/8	3/8	2/8	0
Meyn y Wilkins, 1974	Kenia, Ayrshire Sahiwal en la costa	Leche (kg)	3024	3151		3004			
		LL (días)	424	405		404			
	En la región semiárida	Leche (kg)	2152			2333			1519
	En la región semiarida	Leche (kg)				2466			
Letenneur, 1978	Costa de Marfil, Jersey - N'Dama	Leche (kg)		2075		1005			
		LL (días)		326		261			
De Alba, 1985	Costa Rica Jersey - Criollo	Leche (kg)	2035			2191		1762	1625
		LL (días)	301			307		266	250
		Leche (kg)				2284			
		LL (días)				290			
McDowell, 1985	Etipia Arsi - Jersey	Leche (kg)		1644		1619			
		LL (días)		384		334			
		IEP (días)		425		403			
	Kenia Ayrshire - Sahiwal	Leche (kg)	1249	1626	2843	1484	2662	1458	
		LL (días)	328	191		242		197	
		IEP (días)	430	396	398	414	390	453	
		Leche (kg)				1241			
		LL (días)				227			
		IEP (días)				402			

Por otro lado en los trópicos también se han intentado desarrollar razas sintéticas como Jamaica Hope, Australian Milking Zebu, Karan Swiss y Siboney según se muestra en el Cuadro 5. Un ejemplo de estas razas es la Australian Milking Zebu, la cual presenta la menor producción de leche por lactancia en 244 días de lactancia. Este comportamiento, se confirma con los anteriores reportes de producción, en los cuales los niveles de comportamiento de los cruces fundadores es de los más bajos (Hayman, 1974; Wellitong y Mahadevan, 1975; McDowell, 1985).

En el Cuadro 5 podemos observar también que las razas sintéticas difieren en producción de leche por lactancia y por día interparto. Si consideramos que esta última variable es función de la producción de leche por lactancia y el intervalo entre partos y este no es diferente en las razas sintéticas, entonces, las diferencias en producción de leche por día interparto se deben a las diferencias en producción por lactancia, de esta forma la comparación solo debe basarse, en este caso en producción de leche por lactancia (McDowell, 1985).

La limitada utilización de las razas sintéticas, en parte es debido al tamaño inicial del hato y el poco uso de pruebas de progenie o estimaciones del valor genético, esto con excepción de la raza Carora, en Venezuela, que en los últimos años cuenta con un sistema de registro que permiten la evaluación periódica de los animales (Cerruti et al., 1994).

Las fluctuaciones del comportamiento productivo y reproductivo fueron también observadas en Tailandia en el cruzamiento de Danés Rojo con razas nativas de la India (Cuadro 6). En ellas la mayor producción de leche por lactancia se estimó en el F1 y Danés Rojo puro tanto nacido en Tailandia como en el importado. En relación al intervalo entre partos y la producción de leche por día interparto, es posible exista relación cuadrática, donde el menor intervalo entre parto y la máxima producción de leche por día interparto, se esperan en los F1. Este estudio estimó también mortalidad, estimando un valor más pequeño también en el F1 (Madsen y Vinther, 1975).

Ahora bien, la producción de leche ha mostrado su heterosis a los sistemas de cruzamiento en el trópico, algunos ejemplos son: 620 kg (32%) en el cruce entre Holstein y Guserat (Vencosky et al., 1970, citado por Madalena, 1981), un 22.3% en el cruce Jersey con Criollo Centroamericano (De Alba, 1985), un 23.3% en el cruce entre Ayrshire y Sahiwal en Kenia (McDowell, 1985).

Cuadro 4. Comportamiento productivo y reproductivo de cruces entre razas europeas y nativas en generaciones poco comunes.

Autor	Observaciones	Variable	Generación o porcentaje de europeo				
			100	F1	F2	F3	75
Hayman, 1974	Primeras generaciones de Australian Milking Zebu Jersey - Sahiwal	Leche (kg)	1944	758	895	861	
		LL (días)	206	101	126	126	
	Red Sindhi - Sahiwal	Leche(kg)		280	452	718	
		LL (días)		45	73	120	
Buvanendran y Mahadevan, 1975	Varias regiones de la India Red Sindhi - Friesian	Leche (kg)		1357	987	957	
		LL (días)		302		332	
		IEP (días)		393	448	438	
	Varias regiones de la India Red Sindhi - Jersey	Leche (kg)		1275	809		948
		LL (días)		313	213		344
		IEP (días)		370	412		407

No obstante las anteriores estimaciones del comportamiento de los genotipos y heterosis, no es posible determinar la combinación adecuada entre Bos taurus y Bos indicus, para los diferentes sistemas de producción de leche en climas tropicales con una eficiencia bioeconomica deseada. Siendo para ello importante la estimación de los parámetros de cruzamiento definidos por Dickerson (1969, 1973).

2.3. Efectos genéticos directos (g^I), genéticos maternos (g^M) y heterosis

Una de las limitantes de mayor importancia en la producción de leche en las regiones tropicales es el bajo nivel productivo que se observa en la mayoría de las razas y genotipos nativos y adaptados a dichas condiciones ambientales. Sin embargo, antes de decidir sobre la forma de mejorar genéticamente las razas disponibles se deben realizar evaluaciones de las diferencias entre las razas puras y sus cruces. Dos esquemas de estrategias han sido propuestos por Sheridan (1981)

y Cunningham y Syrstad (1987), la base de ellos son las deferencias entre las razas puras y la heterosis presentada por ellas.

Cuadro 5. Comportamiento productivo y reproductivo de algunas razas sintéticas en regiones tropicales.

Variable	Raza Sintética			
	Jamaica Hope	Australian Milking Zebu	Karan Swiss	Siboney
Leche(kg)	2930	1987	2519	1897
LL (días)	282	244	324	298
IEP (días)	439	422	415	405
Leche/IEP(kg/días)	6.37	4.71	6.07	7.15

Cuadro 6. Comportamiento productivo y reproductivo de varios cruces con Danés Rojo (RD) y razas nativas de la India.

% de RD	Leche (kg) ^a	IEP (días) ^b	Mortalidad(%)		Vacas fundadoras
			Hasta 6 meses de edad	De 6 meses al parto	
0.0	100	100	5.4	15.5	Red Sindhi y Sahiwal
37.5	110	90	10.7	9.1	Nativas o nativas mejoradas
50.0	128	88	2.9	9.9	Nativas
50.0	144	90	1.7	3.3	Nativas mejoradas
50.0	212	95	0.0	5.9	Red Sindhi y Sahiwal
62.5	165	95	9.6	8.8	Nativas o nativas mejoradas
75.0	185	96	7.3	7.7	Nativas
75.0	205	94	9.9	7.3	Nativas mejoradas
87.5	210	99	20.0	9.2	Nativas o nativas mejoradas
100	255	112			Nacido en la India
100	303	102	23.7	7.3	Importado

a Expresado como porcentaje de las razas nativas (994 kg por lactancia)

b Expresado igual que en leche (467 días de intervalo entre partos, IEP).

Considerando que las razas constituyen la base de los recursos genéticos, es necesario que se identifique una estrategia de su utilización con el fin de mejorar la productividad. Para hacer un uso eficiente de los recursos genéticos disponibles para producción de leche, se requiere de: a) la definición cuidadosa de los objetivos biológicos, b) la determinación de los sistemas de manejo necesarios para lograr mayor productividad, c) la identificación de las razas prominentes tanto nativas como exóticas, d) la importación de muestras adecuadas de las razas exóticas para su evaluación, y e) el diseño de experimentos que muestren las razas con mejor comportamiento y sus métodos de utilización para maximizar la eficiencia de la producción (Dickerson, 1969).

