

01673

1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTOS GENÉTICOS ADITIVOS DE SEMENTALES HOLSTEIN
EN RASGOS PRODUCTIVOS DE SUS HIJAS CRUZADAS CON
CEBÚ EN UN SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL
TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO

2003/03/20

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:
ANA CAROLINA LEME DE MAGALHÃES LABARTHE

DIRECTOR DE TESIS: DR. PEDRO OCHOA GALVÁN



MÉXICO, D.F. 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*Para mi mamá, mis abuelitos,
mi papá, Lupe, Nani, Xime y Coque
con todo mi amor*

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Carlos Sosa Ferreyra por ser un gran amigo y por haber tenido el tiempo y la paciencia de transmitirme sus conocimientos, fundamentales para realizar esta tesis.

Al Dr. Pedro Ochoa Galván por haber aceptado dirigir este trabajo.

Al CEIEGT, en especial al Dr. Andrés Aluja Schunemann y a la Dr. Rebeca Acosta, por haber proporcionado la base de datos que permitió llevar a cabo el presente estudio.

Al Dr. Carlos Apodaca Sarabia por su ayuda en el uso de los paquetes estadísticos.

Al Comité Tutorial por sus comentarios y sugerencias de gran importancia para este trabajo.

A Juan José por su cariño y su apoyo en todo momento.

A mi padre Jorge por el tiempo que dedicó a la revisión de este trabajo.

A Feri y Xime por su hospitalidad y su cariño.

RESUMEN

EFFECTOS GENÉTICOS ADITIVOS DE SEMENTALES HOLSTEIN EN RASGOS PRODUCTIVOS DE SUS HIJAS CRUZADAS CON CEBÚ EN UN SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO. Tesis de maestría en Producción Animal (Genética), Universidad Nacional Autónoma de México. Ana Carolina Leme de Magalhães Labarthe. 2001. (Dr. Pedro Ochoa Galván, Dr. Andrés Aluja Schunemann, Dr. Hugo Montaldo Valdenegro).

El presente estudio se realizó con las siguientes finalidades: estimar la magnitud del efecto genético aditivo individual de sementales de raza Holstein sobre el comportamiento de sus hijas cruzadas con Indubrasil, Brahman y Criolla (F1 y 3/4), y estimar la magnitud del efecto ambiental permanente en dichas cruzas para las variables intervalo entre partos (IEP), días abiertos (DA), producción de leche ajustada a 300 días (PRO300), días en lactancia (DL), producción de leche por día en lactancia (PRODLAC), producción de leche por intervalo entre partos (PRODIP) y producción de leche por día abierto (PRODA). Se analizó la información de registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente y por separado, utilizando dos modelos, uno de efectos fijos para determinar los factores que influyen las variables y otro mixto para la estimación de parámetros genéticos (REML) y la evaluación de los animales (BLUP). Los efectos fijos que resultaron más importantes fueron año de parto, número de lactancia y genotipo ($P < 0.05$). Se encontraron efectos genéticos aditivos individuales de magnitud relevante, afectando la producción y la reproducción de vacas F1, señalando que la selección de reproductores puros utilizados para la obtención de vacas F1 puede traer beneficios adicionales a los obtenidos por efectos de heterosis y por diferencias entre los valores genéticos aditivos promedio de las razas. Los valores de heredabilidad encontrados para las características estudiadas en vacas F1 fueron: 0.224, 0.283, 0.121, 0.105, 0.294, 0.278, 0.107 para PRO300, DL, IEP, DA, PRODLAC, PRODIP y PRODA, respectivamente. Los coeficientes de repetibilidad encontrados para las variables productivas de las vacas F1 muestran que los comportamientos de estas vacas en el transcurso de su vida útil estarán altamente correlacionados entre sí, pero no así los de variables reproductivas, indicando que los factores ambientales temporales son más importantes, en términos relativos, para la eficiencia reproductiva. Las correlaciones genéticas encontradas entre registros de vacas F1 y 3/4, tuvieron un rango de 0.999 a 0.456, lo que permite seleccionar sementales con base en su evaluación en hijas F1 para obtener animales 3/4, exceptuando PRODIP.

Palabras clave: cruzamientos, heredabilidad, repetibilidad, correlación genética, evaluación de sementales Holstein, trópico.

SUMMARY

ADDITIVE GENETIC EFFECTS OF HOLSTEIN SIRES ON PRODUCTIVE TRAITS OF THEIR CEBU-CROSSBRED DAUGHTERS IN A DOUBLE PURPOSE SYSTEM IN THE MEXICAN HUMID TROPICS.

The objective of the present study was to estimate the magnitude of the individual additive genetic effect of Holstein sires on the performance of their F1 and 3/4 daughters from crosses with Indubrasil, Brahman and Criollo, and the size of the permanent environmental effect. The variables analyzed were, calving interval, days open, milk production adjusted to 300 days, days in milk, milk production per day in lactation, milk production per day of calving interval and milk production per day open. Records of F1 and 3/4 cows were analyzed separately and pooled, utilizing two models, one of fixed effects to determine factors influencing the studied variables, and a mixed model to estimate genetic parameters (REML) and to evaluate animals (BLUP). The resulting fixed effects with importance were year of calving, parity and genotype ($P < 0.05$). Individual genetic additive effects of substantial magnitude were found, affecting production as well as reproduction of F1 cows, indicating that selection of purebred sires in order to obtain F1 cows can bring additional benefits to those obtained from heterosis and from differences among average genetic additive values of breeds. Heritabilities estimated for the traits studied in F1 cows were: 0.224, 0.283, 0.121, 0.105, 0.294, 0.278, 0.107 for PRO300, DL, IEP, DA, PRODLAC, PRODIP y PRODA, respectively. The coefficients of repeatability found for the productive variables of F1 cows show that the performance of these cows along their productive life are highly correlated, not so for reproductive traits, indicating that temporary environmental effects are, in relative terms, more important for reproductive efficiency. The genetic correlations between records of F1 and 3/4 cows estimated in this study were 0.999 to 0.456. These values allow selection of sires based on their evaluations on F1 daughters to obtain 3/4 cows, for all analyzed traits, excepting PRODIP.