Las evaluaciones de los sistemas de cruzamiento es posible realizarlas mediante el uso de la heterosis, definida como la superioridad promedio de los cruzados (F1) sobre las razas puras, y la comparación de los diferentes genotipos que puede generar el sistema. La utilización de esta forma para la comparación de estrategias de cruzamiento, no es muy fácil de realizar. Una forma más general y objetiva de evaluar los recursos genéticos, es mediante la utilización del modelo lineal propuesto por Dickerson (1969). Este modelo propuesto cuenta con parámetros genéticos como:

g_i^I : Efecto genético directo de los genes de la i -ésima raza sobre los caracteres medidos en el animal;

g_i^M : Efecto genético materno de los genes de la i -ésima raza en el genotipo de la madre, sobre las características maternas que modifican el comportamiento del animal;

h_{ij}^I : Efecto de la heterocigosidad, en un locus, entre los genes de las razas j e i sobre las características medidas en el animal;

h_{ij}^M : Efecto de la heterocigosidad, en un locus, entre los genes de las razas j e i sobre las características maternas que modifican el comportamiento del animal;

r_{ij}^I : Efecto de la pérdida de combinaciones epistáticas, en un locus, al aparear animales cruzados sobre el comportamiento del animal, y;

r_{ij}^M : Efecto de la pérdida de combinaciones epistáticas, en un locus, en las características maternas que modifican el comportamiento del animal.

De los parámetros anteriores, los dos primeros se refieren a los efectos genéticos aditivos, directos sobre el animal (g^I) y materno, indirecto de la vaca sobre su cría (g^M). Los efectos de heterosis individual y materna son estimados suponiendo relación lineal entre el grado de heterocigosidad y heterosis. Posteriormente Dickerson (1973) indicó que los parámetros r_{ij} , intentan medir las desviaciones de la asociación lineal entre heterosis y el grado de heterocigosidad, y sus coeficientes describen la fracción promedio de pares de genes segregando independientemente en los loci de los gametos de ambos padres, los cuales se espera produzcan combinaciones no parentales. Por lo que se les denominó pérdidas epistáticas.

Los intentos para utilizar la diversidad existente en producción de leche mediante sistemas de cruzamiento entre ganado nativo, Bos taurus adaptado o bien Bos indicus, con baja producción pero alta adaptación al medio ambiente adverso y razas europeas especializadas, en las regiones tropicales del mundo no son recientes (McDowell, 1985). De la misma forma, los esfuerzos por producir razas sintéticas que combinen niveles adecuados de producción y adaptación no son pocos (Hayman, 1974; Wellington y Mahadevan, 1975; Prada, 1979).

Un modelo diferente, para predecir el comportamiento de los sistemas de cruzamiento, fue propuesto en Brasil por Vencovsky et al. (1970, citado por Madalena, 1981) utilizando los efectos aditivos de las razas, el promedio de las razas Holstein y Guzerat, y la heterosis estimada para producción de leche por lactancia. Este no obstante de que no considera: a) los efectos maternos y

las pérdidas por recombinaciones epistáticas, y b) la generalidad del modelo no fue probada, los autores demostraron que la variación debida a las desviaciones del modelo, fueron 0.63 veces la variación residual, lo que indica que los efectos de recombinaciones epistáticas y maternos no fueron importantes.

El modelo propuesto fue:

$$P = pH + (1-p)G + h[u(1-v) + v(1-v)]$$

donde:

P: Promedio esperado de producción de leche por lactancia en la vaca;

H: Promedio de producción de leche por lactancia de la raza Holstein (2330 kg);

G: Promedio de producción de leche por lactancia de la raza Guserat (1541 kg);

h: Heterosis estimada en el cruce de las razas mencionadas (620 kg);

p: Fracción de genes de Holstein en el genotipo de la vaca (0 a 1);

u: Fracción de genes de Holstein en el genotipo del padre de la vaca (0 a 1), y;

v: Fracción de genes de Holstein en el genotipo de la madre de la vaca (0 a 1).

En la estimación de los parámetros genéticos de cruzamiento, es de suma importancia, el diseño experimental cuidadoso para que sea posible estimar los parámetros genéticos suficientes para la comparación de diferentes sistemas de cruzamiento. Dos trabajos de importancia en este sentido son los realizados por Dickerson (1969) y Cunningham y Syrstad (1987).

En revisión bibliográfica realizada en Brasil por Madalena (1981), se concluyó que las mejores estrategias de cruzamiento son: el cruzamiento rotativo modificado, este consiste en utilizar sementales de raza europea durante dos generaciones y una con Cebú, y la inclusión de una tercera

raza, europea o nativa especializada. Estas estrategias evitan el retorno excesivo de genes de Cebú en la vaca. La desventaja, en ellas es la utilización de tres sementales o bien el uso de inseminación artificial, que no es muy generalizado en condiciones extensivas.

Los efectos de g^l de Holstein y la h entre Holstein y Cebú en producción de leche por lactancia, fueron estimado por Martínez *et al.* (1988) en 125.5 y 390 kg. Los mismos autores concluyeron que no existió efecto de epistásis y ligamiento en el sistema de cruzamiento. Ello coincide con lo estimado por Vencosky *et al.* (1970, citado por Madalena, 1981). No obstante, las pérdidas por recombinación fueron importantes sobre la producción de leche por lactancia en el trabajo de Cunningham y Syrstad (1987). La discrepancia entre los autores puede estar en la amplitud de genotipos involucrados en el estudio.

En relación a lo anterior, Madalena *et al.* (1990a), reportaron estimaciones de g^l para Holstein en producción de leche por lactancia de 3140 y 1719 kg en condiciones de manejo alto y bajo y de h^l de 1532 y 2262 kg en los manejos mencionados. Estas estimaciones son muy altas para el promedio estimado de los genotipos puros, 1180 y 3147 kg. En este estudio el modelo propuesto por Dickerson (1969) se ajustó adecuadamente a información que no incluyó los cruces entre F1, 3/4 o 5/8. Ello se explica, como lo definió Dickerson (1973), por la pérdidas de combinaciones epistáticas, ya que al aparear animales cruzados se espera una fracción de loci produzcan combinaciones parentales, mismas que en el trabajo no fueron estudiadas.

En producción de leche por día de vida, se estimó g^l y h^l en 7.9 y 4.2, 4.2 y 4.2 en hatos con buen y mal manejo, respectivamente (Madalena *et al.*, 1990b). De esta forma los trabajos realizados en el cruce para sistemas de producción de leche en condiciones tropicales indican se debe tomar en cuenta las condiciones de explotación, Madelena *et al.* (1990b) concluyen que el F1 y el cruce

rotativo son los más recomendables para el nivel de mantenimiento bajo y el absorbente o alto grado de Holstein, en el alto.

Las estimaciones de g^l para edad al primer parto, intervalo entre partos y producción de leche por día interparto de Holstein desviado de Cebú, fueron de -6 meses, -37 días y 0.034 kg por día, en tanto las h^l para los mismos caracteres fueron de -2 meses, -39 días y 1-3 kg por día, como se mencionan (Martínez et al., 1988). Estas estimaciones de heterosis son similares a las reportadas por Syrstad (1985), cuando involucró a varias razas, por lo cual es posible la conclusión sobre los cruces con Holstein de este último, sean diferentes en función de las condiciones ambientales y/o de manejo.

En el cruce Holstein con Cebú, Madalena et al. (1990a) estimaron 33 y -21, 29 y -56 días de intervalo entre partos, 7.5 y 2.3, y 4.4 y 3.7 kg de leche por día interparto para g^l y h^l en buen y mal manejo del hato como se mencionan. La existencia de los efectos de epistasia y ligamiento, se observaron al aparear animales F1, 3/4 o 5/8 Holstein entre sí, confirmado lo mencionado anteriormente. Por lo cual, las pérdidas de combinaciones epistáticas deseables deben ser importantes en la formación de las razas sintéticas, y la selección debe ser de importancia para eliminar dichas pérdidas.

En general, las evaluaciones de los sistemas de cruzamiento en las condiciones tropicales, se limitan a la comparación de genotipos en los cruces de Holstein y/o Pardo Suizo con Cebú, esta última de mayor uso en México, sin contar con un diseño que permita, de forma eficiente, estimar los parámetros genéticos de los sistemas de cruzamiento y de esta forma comparar estrategias de cruce entre las razas adecuadas.

El diseño de experimentos para la estimación de los parámetros genéticos de los sistemas de cruzamiento debe ser cuidadoso, buscando poder incluir las estrategias con mayores posibilidades de éxito. Lo anterior significa un ahorro importante en la importación de el material genético, debido a que se limita a sólo el de mayor rentabilidad y permite la conservación de los recursos ecológicos disponibles.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada en el presente trabajo se originó en tres diferentes ranchos. La descripción de sus características de explotación será entonces separada, aun cuando el objetivo de producción es el mismo.

3.1. Localización y manejo general

3.1.1. Camichín

El Centro de Adiestramiento y Producción de leche "El Camichín", es una unidad ejidal administrada por el Banco de México (FIRA). Se localiza en 103°44' de longitud oeste y 19°15'12" de latitud norte, en la unidad de riego Peñitas, municipio de Colima, Col. El clima es tropical subhúmedo con poca variación de temperatura en el año, menos de 5°C, y estación seca definida.

La temperatura media anual es de 24.8°C con 22.6 y 26.5°C de mínima y máxima, en tanto la precipitación media anual es de 860 mm con 0.2 mm en el mes más seco y 190 mm en el más húmedo. La distribución de la precipitación durante el año provoca la existencia de tres épocas: a) seca, de marzo a mayo, con 8.3 mm de pp, b) lluvias con 688.5 mm de pp, y c) invierno, con 164.7 mm de pp (García, 1981).

La superficie total del rancho, 42 ha, se dividió en doce potreros establecidos con bermuda cruza uno (Cynodon dactylon), guinea (Panicum maximun) o bien para (Brachiaria mutica) ya sean monófitos o asociados con la leguminosa glycine (Glycine wightii). La fertilización de los potreros está en relación a que si es o no asociación. En el caso de potreros de gramíneas se aplican 460 kg

de nitrógeno por ha por año, en tanto para asociación se aplican 70 kg de superfosfato simple (P_2O_5) por ha por año.

El pastoreo es mediante rotaciones diarias, con la ayuda del cerco eléctrico para la delimitación del área de pastoreo. Los períodos de descanso varían entre 15 y 21 días, dependiendo de la época del año. De igual forma, el uso del riego varía con la época del año, más intenso en la época seca y menos en lluvias.

La suplementación se basa en concentrado comercial para vacas lecheras y melaza con 3% de urea. El concentrado se proporciona sólo a vacas lactantes, 1 kg por cada 5 kg de leche producida, en tanto la melaza es para vacas secas y lactantes, 2 kg por día, durante la época seca únicamente. La ordeña es mecánica, realizándose una vez al día. El secado de las vacas puede ser cuando produce menos de un litro diario o bien dos meses antes del parto.

La desparasitación del hato se realiza dos veces al año, para parásitos internos, y cada 8 días para externos. Se vacuna contra septicemia y rabia una vez al año. Durante el verano la incidencia de gabarro provoca disminución considerable en la producción del hato.

Al nacimiento, buscando asegurar el consumo de calostro, las crías permanecen con su madre un día. Posteriormente la cría es artificial, con 3 litros de leche por día en dos tomas. El destete se realiza en promedio a los 60 días. Del destete a los 5 meses, las crías se mantienen en pastoreo con 2 kg de concentrado comercial por día como suplemento.

Las vacas son cubiertas mediante inseminación artificial sin época de empadre definida, la monta natural es usada en vacas y vaquillas repetidoras o con problemas para la inseminación. El

primer servicio en vaquillas se proporciona a los 240 kg de peso en Jersey y sus cruza y a 280 kg para Holstein y sus cruza. El primer servicio postparto es a 60 días del parto.

Los desechos, entre 15 y 25% por año, son determinados por problemas reproductivos, generalmente cuando necesitan más de 5 servicios y quedan abiertas o bien presentan celos silenciosos, y por mastitis.

3.1.2. El Apuro

El Apuro, es el Centro de Adiestramiento y Mejoramiento de la Producción Animal AC (CAMPA), propiedad de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA). Se localiza a 22°39'30" de latitud norte y 97°55'12" de longitud oeste, en el municipio de Aldama, Tamaulipas.

El clima es tropical subhúmedo, extremoso y con estación seca definida, con fórmula climática, Aw"o(c). La precipitación media anual es de 1000 mm, entre 800 y 1000 de variación promedio. La menor precipitación se registra entre octubre y abril con precipitación en diciembre y enero debido a los nortes. La temperatura media es de 24.5°C (García, 1981).

Las 340 ha, están sembradas con pangola (Digitaria decumbens), green panic (Panicum maximun Var. tricoglum), guinea (Panicum maximun), estrella (Cynodon plectostachyus) y santo domingo (Cynodon plectostachyus). Se fertiliza con 100 kg de nitrógeno por ha por año, en dos aplicaciones, al inicio y final de la época de lluvias.

El pastoreo es rotacional con períodos de descanso más largos en la época de seca. Durante el verano, se usó método de pastoreo líderes y seguidoras. Iniciando las vacas lactantes seguidas por las gestantes, por inseminar y becerros destetados.

La ordeña es mecánica, realizándose cada tercer día durante los primeros 60 días, posteriormente es diario. Lo anterior es con el propósito de que el becerro consuma más leche en los primeros días de su vida. Del segundo mes hasta el destete sólo consume leche residual. El secado es cuando produce menos de dos litros de leche por día o dos meses antes del parto.

Generalmente se usa inseminación artificial. El primer servicio en las vaquillas se da cuando ellas pesan los 270 kg y 300 kg en adelante para los grupos raciales ligeros y pesados, respectivamente. Los desechos son básicamente por problemas reproductivos.

Se aplican tres vacunas contra carbón y edema, entre 3 y 6 meses, al destete y entre 9 y 12 meses de edad. El baño garrapaticida se efectúa cada 14 días. Los machos no seleccionados como sementales son castrados.

3.2.3. Unidad Ejidal C-41

La Unidad Ejidal C-41, durante el período de estudio, administrada por el Banco de México (FIRA). Se encuentra a 92°27'10" de longitud oeste y 17°58'5" de latitud norte, en la Chontalpa, Huimanguillo, Tabasco.

El clima es tropical subhúmedo con variaciones de temperatura entre 5 y 7°C en el año y estación seca en invierno, con fórmula climática Amw"(ci). La temperatura media anual es de 26.4°C con 11.9 y 40°C de mínima y máxima, respectivamente. El promedio de precipitación anual es de 1974.5 mm, siendo septiembre y octubre los meses más lluviosos y de febrero a mayo los más secos, con precipitación menor a 70 mm en cada mes (García, 1981).