Key words: crossbreeding, heritability, repeatability, genetic correlations, Holstein sire evaluation, tropics.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 RECURSOS GENÉTICOS	3
2.2 CRUZAS <i>Bos indicus</i> x <i>Bos taurus</i>	4
2.3 INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE	7
2.4 EVALUACIONES GENÉTICAS	9
2.4.1 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA Y DE EVALUACIÓN GENÉTICA DE ANIMALES	9
2.4.2 EVALUACIONES GENÉTICAS DE GRUPOS RACIALES Y ANIMALES EN SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO	11
2.5 MEDIDAS DE EFICIENCIA EN EL TRÓPICO	13
2.6 FACTORES QUE AFECTAN A VARIABLES PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS EN GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO	14
3. OBJETIVOS	17
4. HIPÓTESIS	18
5. MATERIAL Y MÉTODOS	19
5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
6. RESULTADOS	26
6.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	28
6.2 EFECTOS FIJOS	30
6.3 MEDIAS MÍNIMO CUADRÁTICAS Y SOLUCIONES PARA GENOTIPO Y NÚMERO DE LACTANCIA	33
6.4 COMPONENTES DE VARIANZA	37
6.5 HABILIDADES DE TRANSMISIÓN PREDICHAS	39
6.6 CORRELACIONES GENÉTICAS ADITIVAS	42
6.7 MODELO GENÉTICO SIMPLE	43

7. DISCUSIÓN	45
7.1 BASE DE DATOS	45
7.2 EFECTOS FIJOS	45
7.3 COMPONENTES DE VARIANZA	52
7.3.1 VARIANZA GENÉTICA ADITIVA	52
7.3.2 VARIANZA DE EFECTOS AMBIENTALES PERMANENTES	54
7.4 HABILIDAD DE TRANSMISIÓN PREDICHA	55
7.5 CORRELACIONES GENÉTICAS ADITIVAS	57
7.6 MODELO GENÉTICO SIMPLE	57
8. CONCLUSIONES	59
9. LITERATURA CITADA	62

LISTA DE CUADROS

	Página
CUADRO 1: Promedios de producción de leche (PL) en la primera lactancia, edad al primer parto (EPP) e intervalo entre partos (IEP) para vacas F1 y 3/4 Holstein-Cebú.	6
CUADRO 2: Edad al primer parto (EPP), producción de leche (PL) en la primera lactancia y duración de la primera lactancia (DL) en cruzamientos Holstein x Guzerat en dos niveles de manejo en Brasil.	7
CUADRO 3: Promedios ajustados de duración de la lactancia (DL), producción de leche (PL), días abiertos (DA) e intervalo entre partos (IEP) de vacas Criollas-Cebú x Holstein en México.	7
CUADRO 4: Genotipos de las vacas del módulo de doble propósito del CEIEGT.	20
CUADRO 5: Genotipos y sus respectivos números de observaciones utilizados en los análisis del estudio.	26
CUADRO 6: Número de hijas F1 y 3/4 de cada semental en la base de datos analizada.	27
CUADRO 7: Estadísticas descriptivas para las variables analizadas con los registros de las vacas F1 y 3/4 conjuntamente.	28
CUADRO 8: Estadísticas descriptivas para las variables analizadas con los registros de las vacas F1.	29
CUADRO 9: Estadísticas descriptivas para las variables analizadas con los registros de las vacas 3/4.	29
	32

CUADRO 10: Efectos fijos que resultaron significativos ($P < 0.05$) para cada una de las variables del estudio, analizadas con los registros de las vacas F1 y 3/4, conjuntamente y por separado.	
CUADRO 11: Medias y diferencias significativas entre los efectos de genotipo sobre las variables producción de leche a 300 días (PRO300), producción de leche por día en lactancia (PRODLAC) y días en lactancia (DL).	36
CUADRO 12: Soluciones de genotipo para intervalo entre partos (IEP), producción de leche por día abierto (PRODA) y días abiertos (DA).	36
CUADRO 13: Varianza Genética Aditiva (VGA), Varianza Ambiental Permanente (VAP), Varianza del Error (VE) y Varianza Fenotípica (VF) de las variables estudiadas en el análisis realizado con registros F1 y 3/4 conjuntamente.	37
CUADRO 14: Heredabilidades y repetibilidades de las variables estudiadas en el análisis realizado con registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente.	37
CUADRO 15: Varianza Genética Aditiva (VGA), Varianza Ambiental Permanente (VAP), Varianza del Error (VE) y Varianza Fenotípica (VF) de las variables estudiadas en el análisis realizado con registros de vacas F1.	38
CUADRO 16: Herdabilidades y repetibilidades de las variables estudiadas en el análisis realizado con registros de las vacas F1.	38
CUADRO 17: Habilidades de Transmisión Predichas (HTP) de los sementales y sus respectivas confiabilidades (C %) para las variables estudiadas, obtenidas en los análisis realizados con registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente.	39

CADRO 18: Habilidades de Transmisión Predichas (HTP) de los sementales y sus respectivas confiabilidades (C %) para las variables estudiadas, obtenidas en el análisis realizado con registros de vacas F1.	41
CUADRO 19: Correlaciones genéticas aditivas para las características estudiadas, entre vacas F1 y 3/4.	43
CUADRO 20: Soluciones de las regresiones de las variables estudiadas sobre heterosis (HET) y sobre proporción de la raza Holstein (HO), errores estándar (EE) y significancias (P), utilizando el modelo genético simple.	44

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1: Medias mínimo cuadráticas de genotipo para producción de leche a 300 días.	34
FIGURA 2: Medias mínimo cuadráticas de genotipo para producción de leche por días en lactancia.	34
FIGURA 3: Medias mínimo cuadráticas de genotipo para días en lactancia.	35
FIGURA 4: Medias mínimo cuadráticas de número de lactancia para producción de leche a 300 días.	35

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción con bovinos de doble propósito tienen dos objetivos: la producción de leche y la producción de carne derivada de la venta de las crías al destete (Castañeda, 1997; Sosa, 1998; Tewolde, 1998); se basan en el pastoreo (Vaccaro *et al.*, 1993), son típicos de áreas de clima tropical y se caracterizan, en general, por su bajo nivel de producción debido a factores geográficos y ecológicos, mala calidad y disposición de forrajes, enfermedades, problemas socioeconómicos y de infraestructura. Los sistemas tropicales se encuentran atrasados, en comparación con los sistemas de producción de clima templado, en lo referente a las aplicaciones de tecnología, manejo sanitario, nutricional, reproductivo y genético (Koppel, 1985). Las distintas combinaciones de estas variables dificultan el manejo genético del ganado, ya que cada explotación presenta sus propios problemas y requerimientos.

Los retos que las condiciones ambientales y de alimentación ejercen sobre los genotipos se centran en los problemas descritos de clima, enfermedades y baja calidad de los forrajes; estas condiciones restringen la gama de recursos genéticos aprovechables para explotaciones de doble propósito.

Vaccaro (1993) menciona que apenas hasta alrededor de finales de los años 80 y principios de los años 90, los sistemas de producción en áreas tropicales de América Latina han sometido al ganado vacuno de doble propósito a programas de mejoramiento genético. Lo anterior se debe a diversas causas entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: la necesidad de un control de producción estricto, las continuas fallas en el manejo reproductivo, el poco uso de la inseminación artificial y lo complejo que pueden ser los esquemas de apareamiento.

El desarrollo e implementación de programas de selección como parte del mejoramiento del ganado bovino de doble propósito en el trópico, requiere de los estudios necesarios para la estimación de parámetros genéticos y el diseño de métodos de evaluación animal

aplicables a estas condiciones.

La mayoría de los estudios sobre efectos genéticos en sistemas de doble propósito se han centrado en efectos de raza, efectos maternos y principalmente efectos de heterosis. Por otro lado, se ha dejado a un lado el efecto genético aditivo individual que sementales de razas puras pueden tener sobre el comportamiento de sus hijas cruzadas.