Las 150 ha fueron sembradas inicialmente con las siguientes asociaciones de gramíneas y leguminosas: setaria (Setaria sphacelata Var. kazangula) con glycine (Glycine wightii), centrocema (Centrocema pubescens) con desmodium (Desmodium intortum), bermuda cruzo uno (Cynodon dactylon), con glycine (Glycine wightii), siratro (Macroptilium atropurpureum), con centrosema (Centrocema pubescens) y santo domingo asociado con estylosantes (Stylosanthes guayanensis). Sin embargo, con el pastoreo permanecieron sólo bermuda cruzo uno y santo domingo. La fertilización se realizó con 200 kg de nitrógeno por ha por año y el pastoreo rotativo.

En la época de seca y cuando el forraje maduraba, se suplementó con melaza urea (del 3 al 10%). Si la escasez de forraje se prolongaba se usó caña de azúcar con urea como suplemento.

El ordeño es mecánico, una vez al día, con secado dos meses antes del parto o bien por baja producción, menos de dos litros por día. Los becerros inicialmente fueron criados artificialmente, pero debido a la alta mortalidad y corta lactancia se crió con amamantamiento restringido, a base de leche residual.

3.2. Descripción de la información utilizada

La información disponible en los tres ranchos presenta poca variación. El Apuro cuenta con la información más completa; sin embargo, no se codificó la producción mensual de leche y sólo C-41 contó con peso de la vaca al parto. El resto de las variables son comunes en los tres ranchos (Cuadro 7).

Con la información existente, se generó el intervalo entre partos en días (IEP) y la producción de leche por día interparto (PTL/IEP). Esta última como variable de eficiencia, indicando la

producción diaria de leche durante el período comprendido entre un parto y el siguiente. Incluyendo de esta forma, los días en producción y los secos.

Los años comprendidos en el estudio fueron de 1974 a 1983 en C-41 y el Apuro, y de 1977 a 1983 en Camichín. Sin embargo, en los primeros años de cada rancho la información fue escasa y el último incompleto. Este desbalance en la información, en los primeros y últimos años ocasionó que se generaran clases de años, agrupados en función de la información disponible. Los años intermedios no fueron agrupados (Cuadro 8).

Cuadro 7. Variables codificadas para cada rancho en estudio.

Variable	Rancho		
	El Apuro	Camichin	C-41
Identificación de la vaca	X	X	X
Fecha de nacimiento de la vaca	X		
Fecha del primer servicio	X		
Grupo racial de la vaca	X	X	X
Fecha de parto	X	X	X
Número de parto	X	X	X
Sexo de la cría	X	X	X
Servicios por concepción	X	X	X
Producción mensual de leche	a	X	X
Largo de lactancia	X	X	X
Producción total de leche	X	b	b
Peso de la vaca al parto			X

^a. Disponible pero no codificada

^b. Generada sumando las producciones mensuales

Similarmente, los números de parto comprendidos son del 1 al 8, y al 6 en C-41 y el Apuro, y en Camichín, respectivamente, y fueron agrupados, dado el reducido número de observaciones, en 1 a 5 o más y 1 a 4 o más, en C-41 y el Apuro, y en Camichín, respectivamente.

Cuadro 8. Agrupación realizada en año de parto por rancho para optimizar el uso de la información.

Año de parto	Incluye	Rancho
1975	1975 y anteriores	El Apuro
1977	1977 y anteriores	C-41
1979	1979 y anteriores	Camichin
1982	1982 y 1983	El Apuro y C-41
1983	1983 y 1984	Camichin

3.3. Cantidad de registros para producción de leche en cada genotipo utilizado en el estudio

Los genotipos existentes y la cantidad de registros para producción de leche en cada ranchos (Cuadro 9) corresponden a sistemas de cruzamientos entre Holstein y Pardo Suizo con Cebú en C-41, Holstein con Cebú y Jersey con Criollo Centroamericano en Camichín y en el Apuro Criollo Centroamericano puro en un 80 % y el restante son F1 con Jersey o Pardo Suizo. En todos los ranchos se eliminó a los animales que no pertenecían a los sistemas originales.

3.4. Estimación de parámetros genéticos

3.4.1. Factores de ajuste

De las medias de largo de lactancia y producción total de leche (PTL) para cada genotipo y rancho en estudio (Cuadro 10) se puede apreciar la necesidad de ajustar por largo de lactancia y número de parto.

Cuadro 9. Número de registros para los genotipos considerados en cada rancho y la simbología utilizada en el texto .

Genotipo	Rancho		
	El Apuro	Camichin	C-41
Holstein		114	
1/4 Holstein 3/4 Cebú			80
1/2 Holstein 1/2 Cebú		43	151
3/4 Holstein 1/4 Cebú			42
1/4 P. Suizo 3/4 Cebú			45
1/2 P. Suizo 1/2 Cebú			95
3/4 P. Suizo 1/4 Cebú			50
1/2 P. Suizo 1/2 C. Centroamericano	61		
Jersey		58	
Criollo Centroamericano	239		
1/2 Jersey 1/2 C. Centroamericano	61	90	

El ajuste de la producción de leche por logitud de lactancia, se realizó utilizando el ajuste denominado de producción por corte. El corte se efectuó al promedio de días en leche de cada rancho. La excepción a lo anterior fue El Apuro, ello debido a que no se contó con las producciones mensuales (Cuadro 10).

Para ajustar por número de parto, se estimaron las medias de mínimos cuadrados para número de parto mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + AP_j + MP_k + NP_l + \epsilon_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} : Una observación de producción de leche ajustada por largo de lactancia del i-ésimo genotipo, en el j-ésimo año de parto, k-ésimo mes de parto y l-ésimo número de parto;

μ : Media general;

G_i : Efecto del i-ésimo genotipo de la vaca;

AP_j : Efecto del j-ésimo año de parto;

MP_k : Efecto del k-ésimo mes de parto;

NP_l : Efecto del l-ésimo número de parto;

ϵ_{ijklm} : Efecto residual.

Cuadro 10. Medias aritméticas de largo de lactancia (LL) y producción de leche por lactancia (PTL) para cada genotipo y rancho.

Genotipo	LL (días)	PTL (kg)
Apuro		
C. Centroamericano (CC)	275	1061
Jersey x CC	261	1124
Pardo Suizo (PS) x CC	262	2957
Camichin		
Hostein (H)	334	2898
Jersey (J)	266	1923
H x Cebú (Z)	261	2160
J x CC	266	1873
C-41		
H x Z	239	1541
H x (H x Z)	259	1558
Z x (H x Z)	282	1784
PS x (PS x Z)	236	1208
PS x Z	231	1304
Z x (PS x Z)	206	1081

Con las medias de mínimos cuadrados por número de parto para la producción de leche ajustada por largo de lactancia, se estimaron, en los ranchos Camichin y C-41, los factores de ajuste

multiplicativos para obtener la producción de leche ajustada por número de parto y largo de lactancia (PLEM), los factores de ajuste para número de parto se muestran en el Cuadro 11.

El largo de lactancia se ajustó al promedio de los tres hatos. 272 días. Para ello se supuso linealidad en la última medición mensual, para estimar la producción diaria de leche y sumar o restar la cantidad de leche faltante al promedio de largo de lactancia. Este ajuste, por falta de producciones mensual, no fue realizado en "El Apuro". En este, el largo de lactancia se incluyó como lineal y cuadrático.

El modelo anterior se utilizó, también con el propósito de caracterizar los distintos cruces en los diferentes ranchos en cuanto a lo que PLEM, intervalo entre partos (IEP), y PTL/IEP se refiere. Es evidente, que si se contara con los registros de peso al destete de las crías producidas, se podría generar el análisis pertinente entorno al sistema de doble propósito.

Cuadro 11. Factores de ajuste multiplicativo para número de parto (NP) en cada rancho en estudio.

NP	Factor de ajuste		
	Apuro	Camichin	C-41
1	1.1865	1.2816	1.6014
2	1.0387	1.0355	1.2510
3	1.0025	1.0172	1.2483
4	1.0000	1.0000	1.2876
5	1.0541	0.9092	1.1558
6	1.0971		1.1365
7			1.0000
8			1.0729

3.5. Efectos genéticos

Para los casos de "El Apuro" y "El Camichín", una vez realizados los ajustes antes mencionados, se estimaron los efectos de los genotipos en los sistemas de cruzamiento respectivos, eliminando de los modelos anteriores los efectos de año, mes y número de parto. Todos los análisis fueron realizados con el paquete de mínimos cuadrados y máxima verosimilitud para datos desbalanceados (Harvey, 1990).

3.6. Efectos genéticos directos (g^I) y maternos (g^M)

Para la cuantificación de g^I y g^M de cada una de las razas involucradas en los cruzamientos señalados para C-41, se empleó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_1 g^I_i + \beta_2 g^M_j + F_k + \epsilon_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} : Una observación de producción de leche ajustada, intervalo entre parto o producción de leche por día interparto en el i -ésimo genotipo de la vaca, j -ésimo genotipo de su madre, y k -ésimo efecto fijo;

μ : Media general;

β_1 y β_2 : Coeficientes de regresión asociados a los efectos genéticos, directo (g^I_i) y materno (g^M_j);

F_k : Efecto del k -ésimo año o mes respectivo, como fueron mencionados anteriormente, y;

ϵ_{ijkl} : Efecto residual.

Para obtener las soluciones de g^I y g^M de cada raza fue necesario realizar lo siguiente:

a). En primer lugar a cada genotipo de la vaca en producción le fue asignado las esperanzas genéticas siguiendo las leyes hereditarias de Mendel de acuerdo al procedimiento propuesto por Dickerson (1969).

b). Sin embargo las esperanzas de cada vaca resultan en una matriz no ortogonal, es decir algunas columnas o renglones fueron funciones lineales y aditivas de otras, por lo que se generó una matriz singular (Cuadro 12). Para evitar esto, las esperanzas de g^l_H y g^l_{PS} fueron expresadas, cada una de ellas, como desviación de g^l_Z , mientras que los g^M_H y g^M_{PS} fueron respectivamente expresadas como desviación de g^M_Z .

Los efectos de heterosis para cada cruzamiento no fueron considerados, ello debido a que por los genotipos existentes en cada cruzamiento no son estimables.

Cuadro 12. Coeficientes para los efectos genéticos directo (g^l) y materno (g^M) de Holstein (H), Pardo Suizo (PS), y Cebú (Z).

Cruza	g^l_H	g^l_{PS}	g^l_Z	g^M_H	g^M_{PS}	g^M_Z
H X Z	0.50	0.00	0.50	0.0	0.0	1.0
H X (H X Z)	0.75	0.00	0.25	0.5	0.0	0.5
Z X (H X Z)	0.25	0.00	0.75	0.5	0.0	0.5
PS X Z	0.00	0.50	0.00	0.0	0.0	1.0
PS X (PS X Z)	0.00	0.75	0.00	0.0	0.5	0.5
Z X (PS X Z)	0.00	0.25	0.00	0.0	0.5	0.5

La matriz resultante de aplicar la reparametrización señalada anteriormente se observa en el Cuadro 13. Estos fueron los coeficientes usados para estimar los efectos genéticos directos y maternos.

El anterior análisis no fue posible aplicarlo en Camichin y el Apuro por no contar con los diseños de cruzamiento apropiados, como se puede apreciar en el Cuadro 9. Asimismo, aun en C-41 los efectos de heterosis no se pudieron estimar por lo mismo, falta de diseño correspondiente.

Cuadro 13. Coeficientes de lo efectos genéticos directos de Holstein (g^I_{HDZ}) y Pardo Suizo (g^I_{PSDZ}) y maternos de las mismas razas (g^M_{HDZ} y g^M_{PSDZ}) desviados del respectivo efecto de Cebú (Z).

Cruza	g^I_{HDZ}	g^I_{PSDZ}	g^M_{HDZ}	g^M_{PSDZ}
H X Z	0.00	-0.50	-1.0	-1.0
H X (H X Z)	0.50	-0.25	0.0	-0.5
Z X (H X Z)	-0.50	-0.75	0.0	-0.5
PS X Z	-0.50	0.00	-1.0	-1.0
PS X (PS X Z)	-0.25	0.50	-0.5	0.0
Z X (PS X Z)	-0.75	-0.50	-0.5	0.0

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de genotipos

4.1.2. El Apuro

La producción de leche por lactancia ajustada por número de parto (PTL), el intervalo entre partos y la producción de leche por día interparto, fueron influidas significativamente por el genotipo de la vaca. La media de mínimos cuadrados PTL fue superior en PS X CC, mientras que el mejor comportamiento de IEP y PTL/IEP fue observado en J X CC seguido de PS X CC (Cuadro 14).

El comportamiento productivo y reproductivo estimado en este estudio es inferior al 3/4 Jersey 1/4 N'Dama en Costa de Marfil, pero el comportamiento del F1 fue mejor en este estudio. Es importante tratar de estimar el comportamiento más genotipos en el sistema de cruzamiento entre Jersey y Criollo Centroamericano para las condiciones de México, ello con la finalidad de encontrar el sistema de cruzamiento adecuado a l en los sistemas de producción de leche, como fue el caso de Costa de Marfil (Letenneur, 1979).

Cuadro 14. Medias de mínimos cuadrados de producción total de leche (PTL) y por día interparto (PTL/IEP) e intervalo entre partos (IEP) por grupo genético de la vaca (GV).

GV	N	PTL (kg)	N	IEP (días)	PTL/IEP (kg/día)
CC X CC	180	1121±28	178	481± 9.8	2.54±0.08
J X CC	47	1120±53	43	441±19.9	3.01±0.17
PS X CC	41	1255±46	36	449±21.1	2.85±0.18
Probabilidad					

reportaron 2035, 2191, 1762 y 1625 kg en Jersey, F1 Jersey Criollo Centroamericano, 1/4 Jersey y Criollo Centroamericano, respectivamente. En otros estudios reportados por McDowell (1985) otros cruces como Ayrshire con Sahiwal y Jersey con Arsi, obtuvieron producciones mayores que las aquí estimadas. Esto se debe principalmente a las diferencias en el tipo de forraje y al pastoreo utilizados.

Si se toma en cuenta que el comportamiento productivo y reproductivo de los cruces estudiados es función de los efectos genéticos directos y maternos, así como de las heterosis que se generan en los sistemas de cruzamiento que involucran Jersey y Pardo Suizo como razas paternas, las diferencias entre las medias de los genotipos involucrados en las vacas se deben a: i) los efectos directos de las Jersey o Pardo Suizo con respecto a los de Criollo, y ii) las diferencias en heterosis al incluir como raza paterna a Jersey o Pardo Suizo. Estas últimas son debidas a la diferencia en heterocigosidad que pueden producir estas razas al cruzarse con Criollo, según lo señalado por Dickerson (1969, 1973).