En el presente estudio, se estiman parámetros genéticos para algunas características productivas y reproductivas en vacas cruzadas Holstein x Cebú, así como la evaluación genética aditiva de los sementales Holstein utilizados en el hato estudiado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 RECURSOS GENÉTICOS

La mayoría de los recursos genéticos bovinos del trópico latinoamericano está representada por el ganado cebú (*Bos indicus*) (Tewolde, 1998); las razas cebuínas están mejor adaptadas que las razas europeas (*Bos taurus*) para resistir el estrés del ambiente, calor, humedad, forrajes de baja calidad y la incidencia de parásitos, aunque también se caracterizan por su menor producción de leche por lactancia, tal vez como resultado de su misma adaptación (Madalena, 1993).

En menor número, se encuentran algunas razas criollas (*Bos taurus*), pero la información disponible sobre el desempeño productivo y reproductivo de animales criollos en sistemas de doble propósito, puros o como parte de esquemas de cruzamiento, es muy escasa y, por lo tanto, esas razas requieren un proceso de evaluación que proporcione información precisa sobre su comportamiento (Vaccaro y López, 1995).

La mayoría de las explotaciones de doble propósito en el trópico de América Latina utilizan animales cruzados (Vaccaro *et al.*, 1997). El rango de genotipos empleados es muy amplio, combinando genes de varias razas cebúes, criollas y europeas (Vaccaro *et al.*, 1993). En una amplia variedad de situaciones que comprenden desde los sistemas de producción tropicales más primitivos hasta los más tecnificados, las cruces de razas cebuínas y criollas con razas europeas constituyen la opción más recurrida (Madalena, 1993).

Las razas europeas (*Bos taurus*), tienen un mayor potencial genético que las razas cebuínas y criollas para producir leche en los sistemas intensivos, bajo las condiciones climáticas en que fueron seleccionadas por muchos años, pero muestran baja adaptabilidad a las difíciles condiciones encontradas en el trópico, lo que por consecuencia afecta su producción en estas zonas (Vaccaro, 1990; Madalena, 1993). Existe abundante información

biológica y económica en la región tropical latinoamericana que indica que los animales de razas europeas puras no son aptos para los sistemas de doble propósito existentes (Vaccaro y López, 1995).

2.2 CRUZAS *Bos indicus* x *Bos taurus*

Según Gregory y Cundiff (1980) el objetivo básico de los sistemas de cruzamientos es optimizar el uso de los efectos aditivos y no aditivos (heterosis) de los genes, simultáneamente. Las cruzas de *Bos indicus* y *Bos taurus*, tienen como meta complementar los bajos niveles productivos de los grupos genéticos nativos utilizando los genes de razas especializadas oriundas de ambientes templados y/o tomando ventaja de la heterosis cuando ésta exista (Pariacote *et al.*, 1997).

La heterosis o vigor híbrido es definida como la diferencia entre el valor de una característica en la progenie cruzada y el valor medio de las dos poblaciones parentales que la originaron (Warwick y Legates, 1980; Falconer, 1981; Syrstad, 1985; Madalena, 1993; Cundiff, 2000).

Madalena (1993) describió algunos mecanismos que podrían explicar la heterosis; éstos son:

1. Dominancia: existe la acción de *loci* que presentan dominancia para la característica considerada y esta dominancia debe ser direccional para ser observable, ya que de otra manera los efectos tenderían a cancelarse.
2. Sobredominancia: los individuos heterocigotos para un *locus* son superiores a los homocigotos.
3. Epistasis: consiste en la interacción de dos o más genes; en el caso de animales cruzados se pueden dar nuevas combinaciones de alelos que antes no existían en las razas parentales.
4. Complementariedad entre razas: el mérito total de los híbridos se compone de características diferentes cuyos genes son heredados de cada una de las respectivas razas

parentales, que de esta forma se complementan en la progenie cruzada.

Estos cuatro mecanismos no son mutuamente excluyentes y todos ellos pueden operar en la práctica, en mayor o menor medida.

Otros autores, como Cundiff (2000), se refieren a la complementariedad como una combinación útil de varias características de las razas parentales en la progenie cruzada, no como parte del efecto de heterosis. El mismo autor señala que los sistemas de cruzamiento utilizan diferencias genéticas aditivas entre razas, heterosis y complementariedad, con diferentes grados de efectividad.

Las combinaciones de alelos *Bos taurus* con alelos *Bos indicus* en sus proporciones más adecuadas para el trópico, han sido tema de investigación y varios esquemas de cruzamiento están documentados en artículos (Cunningham y Syrstad, 1987). Estos autores hicieron una revisión bibliográfica a nivel mundial sobre el desempeño de genotipos en sistemas de doble propósito y concluyeron que la mejor combinación para producción de leche se encuentra entre el 50 y 75 % de genes de la raza exótica y 25 a 50 % de genes de la raza cebú o local en sistemas de cruzamiento, tal como se muestra en el cuadro 1. La proporción más adecuada depende del nivel nutricional y de manejo en el cual se encuentran los animales. Según Vaccaro *et al.* (1993) el mérito de los diferentes genotipos va a depender del ambiente en que ellos se encuentren. Las cruzas F1, generalmente, se desempeñan mejor que las cruzas 3/4 en ambientes malos, pero no tanto en ambientes mejorados.

Madalena, en 1993, menciona que en una amplia variedad de sistemas de producción en Brasil, la craza F1 (1/2 Holstein x 1/2 Cebú) presenta una gran superioridad sobre los otros cruzamientos representados con las proporciones de genes Holstein 1/4, 5/8, 7/8 y 31/32, en su desempeño económico cuando se considera el conjunto de sus características y no solo la producción de leche, ya que además es superior en otros aspectos de importancia como duración de la lactancia, producción de grasa y proteína, edad al primer parto, eficiencia de conversión de alimentos, supervivencia y permanencia en el hato; mientras

que no es inferior a otros grupos en la resistencia a parásitos y en la tolerancia al calor (Cuadro 2).

En México, en un estudio realizado con datos de explotaciones en Veracruz y en Tabasco, Sosa (1994), observó que en general las vacas 3/4 Holstein-1/4 Cebú tienen menor producción de leche que las F1, así como mayor número de días abiertos y meses de intervalo entre partos; sin embargo, las diferencias encontradas entre las variables analizadas no fueron estadísticamente significativas (Cuadro 3).

CUADRO 1: Promedios de producción de leche (PL) en la primera lactancia, edad al primer parto (EPP) e intervalo entre partos (IEP) para vacas F1 y 3/4 Holstein-Cebú.

AUTOR Y AÑO	PAÍS	PL (Kg) Primera Lactancia		EPP (meses)		IEP (días)	
		F1	3/4H	F1	3/4H	F1	3/4H
Amble y Jain, 1966	India	2538 (117)*	2393 (307)	36.2	36.3	432	468
Vencovsky <i>et al.</i> , 1970	Brasil	2527 (69)	2435 (307)	.	.	.	.
Madalena <i>et al.</i> , 1978	Brasil	2471 (350)	2347 (164)	38.8	42	465	529
Bhat <i>et al.</i> , 1978	India	2193 (91)	2096 (27)	.	.	.	.
Rao y Nagarcenkar, 1979	India	2755 (416)	2643 (230)	.	.	.	.
Rao y Taneja, 1980	India	2787 (399)	2632 (381)	32.5	33.7	424	439
Rao y Taneja, 1980	India	2503 (170)	2302 (161)	31.3	33.1	435	439
Buvanendran <i>et al.</i> , 1981	Nigeria	1684 (287)	1850 (143)	33.2	32.5	383	391
Deshpande y Bonde, 1982	India	2785	2684	.	.	.	.
Nagarcenkar <i>et al.</i> , 1982	India	3392 (98)	2755	.	.	.	.
Kiwuwa <i>et al.</i> , 1983	Etiopía	1977 (392)	2374 (98)	33.9	33.7	427	464
Kiwuwa <i>et al.</i> , 1983	Etiopía	2352 (220)	2356 (53)	34.8	33.6	458	475
Promedios		2425.5	2420	34.4	35	432	458

*Número de observaciones entre paréntesis

Fuente: Adaptado de Cunningham y Syrstad (1987) y Syrstad (1990).

CUADRO 2: Edad al primer parto (EPP), producción de leche (PL) en la primera lactancia y duración de la primera lactancia (DL) de cruzamientos Holstein x Guzerat en dos niveles de manejo en Brasil.

Nivel de manejo	EPP (meses)		PL (Kg)		DL (días)	
	F1	3/4H	F1	3/4H	F1	3/4H
Alto	35.8 (23)*	38.2 (17)	2953 (21)	2981 (14)	305 (21)	329 (14)
Bajo	38.4 (63)	41.9 (58)	2636 (57)	2251 (51)	375 (57)	367 (51)

*Número de observaciones entre paréntesis.

Fuente: Adaptado de Madalena (1993).

CUADRO 3: Promedios ajustados de duración de la lactancia (DL), producción de leche (PL), días abiertos (DA) e intervalo entre partos (IEP) de vacas Criollas-Cebú x Holstein, en México.

GENOTIPO	DL (días)	PL (Kg)	DA (días)	IEP (días)
F1	219.8 ± 7.6	1375 ± 55	178.9 ± 11.3	459.2 ± 11.4
3/4H	219.4 ± 27	1293 ± 22.3	210 ± 56.6	489 ± 52.8

Fuente: Adaptado de Sosa (1994).

2.3 INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE

Según Falconer (1981) y Cameron (1993), desde un punto de vista genético, un rasgo dado en dos ambientes puede ser considerado como dos características separadas bajo el control de dos conjuntos de genes, pero con algunos genes en común. Estos dos rasgos estarán correlacionados genéticamente y dicha correlación puede ser considerada como una medida inversamente relacionada con el grado de la interacción genotipo-ambiente.

En América Latina, bajo condiciones prácticas, se utiliza semen de toros oriundos de países templados en vacas cebúes o criollas para obtener crías cruzadas (Vaccaro, 1984; McDowell *et al.*, 1996). Estudiar el desempeño de dicha progenie resulta de gran importancia debido a la posible existencia de una interacción genotipo-ambiente (Stanton *et al.*, 1991). La interacción genotipo-ambiente, cuando existe, puede ser importante en la

determinación del uso de sementales europeos en áreas tropicales, ya que la respuesta a la selección de sus hijas en otro ambiente puede ser distinta a la de sus hijas en su país de origen (Cunningham, 1981, citado por Abubakar, 1987); la interacción genotipo-ambiente puede implicar cambios en el ordenamiento de los sementales o cambios en la magnitud de sus diferencias, y estos cambios se van a reflejar en una distinta respuesta a la selección en diferentes ambientes (Costa *et al.*, 1998). Con base en lo anterior, Martínez *et al.* (2000) afirman la importancia de establecer mecanismos para evaluar el material genético de otros orígenes bajo condiciones típicas de Latinoamérica.

En 1987 Abubakar *et al.* evaluaron toros Holstein-Friesian de origen canadiense y estadounidense en vacas de esa misma raza en México y Colombia, encontrando que el ordenamiento de estos sementales cambia usando las evaluaciones realizadas en el estudio para México y Colombia y éstas, a su vez, también difieren de la evaluación para Estados Unidos. Al observar los resultados, llegaron a la conclusión de que, generalmente, hijas de sementales de alta producción de leche tuvieron intervalos entre partos más largos y un mayor número de días abiertos, en México y Colombia. En la evaluación de sementales basados en sus hijas en México, las hijas de sementales de mediano valor genético tuvieron una vida productiva significativamente mayor que las hijas de sementales de alto y bajo valores genéticos. En Colombia, hijas de sementales de bajo valor genético presentaron mayor supervivencia, intervalos entre partos mas cortos, menor número de días abiertos y secos y menor edad al primer parto, que hijas de sementales de alto valor genético, algo similar a lo observado en México.

Por otro lado, los resultados del estudio de Stanton *et al.* (1991) confirmaron que la respuesta a la selección de sementales de Estados Unidos para equivalente maduro de producción de leche, es menor en América Latina que en su país de origen y mencionaron que para América Latina sería más útil evaluar sementales no solamente para la producción de leche sino también para otras características de importancia económica, tales como las reproductivas y las de supervivencia.

En un análisis similar de toros Holstein estadounidenses que se utilizaron para inseminar vacas en Brasil, Costa *et al.* (1998) encontraron que la respuesta correlacionada para producción de leche y grasa en Brasil de sementales seleccionados en Estados Unidos se redujo a un 50% y 75% de lo observado en Estados Unidos, lo que redujo el retorno económico de la inversión genética.

Cienfuegos *et al.* (1999) obtuvieron resultados que coinciden a los de Stanton *et al.* (1991) y Costa *et al.* (1998), al analizar equivalente maduro para producción de leche en vacas Holstein en México, hijas de sementales estadounidenses de la misma raza. Estos autores encontraron que la respuesta a la selección de estos sementales es menor en sus hijas mexicanas que en sus hijas de Estados Unidos; la diferencia en la respuesta correlacionada indica que los genes de toros estadounidenses tienen menos expresión en México que en su país de origen. Otro indicador de la existencia de una interacción genotipo-ambiente fue el cambio en el orden de los valores genéticos de los toros cuando fueron evaluados en México, en relación a sus evaluaciones en Estados Unidos. Sin embargo, encontraron que las evaluaciones de los sementales basadas en hijas de hatos de baja varianza fenotípica en Estados Unidos son mejores predictores del desempeño de vacas en hatos mexicanos, sugiriendo que las pérdidas en la ganancia genética y en el retorno económico debido a la interacción genotipo-ambiente pueden ser suavizadas usando evaluaciones de sementales hechas a través de registros de hijas que se encuentren en un ambiente con varianza fenotípica similar.