No obstante de que las estimaciones realizadas en este estudio no son comparables con las de la revisión de literatura, estas se encuentran cerca del valor menos deseables, más bajo en PTL y PTL/IEP y más alto el IEP. Ello puede ser explicado por razones ambientales, el período de sequía en el hato, 4 a 6 meses, y la presencia de fuertes vientos, bajas temperaturas y alta humedad en invierno (García, 1981).

Siendo también importante, para el caso del Criollo Centroamericano puro, el posible aumento del coeficiente de consanguinidad por ser un hato cerrado, donde la selección de los sementales es en base a la producción de la madre y la rotación de familias formadas por vacas prominentes. El aumento en la consanguinidad, como es conocido, disminuye la producción de leche y reduce la resistencia a condiciones extremas (Dickerson, 1973; VanVleck *et al.*, 1987).

Con los estimadores del comportamiento productivo y reproductivo del presente estudio no es posible decidir sobre un esquema a seguir, ello debido al desconocimiento del comportamiento de otros genotipos. No obstante dado el menor IEP y mayor PTL/IEP del J X CC puede ser un genotipo prominente. Si se toma este cruce como el adecuado su utilización puede ser mediante: a) la producción del F1 utilizando semen de Jersey en vacas Criollas, en éste los reemplazos de las vacas Criollas puras deben producirse en el mismo hato disminuyendo el comportamiento promedio y b) la compra de vaquillas F1 para cubrir los reemplazos necesario. Ello en base a la evaluación de los sistemas de cruzamiento realizada por Gregory y Cundiff (1980).

Una forma de mejorar el sistema de cruzamiento, mediante el uso de una tercera raza que aporte un gran efecto genético directo para ganancia de peso. Esta debe ser utilizada en las vacas F1 para que las crías se vendan al destete, o bien se engorden en la explotación, buscando así el doble propósito. Esta opción debe ser también evaluada en función de los recursos forrajeros y raciales disponibles. El trabajo de Gregory y Cundiff (1980), es una importante fuente de información para este tipo de estudios.

Es conveniente, tomar en cuenta, en el diseño del sistema de cruzamiento para evaluar las diferentes opciones de utilización de las razas Criollo Centroamericano, Jersey y Pardo Suizo, así como la inclusión de una raza terminal para producción de carne, los trabajos de evaluación de sistemas de cruzamiento y utilización de heterosis como Sheridan (1981), Dickerson (1969, 1973) y Gregory y Cundiff (1980).

4.1.2. Camicín

La PLEM y PTL/IEP fueron influida significativamente ($P < 0.01$) por el genotipo de la vaca. Sin embargo este efecto no fue estadísticamente importante sobre el IEP ($P > 0.05$). Las medias de mínimos cuadrados para las variables mencionadas se encuentran en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Medias de mínimos cuadrados de producción total de leche (PLEM) y por día interparto (PTL/IEP), e intervalo entre partos (IEP) por genotipo de la vaca.

Genotipo ^a	N	PLEM (kg)	N	IEP (días)	PTL/IEP (kg/día)
H	104	2852± 72 ^A	59	397±16	8.12±0.71 ^A
H X Z	42	2224±115 ^A	31	382±20	5.32±0.86 ^A
J	41	1974± 70 ^B	39	372±17	4.95±0.76 ^B
J X CC	82	2034±120 ^B	59	377±19	4.31±0.81 ^B

^a H = Holstein; Z = Cebú; J = Jersey; CC = Criollo Centroamericano

Medias con diferente literal en la misma columna son diferentes significativamente (P < 0.05)

La mayor PLEM fue estimada en el Holstein puro, superando al F1 con Cebú, fue también observado en Cuba (Prada, 1979; McDowell, 1985). Este comportamiento puede ser explicado, por un lado por sesgos en el manejo de los genotipos, proporcionando mejores condiciones ambientales a las vacas con alto porcentaje de Holstein, alimentación principalmente, o por su explotación en condiciones climáticas menos extremosas, como en las partes altas de los trópicos. En el caso del presente estudio, Camichin contó con un clima poco variable y temperatura máxima menor (García, 1981), y el criterio de suministro de suplementación, por nivel de producción, favoreció a los genotipos con genes de Holstein.

La diferencia estimada en PLEM fue también observada en PTL/IEP. Ello se debe a que no existió diferencia en IEP entre los grupos genéticos. Así, las diferencias en PTL/IEP fueron causadas por las diferencias en PLEM. La falta de efecto del genotipo de la vaca sobre el IEP confirma el poco estrés provocado por el ambiente de Colima. De esta forma, la desviación de energía para mantenimiento de la temperatura corporal no es de importancia sobre el comportamiento productivo y reproductivo de la vaca con mayor porcentaje de genes de Holstein (Mellado, 1995).

La producción de leche por lactancia solo fue inferior a la estimada en Cuba (Prada, 1979; McDowell, 1985), aun cuando se debe esperar mayor estrés climático en la isla del Caribe. Ello

puede tomarse como indicador de las condiciones nutricionales y de explotación en general a las que se sometió a las vacas con Holstein en Cuba. Un esquema de alimentación posiblemente a base de granos de importación sin importar la rentabilidad del sistema.

En apariencia, con las estimaciones realizadas en este estudio, el sistema a considerar debe incluir una gran proporción de genes de Holstein. Sin embargo se debe tomar información sobre la adaptación de la misma, así es recomendable incluir en las variables a medir los gastos en sanidad, frecuencia y tipo de padecimiento, pesos a diferentes edades, sobre todo al primer estro y parto, y tasas de crecimiento del nacimiento al destete y destete al primer parto, sin olvidar la producción de leche por hectárea. La inclusión de estas variables proporcionará estimación más confiable sobre el valor del Holstein y en que proporción y/o sistema de cruzamiento debe de explotarse

4.1.3. C-41

El genotipo de la vaca influyó significativamente ($P < 0.05$) a la PLEM, el IEP y PTL/IEP. Las medias de mínimos cuadrados de las variables antes mencionadas se pueden apreciar en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Medias de mínimos cuadrados por genotipo de la vaca para producción total (PLEM) y por día interparto (PTL/IEP), e intervalo entre partos (IEP).

Genotipo ^a	N	PLEM (kg)	N	IEP (días)	PTL/IEP (kg/día)
H X (H X Z)	42	2065± 86 ^A	24	484±23 ^A	4.04±0.32 ^A
H X Z	165	2109± 65 ^A	102	424±13 ^B	4.28±0.18 ^A
Z X (H X Z)	79	2131±113 ^A	36	481±21 ^A	3.79±0.30 ^B
PS X (PS X Z)	40	1833±104 ^B	22	512±35 ^C	2.85±0.32 ^B
PS X Z	84	1893± 80 ^B	40	466±19 ^A	3.30±0.26 ^B
Z X (PS X Z)	46	1669±112 ^B	27	432±25 ^A	2.90±0.35 ^B

^a H = Holstein; PS = Pardo Suizo; Z = Cebú.

Medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

El cruce entre Holstein entre Holstein y Cebú presentó mayor PLEM y PTL/IEP, así como un similar IEP al del cruce entre Pardo Suizo y Cebú, excepto para el genotipo PS X (PS X Z) con la estimación más grande de IEP en el hato ($P < 0.01$). Es importante notar que en el comportamiento de los genotipos con 25 a 75 % de Pardo Suizo no existió diferencia importante ($P > 0.05$). En tanto la mayor PTL/IEP así como el menor IEP en el cruce Holstein y Cebú, fue estimada en el F1, existiendo entonces posibilidad de heterosis para estas características en esta información. No obstante la falta de diseño apropiado en el cruce entre las razas involucradas no es posible su estimación.