2.4 EVALUACIONES GENÉTICAS

2.4.1 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA Y DE EVALUACIÓN GENÉTICA DE ANIMALES

Los componentes de varianza pueden ser utilizados con varios propósitos en la cría animal. En genética cuantitativa se utilizan para calcular parámetros genéticos como la heredabilidad, repetibilidad, correlaciones genéticas, etc., y posteriormente, con éstos, se

puede predecir el mérito genético de los animales y su potencial productivo.

Uno de los métodos más usados para estimar componentes de varianza es a través de la Máxima Verosimilitud Restringida (REML, por sus iniciales en inglés). Este método genera estimadores que poseen propiedades estadísticas deseables como no negatividad, normalidad asintótica y varianza mínima. Los métodos para estimación de componentes de varianza utilizando REML requieren localizar el valor máximo de la función de verosimilitud que, a su vez, representa el conjunto de parámetros que mejor explica la distribución de las observaciones, de acuerdo al modelo usado. La técnica de computación utilizada puede o no requerir el cálculo de las derivadas del logaritmo de la función de verosimilitud. Por definición el análisis requiere del conocimiento de la distribución de las observaciones. Para el caso de REML se supone que las observaciones son continuas y que siguen una distribución normal, que el modelo de análisis es lineal y que incluye efectos aleatorios, como por ejemplo los efectos genéticos aditivos (Searle *et al.*, 1992).

En el caso de las evaluaciones genéticas de los animales, las observaciones están representadas por los registros de las variables medidas en los mismos. La estimación y predicción de variables aleatorias utilizadas en la evaluación genética de los animales, se realiza a través de la metodología del mejor estimador o predictor lineal insesgado (BLUE y BLUP, respectivamente, por sus siglas en inglés). El BLUE se utiliza para estimar efectos fijos y el BLUP para predecir los efectos aleatorios. Algunas de las propiedades que tienen los predictores de BLUP son varianza mínima, linealidad e insesgamiento. Al obtener los predictores, se obtienen simultáneamente las soluciones de los efectos fijos. Para su obtención se requiere conocer los componentes de varianza del modelo (Henderson, 1977).

Uno de los modelos más utilizados para la predicción del mérito genético es el Modelo Animal. El objetivo de la utilización de un Modelo Animal para obtener las evaluaciones genéticas es determinar el mérito genético de todos los individuos de la población de interés (Kennedy *et al.*, 1988, citado por Pérez, 1997). El Modelo Animal permite considerar a los animales de la base de datos y a todos sus parientes, con o sin registros, así que todas las

relaciones entre los animales pueden ser tomadas en cuenta, así como las diferencias genéticas de los grupos contemporáneos y los efectos de tendencia genética o selección, aumentando la precisión de los predictores (Meyer, 1998).

2.4.2 EVALUACIONES GENÉTICAS DE GRUPOS RACIALES Y ANIMALES EN SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO

Cuando se evalúan animales de razas puras para características cuantitativas, normalmente se supone que sólo actúan efectos aditivos de los genes. En contraste, cuando se utilizan cruza de diferentes razas o grupos genéticos, aparte de los efectos directos de las razas utilizadas, se tiene como consecuencia la aparición de otros efectos genéticos afectando las características cuantitativas, tales como los efectos de heterosis o interacción entre razas (Dickerson, 1969 y 1973; Sosa, 1998). Por lo tanto, si se desea evaluar a los genotipos involucrados en un esquema de cruzamiento es necesario considerar todos los efectos anteriores.

Según Dickerson (1969 y 1973) varios modelos genéticos han sido desarrollados con el objetivo de describir el desempeño de los distintos tipos de cruzamiento. Estos se basan en los diferentes tipos de acción génica: efectos aditivos de los genes de cada raza, efectos de dominancia y epistasia. Autores como Martínez (1988), Madalena *et al.* (1990), Pariacote *et al.* (1997), Kahi *et al.* (2000), comparan grupos genéticos considerando estos diferentes tipos de acción génica.

No obstante que la gran mayoría de explotaciones de doble propósito en el trópico usa animales cruzados, todavía no se cuenta con información sobre el mérito genético de los reproductores *Bos taurus* más convenientes para ser usados en estos sistemas (Vaccaro, 1997). Tampoco se cuenta con información sobre los efectos genéticos aditivos individuales de los sementales sobre características productivas de sus hijas cruzadas, tanto F1 como 3/4 europeo.

Castañeda (1997) encontró diferencias entre sementales *Bos taurus* para producción de leche en sus hijas cruzadas, pero en el modelo de análisis ni los toros ni sus hijas fueron clasificados por grupo genético y, por lo tanto, no es posible distinguir el efecto de genotipo del efecto individual en ese estudio. Rao y Taneja (1986) no encontraron significancia en la interacción semental-grupo genético, sugiriendo que los sementales siguen en el mismo orden cuando son evaluados a través de sus hijas de diferentes niveles de cruzamiento; sin embargo, encontraron una mayor variabilidad genética en hatos de altos niveles de manejo, donde los mejores genotipos tienen una mejor oportunidad de expresarse.

Los productores del trópico mexicano además de la decisión de cuál raza utilizar, se enfrentan a la decisión de qué toro utilizar; por lo tanto, resulta importante conocer la magnitud de la diferencia esperada entre sementales europeos. Si los efectos individuales son importantes, la decisión de qué toros utilizar afectará de alguna manera la rentabilidad de la empresa. En caso de desear mejorar en rendimiento en características de baja heredabilidad, la heterosis resulta más importante que la selección.

Para evaluar a los individuos es necesario contar con estimadores de heredabilidad. Syrstad (1993) señala que existen pocos valores de heredabilidad estimados para características lecheras en el trópico y que éstos tienen grandes errores estándar debido a que parten de bases de datos pequeñas. Recientemente se han estimado algunos valores de heredabilidad en zonas tropicales, como por ejemplo Mackinnon *et al.* (1996), pero aún siguen siendo pocos los valores publicados. Por lo mismo, para cualquier evaluación basada en animales cruzados en el trópico, sería deseable contar con una base de datos confiable para obtener estimadores de componentes de varianza para las características que sean criterio de selección.

Hasta ahora la mayoría de las evaluaciones de sementales se han limitado a la producción de leche por lactancia o a 305 días, aunque existen otros rasgos de importancia económica que deben ser considerados en las decisiones de selección como la duración de la lactancia, el intervalo entre partos, los días abiertos, la producción de leche por día en

lactancia, la producción de leche por día abierto y la producción de leche por día de intervalo entre partos.

Para el caso de la ganadería de doble propósito existe la necesidad de desarrollar esquemas de evaluación y selección de sementales *Bos taurus* y *Bos indicus* para el comportamiento de sus hijas cruzadas F1 y 3/4, evaluar el comportamiento de las cruas recíprocas y comparar las razas cebúes en sus cruas con razas europeas, debido a que todavía no se cuenta con información al respecto.

2.5 MEDIDAS DE EFICIENCIA EN EL TRÓPICO

La rentabilidad de la producción lechera no sólo depende de características productivas, también es importante el comportamiento reproductivo de las vacas (Rivera *et al.*, 1989; Enríquez *et al.*, 1989). Ambos factores se reflejan tanto en los costos como en los niveles de producción alcanzados.

El período comprendido entre dos partos consecutivos es una medida frecuentemente utilizada para evaluar la eficiencia reproductiva de un hato. La reducción de este período lleva a un aumento en el número de partos y, consecuentemente, a un aumento en la producción de leche por vida útil de la vaca. Por lo tanto, características de producción y reproducción son de fundamental importancia económica. Una de las variables que mide esa eficiencia es la producción por día de intervalo entre partos (Teodoro *et al.*, 1993).

Al analizar datos de sistemas de doble propósito en el trópico, varios autores como Taneja y Bhat (1986), Martínez *et al.* (1988), Enríquez *et al.* (1989), Rivera *et al.* (1989), Madalena *et al.* (1990), Teodoro *et al.* (1993), Vaccaro y López (1995), Nagare y Patel (1997) y Osorio (1998), utilizaron la producción de leche por día de intervalo entre partos como una medida de eficiencia.

Debido a que es común encontrar en el trópico vacas con lactancias cortas (Syrstad,

1993), sería justificable utilizar como una medida de eficiencia la producción de leche por día abierto. La producción total de la lactancia dividida por los días abiertos refleja el potencial productivo de la vaca y también el costo por su eficiencia reproductiva. Vale la pena señalar que para evaluar la eficiencia de vacas de primer parto sólo se puede utilizar la producción de leche por día abierto, ya que la variable intervalo entre partos aún no existe.

2.6 FACTORES QUE AFECTAN A VARIABLES PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS EN GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO

Las características de un animal son determinadas por la acción conjunta del genotipo y del ambiente a que estará sometido a lo largo de su vida. Dentro de los factores ambientales, los más comúnmente considerados como importantes son el hato, el año y la época del parto, la edad de la vaca al parto y el número de lactancia. Dentro de los factores no ambientales esta la composición genética de los animales, generalmente expresada en términos de proporciones de genes o grupo genético (Teodoro *et al.*, 1994).

En un estudio hecho en Brasil, Teodoro *et al.* (1994) encontraron un efecto significativo de año de parto sobre la duración del período de lactancia y de año y época de parto sobre la producción de leche, coincidiendo con los trabajos en el mismo país de Polastre (1985), Freitas *et al.* (1991) y Neiva (1992), citados por el mismo autor. Sin embargo, no hubo efecto de genotipo sobre esas dos variables y el efecto de la edad de la vaca fue significativo solamente para producción de leche.

En el mismo país, Martínez *et al.* (1988) encontraron efectos significativos de año de parto sobre producción de leche, intervalo entre partos y producción de leche por día de intervalo entre partos. El efecto de época de parto no fue significativo para intervalo entre partos y el efecto de edad de la vaca fue significativo tanto para la producción de leche como para la producción de leche por día de intervalo entre partos.

En otro estudio hecho en vacas cruzadas en Brasil, Teodoro *et al.* (1993) encontraron que el intervalo entre partos y la producción de leche por intervalo entre partos son afectados significativamente por el año y época de parto, pero no así por el genotipo.

Villegas y Román (1984), en un estudio realizado en México, encontraron efectos significativos de genotipo y año de parto para producción de leche, duración de la lactancia e intervalo entre partos. La época de parto fue significativa sólo para el intervalo entre partos.

Rivera *et al.* (1989) también en México, encontraron efectos significativos de genotipo, año de parto y número de la lactancia sobre el intervalo entre partos y la producción de leche por día de intervalo entre partos. La época de parto solamente fue significativa para la producción de leche por día de intervalo entre partos.

Castañeda *et al.* (1993) analizaron datos de vacas de doble propósito en México y encontraron un efecto significativo del genotipo sobre la producción de leche, duración de la lactancia e intervalo entre partos, pero no observaron efecto de época de parto para las características estudiadas. El número de lactancia solamente fue significativo para producción de leche. En 1995, en un estudio similar, también en México, Castañeda *et al.* no encontraron efecto del genotipo para producción de leche, pero sí para producción de leche por día en lactancia y para duración de la lactancia. La producción de leche y la producción de leche por día en lactancia fueron afectadas por el efecto de hato, año y época de parto y número de lactancia. El efecto de año de parto también fue significativo para la duración de la lactancia.

Thorpe *et al.* (1993), en Kenia, encontraron significativo el efecto de año de parto para producción de leche, duración de la lactancia e intervalo entre partos; esta última variable también fue afectada por la época de parto. Para edad al primer parto, el año de nacimiento fue significativo.

Por otro lado, es difícil determinar los factores ambientales que tienen un efecto permanente sobre variables productivas y reproductivas, pero es posible estimar la magnitud de sus efectos a través de la repetibilidad. Sin embargo, existen pocos trabajos recientes en los que se hayan estimado coeficientes de repetibilidad en sistemas de doble propósito en el trópico. Syrstad en una revisión de 1993 encontró repetibilidades para duración de la lactancia y producción de leche para razas nativas de India y África, y solamente una referencia para cruza de Sahiwal en Kenia. Es relevante el estudio de estos factores, ya que afectan la vida productiva y los niveles de producción de las vacas en sistemas tropicales.

3. OBJETIVOS

1. Estimar la magnitud del efecto genético aditivo individual de sementales Holstein sobre el comportamiento de sus hijas cruzadas (F1 y 3/4) para intervalo entre partos, días abiertos, producción de leche ajustada a la duración promedio de la lactancia, días en lactancia, producción de leche por día en lactancia, producción de leche por intervalo entre partos y producción de leche por día abierto.

2. Estimar la magnitud de los efectos permanentes del ambiente en vacas cruzadas F1 y 3/4 Holstein x Cebú para intervalo entre partos, días abiertos, producción de leche ajustada a la duración promedio de la lactancia, días en lactancia, producción de leche por día en lactancia, producción de leche por intervalo entre partos y producción de leche por día abierto.

4. HIPOTESIS

1. Los efectos fijos y el efecto genético aditivo de sementales Holstein son de magnitudes similares en hijas F1 y en hijas 3/4.
2. La evaluación genética de los sementales Holstein en sus hijas F1 es similar que la evaluación en sus hijas 3/4.
3. Los efectos permanentes del ambiente sobre variables productivas y reproductivas son significativamente importantes y de similar magnitud en vacas F1 y 3/4 Holstein x Cebú.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos utilizados provienen del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El CEIEGT se localiza en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, donde la temperatura media anual es de 21.8°C con máxima de 40°C y mínima de 13°C. La precipitación media anual es de 1780mm y el clima está clasificado como caliente, húmedo, sin temporada seca definida (García, 1981), tipo Af(m) de acuerdo a la clasificación modificada de Koppen.

La base de datos original consiste en 879 y 293 registros de lactancias de vacas F1 y 3/4 Holstein x Cebú, respectivamente. Los criterios para incluir registros en los análisis fueron: información completa para todas las variables, valores de producción consistentes y fechas correctas. Los registros incluyen la identificación de la vaca, su composición racial, número de lactancia, producción de leche total en la lactancia, días en lactancia, identificación y composición racial del padre y de la madre de la vaca, fecha de nacimiento de la vaca, fecha de parto y fecha del último servicio. A partir de esa información se calcularon las variables de días abiertos, intervalo entre partos, edad al primer parto, producción de leche a 300 días, producción de leche por día abierto, producción de leche por intervalo entre partos y producción de leche por día en lactancia.