La estimaciones de PLEM en el cruce entre Holstein y Cebú en éste estudio son menores a las estimadas en la India (Bhat, 1974), Venezuela (Pearson, 1974), y México (Becerril *et al.*, 1981); y es similar a los genotipos con 50 % o menos de Holstein en Cuba (Prada, 1979; McDowell, 1985), así como a las estimaciones realizadas en Etiopía en el cruce Arsi con Cebú (McDowell, 1985) y en México (Reynoso, 1986).

En las estimaciones de PLEM se manifiesta un máximo en el F1 del cruce de Pardo Suizo y Cebú, este comportamiento es observado por varios autores, un ejemplo de esto es Etiopía (McDowell, 1985; Cunningham y Syrstad, 1987; Martínez *et al.*, 1988; Madalena *et al.*, 1990a y b). Estimaciones de diferente comportamiento son, en general debidas a sesgos en el manejo alimenticio y sanitario de los genotipos con mayor porcentaje de genes de raza europea, Holstein o Pardo Suizo, como es el caso de Venezuela (Person, 1974) observándose un máximo en el F1, disminución del F1 hasta el 7/8 y aumento en Holstein y Pardo Suizo puro.

En Cuba, el efecto anterior es muy marcado, con bajo comportamiento hasta el F1, y gran aumento de producción de leche del 5/8 en adelante. Sin embargo esta diferencia tan grande no puede explicarse sólo por la genética (Prada, 1979; McDowell, 1985).

El menor IEP fue estimado en el F1, comportamiento semejante al observado en México por Becerril *et al.* (1981) y Reynoso (1986). Estos resultados pueden ser indicadores de la importancia de la heterosis en el IEP, de tal forma que una pérdida de heterocigosidad aumenta el IEP. De lo anterior resalta la importancia de realizar un sistema de cruzamiento diseñado para la estimación de los parámetros genéticos de los cruces que permita una comparación adecuada entre diferentes esquemas de cruzamiento.

En el diseño adecuado del sistema de cruzamiento, se debe tomar en cuenta las diferencias en condiciones de explotación, ello debido a la gran variabilidad observada en el IEP de los diferentes genotipos, por ejemplo en Cuba el menor IEP se estimó en 1/4, 1/2 y 5/8 de Holstein. Asimismo, el comportamiento del 5/8 Holstein, es muy variable, encontrando en la literatura que su comportamiento reproductivo es mejor incluso que el F1, que presenta la máxima heterocigosidad, y estimaciones donde el F1 tiene menor IEP. Esto último, puede ser explicado por la relación entre heterosis y las condiciones de explotación, debiendo entonces tomarse en cuenta en la evaluación de los sistemas de cruzamiento (McDowell, 1985; Madalena, 1981; Madalena *et al.*, 1990a).

Con las estimaciones realizadas en el presente estudio, no existe diferencia entre las cruces con Holstein y Pardo Suizo, se facilita el cruzamiento rotativo, esperando pequeñas fluctuaciones en el comportamiento productivo y reproductivo del hato. Estas fluctuaciones son producto de las fluctuaciones en composición genética de los animales en cada generación. Mismas que después de 8 generaciones se estabilizan mostrando 2/3 de genes de la raza del padre de la vaca y una reducción de 1/3 en la heterocigosidad en relación al F1, cuando se trata de cruces entre dos razas. Ello fue demostrado por Dickerson (1969, 1973), y más gráficamente por Gregory y Cundiff (1980), siguiendo las leyes de Mendel para estimar las esperanzas genéticas de los genotipos respectivos.

4.2. Efectos genéticos directo y materno

Los estimadores obtenidos para el efecto genético directo (g^I) y materno (g^M) de Holstein, Pardo Suizo y Cebú no fueron estadísticamente ($P > 0.05$) diferente de cero. estos se muestran en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Efectos genéticos directo (g^I) y materno (g^M) de Holstein, Pardo Suizo y Cebú para producción de leche por lactancia.

Raza	g^I (kg)	g^M (kg)
Holstein	155	116
Pardo Suizo	-111	-238
Cebú	-44	122

La falta de diferencia estadística entre los efectos genéticos (g^I , g^M) del sistema de cruzamiento es posible se deba al menor nivel de producción de leche en relación al reportado en la revisión bibliográfica (Bodisco *et al.*, 1971; Bhat, 1974; Pearson, 1974; Prada, 1979; Becerril *et al.*, 1981; McDowell, 1985; Reynoso, 1986). En el caso del cruce entre Pardo Suizo y Cebú, es muy posible se utilizó Pardo Suizo encastado de Cebú, ello sobre todo si buscando adaptación se compró sementales de la misma región.

El efecto del nivel de manejo fue demostrado por varios autores, entre los estudios que son relevantes en ello se encuentran Syrstad (1985) en estudio sobre heterosis, encontrando una reducción importante en esta al pasar de bajo a alto nivel de producción en los hatos y los de Madalena *et al.* (1990a y b) quienes demostraron que tanto la magnitud de heterosis como de los efectos genéticos raciales, directo, dependen del nivel de producción del hato, la heterosis aumenta y el efecto genético directo de Holstein disminuye en hatos con nivel de producción bajo. Ello también es posible observarse en las estimaciones de producción de leche que realizan varios

autores, reportando que los grupos raciales con mayor proporción de genes de Holstein o raza europea son explotados en las condiciones más favorables (Pearson, 1974; Prada, 1979; McDowell, 1985).

En la información utilizada en este estudio, es posible también que el Pardo Suizo presente encaste de Cebú, ello debido a que un porcentaje importante de esta raza disponible en el trópico mexicano tiene cierto grado de Cebú en su genotipo, así los estimadores de los efectos genéticos en el sistema de cruzamiento pueden estar subestimados.

Los niveles de producción observados por Syrstad (1985) y Madalena *et al.* (1990a y b) para hatos con baja producción de leche por lactancia son superiores a las estimaciones de producción de leche del presente estudio. Ello resultó en estimaciones del efecto genético directo y materno menores a las estimaciones realizadas en Brasil por el último autor. Las causas del bajo comportamiento productivo pueden ser además de las ya mencionadas, el nivel de nutrición del hato.

Con las estimaciones realizadas tanto en las medias de comportamiento productivo y reproductivo de los grupos genéticos y de los efectos genéticos de los parámetros de cruzamiento en los cruces estudiados muestran importantes limitantes para la producción de leche en las regiones tropicales de México. Estas se caracterizan por: bajo nivel productivo en relación a las estimaciones realizadas en otras regiones tropicales de América Latina, falta de un esquema de cruzamiento que permita estimar los parámetros de cruzamiento necesarios para poder comparar eficientemente los sistemas de cruzamiento entre las razas utilizadas en el trópico para producción de leche así como la inclusión en ellos de razas prominentes otras regiones del mundo.

V. CONCLUSIONES

El comportamiento productivo y reproductivo estimado en el Criollo Centroamericano en el presente estudio es muy inferior al encontrado en la bibliografía, no obstante su valor en cruces con razas europeas debe ser evaluado tomando como base una programación adecuada para estimar los parámetros genéticos del cruzamiento y contar con una base adecuada para su utilización.

En climas tropicales, con poco estrés de temperatura y asociación de temperatura y humedad, como es el caso de Colima, es recomendable el uso alto porcentaje de genes de razas europeas en los animales a explotar. Es necesario, al igual que con Criollo, evaluar una mayor amplitud de genotipos para determinar la proporción más adecuada de genes de razas exóticas y adaptadas.

El comportamiento productivo y reproductivo estimado en los cruces de Holstein y Pardo Suizo con Cebú C-41, explotación con clima tropical húmedo, fue inferior al encontrado en la revisión bibliografía. Ello puede ser una explicación al bajo valor estimado para los efectos genéticos directo (g^I y g^{AI}) y materno de Holstein y Pardo Suizo.

No obstante lo anterior, los estimadores de las medias por genotipo de la vaca junto con el efecto genético directo y materno, pueden tomarse como indicadores de la utilización del cruzamiento rotativo en el sistema.

VI. LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1986. Ganadería lechera en el trópico húmedo de México. Experiencia de una década en la Chontalpa. Nestlé.
- Becerril, P.C., M.H., Román P. y H. Castillo R. 1981. Comportamiento Productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruza F1 en clima tropical. *Téc. Pec. Méx.* 40:16.
- Bath, P.H. 1974. Crossbreeding of cattle in India, result, aims and objectives of all India coordinate research project on dairy cattle breeding. *Proc. 1st. Congr. World Gent. Appl. Livest. Prod.* 6:237.
- Bodisco, V., E. Ceballos y A. Carnevali. 1966. Influencia de la estación climática sobre la producción de vacas criollas. *ALPA.* 1:141.
- Bodisco, V., O. Verde y C. J. Wilcox. 1971. Producción y reproducción de un lote de ganado Pardo Suizo. *ALPA.* 6:81.
- Buvanendran, V. y P. Mahadevan. 1975. El mestizaje para producción de leche en Sri-Lanka. *Revista Mundial de Zootecnia.* 15:7.
- Campos, M. S., D. Salgado, A. Tewolde and C. J. Wilcox. 1991. Direct-Maternal genetic and heterotic effects on lactation curve parameters and milk yield in Dairy criollo, Jersey and their crosses under tropical conditions. *Journal of Dairy Sci.* P266 (abstrac).
- Carmona, S. y H. Muñoz. 1966. Intervalo entre parto y número de servicios por preñez en vacas criollas, Jersey y encastadas de Suizo en clima tropical húmedo. *ALPA.* 1:7.
- Cerruti, F., M. A. Caroli, R. Rizzi y J. C. Alvarez. 1994. Raza bovina Carora: Coeficientes de proyección de la producción de leche. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco México (Resumen). 269.
- Cunningham, E. P., and O. Syrstad. 1987. Crossbreeding Bos indicus and Bos taurus for milk production in the tropics. FAO of the United Nations. Rome, Italy. 90 p.

- De Alba, J. 1985. El Criollo lechero en Turrialba. CATIE, Serie Técnica, Boletín Técnico 15. Costa Rica.
- De Alba, J. and B.W. Kennedy. 1985. Milk production in the Latin-American milking criollo and its crosses with the Jersey. Anim. Prod. 41:143.
- Dickerson, G. 1969. Experimental approaches in the utilizing breed resources. Anim. Breeding Abs. 37:191.
- Dickerson, G. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. Proceeding of the animal breeding and genetics symposium in honor of Dr. Jay L. Lush. ASAS and ADSA, Champaign Illinois, USA. 54.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía UNAM, México.
- Gregory, K. E. and L. V. Cundiff. 1980. Crossbreeding in beef cattle: Evaluation of system. J. Anim. Sci. 51:1224.
- Harvey, W. R. 1990. User's guide for LSMLMW and MXMDL PC-2. Mixed Model Least-Square and Maximun Likelihood Computer program. Ohio State University.
- Hayman, R.H. 1974. Formación de la raza cebú lechera Australiana. Revista Mundial de Zootecnia. 11:31.
- Letenneur, L. 1978. El cruzamiento de las razas N'Dama y Jersey en la Costa de Marfil. Revista Mundial de Zootecnia. 27:36.
- Madalena, F. E. 1981. Estrategias de cruzamiento entre razas lecheras. Revista Mundial de Zootecnia. 21:23.
- Madalena, F. E., A.M. Lemos, R.L. Teodoro, R.T. Barbosa and J.B.N. Monteiro. 1990a. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. J. Dairy Sci. 73:1872.
- Madalena, F.E., R.L. Teodoro, A.M. Lemos, J.B.M. Monteiro and R.T. Barbosa. 1990b. Evaluation of strategies for crossbreeding of dairy cattle in Brazil. J. Dairy Sci. 73:1887.

- Madsen, O. and K. Vintner. 1975. Performance of purebred and crossbred dairy cattle in Thailand. Anim. Prod. 21:209.
- Martínez, M. L., A. J. Lee and C. Y. Lin. 1988. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effect on lactation performance and reproduction in Brazil. J. Dairy Sci. 71:800.
- McDowell, R. E. 1985. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health and fitness. J. Dairy Sci. 68:2418.
- McDowell, R. E., J. K., Camones, L. S. Van Vleck, E. Christensen and E. Cabello Frías. 1976. Factors affecting performance of Holstein in subtropical regions on México. J. Dairy Sci. 9:722.
- Mellado, M. 1995. Respuesta fisiológica, producción de leche, eficiencia reproductiva y salud del ganado lechero expuesto a temperaturas ambientales elevadas. Veterinaria México. 26:389.
- Meyn, K. J., V., Wilkins. 1974. Cría de bovinos lecheros en Kenia con especial referencia al Cebú Sahiwal. Revista Mundial de Zootecnia. 11:24.
- Mondragón, I. and A. Tewolde. 1983. Additive genetic effects of breed and maternal effects on milk yield in Zebu and Brown Swiss cattle. Trop. Anim. Prod. (Abstract). 8:66.
- Pearson, de V. L. 1974. Developments in dairy cattle breeding in the tropical South American. Proc. 1st. Congr. World Gent. Appl. Livest. Prod. 6:253.
- Prada, N. 1979. Seminario sobre cruzamiento de bovinos productores de leche en el trópico. El papel del mestizaje en diferentes sistemas de producción. 2. Programa de cruzamiento lechero en Cuba. ALPA. 14:163.
- Rangel, S. R. 1984. Evaluación de la eficiencia reproductiva en el hato cebú del Centro Regional Tropical Puyacatengo". Tesis Profesional Ing. Agr. Zoot. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Zootecnia. Chapingo, Méx.
- Rivera, V. M. D. 1989. Estudio de un sistema de producción bovina de doble propósito en las Huastecas. Tesis profesional Ing. Agrónomo Zootecnista. UACH, Chapingo, México. 76 p.

- Román, P. H. 1986. Características y situación actual de la ganadería de doble propósito. Asociación Ganadera Local de Tepetzintla, Ver. Dist. Temporal III de Tuxpan y Dir. de IP del Golfo, SARH-INIP.
- Román, P. H. e I., Maranto R. 1985. II Evaluación del programa de Tepetzintla, Ver., Dist. Temporal III de Tuxpan y Dir. de IP del Golfo, SARH-INIP.
- Schneeberger, C. P., K. E. Wellington and R. E. McDowell. 1982. Performance of Jamaica Hope cattle in commercial dairy herds in Jamaica. J. Dairy Sci. 5:1364.
- Scott, G. H. and R. J. Williams. 1962. Causes of low breeding efficiency in dairy cattle associated with seasonal high temperatures. J. Dairy Sci. 45:1369.
- Syrtad, O. 1985. Heterosis in Bos taurus X Bos indicus crosses. Livest. Prod. Si. 12:299.
- Van Vleck, L. D., E. J. Pollak and E. A. Branford, O. 1987. Genetics for the animal sciences. W. H. Freeman and company. pp391.
- Wellington, K. E. y P. Mahadevan. 1975. Desarrollo de la raza de vacuno lechero Jamaica Hope. Revista Mundial de Zootecnia. 15:27.