De acuerdo al comportamiento observado en los análisis preliminares del efecto de mes de parto sobre las variables estudiadas, se definieron dos épocas de parto, la primera de mayo a enero y la segunda de febrero a abril.

5.1 ANALISIS ESTADÍSTICO

Las características, producción de leche a 300 días, días en lactancia, intervalo entre partos, días abiertos, producción de leche por día en lactancia, producción de leche por intervalo entre partos y producción de leche por día abierto fueron analizadas inicialmente a

través de un modelo preliminar de efectos fijos. En dicho modelo se incluyeron año de parto, época de parto, así como la interacción entre año y época de parto, número de lactancia, interacción entre número de lactancia y época de parto, genotipo y semental. Estos análisis tuvieron como finalidad determinar cuáles efectos fijos influyen en cada variable.

Los genotipos de las vacas que formaron la base de datos se muestran en el cuadro 4.

CUADRO 4: Genotipos de las vacas del módulo de doble propósito del CEIEGT.

GENOTIPOS	PADRE	MADRE
1 (F1)	Indubrasil	Holstein
2 (F1)	Holstein	Indubrasil
3 (F1)	Hostein	Brahman
4 (F1)	Hostein	Criolla
5 (3/4)	Holstein	1
6 (3/4)	Indubrasil	1
7 (3/4)	Holstein	2
8 (3/4)	Holstein	4
9 (F1)	desconocido	desconocida
10 (3/4)	desconocido	desconocida

Para los análisis preliminares se utilizaron modelos lineales y para el cálculo se utilizó el procedimiento glm del programa estadístico SAS (Searle y Yerex, 1988).

El modelo utilizado fue:

$$y_{ijklmn} = \mu + AP_i + E_j + (AP \times E)_{ij} + N_k + (N \times E)_{kj} + G_l + S_m + e_{ijklmn}.$$

Donde:

Y_{ijklmn} = la n-ésima observación en la característica analizada, de una vaca hija del m-ésimo semental, del l-ésimo genotipo, ocurrida durante el k-ésimo número de lactancia, en la j-ésima época de parto del i-ésimo año de parto.

μ = constante común para todas las observaciones.

AP_i = efecto del i-ésimo año de parto, $i = 1, 2, \dots, 21$.

E_j = efecto de la j-ésima época de parto, $j = 1, 2$.

$(AP \times E)_{ij}$ = efecto de la ij-ésima interacción entre año de parto y época de parto.

N_k = efecto del k-ésimo número de la lactancia, $k = 1, 2, \dots, 13$.

$(N \times E)_{kj}$ = efecto de la kj-ésima interacción entre número de lactancia y época de parto.

G_l = efecto del l-ésimo genotipo, $l = 1, 2, \dots, 10$.

S_m = efecto del m-ésimo semental, $m = 1, 2, \dots, 52$.

e_{ijklmn} = efecto del error aleatorio particular a cada observación, donde $e_{ijklmn} \sim N(0, \sigma^2)$ e independientes.

Para edad al primer parto se utilizó otro modelo de efectos fijos en el cual se incluyeron mes y año de nacimiento de la vaca, genotipo y semental.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + MN_i + AN_j + G_k + S_l + e_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = la m-ésima observación de edad al primer parto de una vaca hija del l-ésimo semental, con el k-ésimo genotipo, nacida en el j-ésimo año y en el i-ésimo mes.

μ = constante común para todas las observaciones.

MN_i = efecto del i-ésimo mes de nacimiento, $i = 1, 2, \dots, 12$.

AN_j = efecto del j-ésimo año de nacimiento, $j = 1, 2, \dots, 21$.

G_k = efecto del k-ésimo genotipo, $k = 1, 2, \dots, 10$.

S_l = efecto del l-ésimo semental, $l = 1, 2, \dots, 52$.

e_{ijklm} = efecto del error aleatorio de cada observación, donde $e_{ijklm} \sim N(0, \sigma^2)$ e independientes.

Posteriormente, la estimación de componentes de varianza fue a través de máxima verosimilitud restringida (REML) y la evaluación de los sementales a través de mejores predictores lineales incesgados (BLUP), utilizando para ello el programa DFREML (Meyer, 1998). Para la obtención de las habilidades de transmisión predichas de los sementales, se dividió la predicción del valor genético del individuo entre dos (Willhan, 1982). En este estudio, la habilidades de transmisión predichas se expresarán como desviaciones respecto a la media de la variables en la población estudiada. La confiabilidad de las habilidades de transmisión predichas de los sementales fueron obtenidas utilizando el programa MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995).

Los modelos de estos análisis fueron iguales a los modelos definitivos de efectos fijos, incluyendo solamente los efectos que resultaron significativos ($P < 0.05$) en los análisis preliminares, pero considerando el efecto animal y el de ambiente permanente como aleatorios. Fueron excluidos de estos análisis los genotipos clasificados como desconocidos.

El modelo animal en notación matricial utilizado fue:

$$y = Xb + Zu + Wp + e$$

Donde:

y = vector que contiene las observaciones de la variable de respuesta analizada.

X = matriz de incidencia que relaciona las observaciones con los efectos fijos.

b = vector que contiene los efectos fijos.

Z = matriz de incidencia que relaciona las observaciones con los efectos genéticos (aleatorios).

u = vector que contiene los efectos genéticos (aleatorios).

W = matriz de incidencia que relaciona las observaciones con los efectos ambientales permanentes.

p = vector que contiene los efectos ambientales permanentes.

e = vector de efectos residuales aleatorios.

Los análisis preliminares de efectos fijos y los análisis de estimación de componentes de varianza se realizaron con los registros de las vacas F1 y 3/4 conjuntamente y también se realizaron por separado.

Utilizando el mismo programa, se estimó la correlación genética entre hijas F1 y 3/4 a través de un modelo animal bivariado, considerando las características estudiadas en vacas F1 y en vacas 3/4 respectivamente como dos características diferentes. En este modelo, se supuso que las covarianzas entre los errores de ambos grupos genéticos fue cero.

El modelo bivariado utilizado, en forma matricial fue:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_1 & 0 \\ 0 & W_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde:

y_1 = vector que contiene las observaciones de las vacas F1 para la variable de respuesta analizada.

y_2 = vector que contiene las observaciones de las vacas 3/4 para la variable de respuesta analizada.

X_1 = matriz de incidencia que relaciona las observaciones de vacas F1 con los efectos fijos.

X_2 = matriz de incidencia que relaciona las observaciones de vacas 3/4 con los efectos fijos.

b_1 = vector que contiene los efectos fijos para F1.

b_2 = vector que contiene los efectos fijos para 3/4.

Z_1 = matriz de incidencia que relaciona las observaciones de vacas F1 con los efectos genéticos (aleatorios).

Z_2 = matriz de incidencia que relaciona las observaciones de vacas 3/4 con los efectos genéticos (aleatorios).

u_1 = vector que contiene el efecto genético de los animales para F1.

u_2 = vector que contiene el efecto genético de los animales para 3/4.

W_1 = matriz de incidencia que relaciona las observaciones de vacas F1 con los efectos ambientales permanentes.

W_2 = matriz de incidencia que relaciona las observaciones de vacas 3/4 con los efectos ambientales permanentes.

p_1 = vector que contiene los efectos ambientales permanentes para F1.

p_2 = vector que contiene los efectos ambientales permanentes para 3/4.

e_1 = vector de efectos residuales aleatorios para F1.

e_2 = vector de efectos residuales aleatorios para 3/4.

Paralelamente fue utilizado un modelo genético simple con el objetivo de estimar el efecto aditivo de Holstein y el efecto aditivo no Holstein, así como el efecto de heterosis por Holstein-no Holstein. Este modelo considera la estimación de los efectos raciales y la heterosis a través de una regresión. En este estudio, las covariables fueron grado de heterocigosis (1 para F1 y 0.5 para 3/4), proporción de Holstein, considerando a las cruzas recíprocas como un solo tipo de craza y proporción no Holstein, considerando la proporción racial de Brahman, Indubrasil y Criollo como una sola covariable.

Para el cálculo se utilizó el procedimiento mixed, del programa estadístico SAS (Searle y Yerex, 1988), incluyendo los efectos fijos que resultaron significativos ($P < 0.05$) en los análisis preliminares, heterosis y proporción Holstein como covariables y semental como efecto aleatorio. El programa genera las soluciones para los efectos fijos y los coeficientes de regresión, pero no las soluciones para los efectos aleatorios.

Estos análisis fueron realizados incluyendo solamente el conjunto de los registros de las

vacas F1 y 3/4 y los genotipos clasificados como desconocidos fueron excluidos.

El modelo utilizado, fue:

$$y = Xb + Zu + e$$

Donde:

y = vector que contiene las observaciones de la variable de respuesta analizada.

X = matriz de incidencia que relaciona las observaciones con los efectos fijos y con las covariables proporción de heterosis, proporción de Holstein y proporción no Holstein.

b = vector que contiene los efectos fijos y coeficientes de regresión.

Z = matriz de incidencia que relaciona las observaciones con el efecto aleatorio de semental.

u = vector que contiene el efecto aleatorio de semental.

e = vector de efectos residuales aleatorios.

6. RESULTADOS

De acuerdo con los criterios para incluir registros en los análisis, se utilizaron 737 y 273 registros de vacas F1 y 3/4 respectivamente, hijas de 49 sementales de la raza Holstein y de 3 sementales de raza Indubrasil.

El ajuste de producción de leche total en la lactancia para producción de leche a 300 días fue hecho debido a que éste es el promedio en días en lactancia de todos los registros. El factor de ajuste se obtuvo por medio de una función no lineal que es proporcional a cada día de producción, de acuerdo a lo observado por Vinze y Parekh (1998), en el cual corresponde a la relación entre la producción de leche a 300 días y la producción de leche de acuerdo con los días en lactancia.

Los genotipos del módulo de doble propósito del CEIEGT, así como el número de observaciones encontrados en cada uno, están descritos en el cuadro 5.

CUADRO 5: Genotipos y sus respectivos números de observaciones utilizados en los análisis del estudio.

GENOTIPOS	NÚMERO DE OBSERVACIONES
1 (Indubrasil x Holstein)	132
2 (Holstein x Indubrasil)	428
3 (Holstein x Brahman)	74
4 (Holstein x Criolla)	50
5 (Holstein x (Indubrasil x Holstein))	114
6 (Indubrasil x (Indubrasil x Holstein))	5
7 (Holstein x (Holstein x Indubrasil))	133
8 (Holstein x (Holstein x Criolla))	14
9 (F1 desconocido)	53
10 (3/4 desconocido)	7

La distribución del número de hijas cruzadas F1 y 3/4 de cada semental incluido en el análisis se puede observar en el cuadro 6; cabe señalar que el genotipo del semental determina si las hijas provienen de una cruce recíproca. Las vacas hijas de vacas Holstein nacieron en el Altiplano, pero fueron criadas en condiciones tropicales.

CUADRO 6: Número de hijas F1 y 3/4 de cada semental en la base de datos analizada.

SEMENTAL	HIJAS F1	HIJAS 3/4	SEMENTAL	HIJAS F1	HIJAS 3/4
138HO*	1	.	1021HO	.	7
139HO	1	.	1022HO	2	2
140HO	.	4	1023HO	1	1
141HO	1	.	1024HO	1	3
201IB	6	.	1026HO	1	2
202IB	1	.	1029HO	.	4
203IB	3	.	1030HO	.	3
1001HO	6	2	1031HO	.	1
1002HO	13	4	1032HO	.	4
1003HO	12	7	1043HO	1	6
1004HO	5	.	1044HO	.	3
1005HO	5	.	1048HO	.	1
1006HO	2	3	1050HO	2	.
1007HO	1	9	1051HO	4	.
1008HO	.	1	1054HO	.	1
1009HO	2	.	1055HO	.	1
1010HO	11	.	1062HO	8	.
1011HO	.	1	1066HO	1	.
1013HO	.	1	1067HO	2	.
1014HO	3	.	1083HO	2	.
1015HO	3	.	1099HO	1	.
1016HO	3	1	1101HO	5	.
1017HO	2	3	1103HO	2	.
1018HO	2	1	1107HO	2	.
1019HO	.	7	1108HO	2	.
1020HO	10	4	1109HO	2	.

* Sufijo HO = Holstein, IB = Indubrasil.

6.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Los números de observaciones, los valores mínimos y máximos, los promedios con sus respectivas desviaciones estándar y las medianas de las variables analizadas con los registros de las vacas F1 y 3/4 conjuntamente, así como con los registros de las vacas F1 y con los registros de las vacas 3/4 en forma separada, obtenidos utilizando el modelo lineal preliminar se presentan en los cuadros 7, 8 y 9, respectivamente.

CUADRO 7: Estadísticas descriptivas para las variables analizadas con los registros de las vacas F1 y 3/4 conjuntamente.

VARIABLES*	N	MIN	MAX	MEDIA	DE	MEDIANA
PRO300 (Kg)	1010	475.24	3989.86	1954.25	540.10	1917.37
DL (días)	1010	45	778	298.88	94.43	306
IEP (días)	693	300	1024	466.61	109.35	451
DA (días)	729	26	737	177.61	105.40	159
PRODLAC (Kg)	1010	1.45	13.51	6.49	1.84	6.39
PRODIP (Kg)	693	0.44	11.99	4.71	2.09	4.56
PRODA (Kg)	729	0.61	87.56	15.88	11.47	13.07
EPP (días)	253	709	2005	1081.74	195.23	1067

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto, EPP = edad al primer parto, N = número de observaciones, MIN = valor mínimo de la variable, MAX = valor máximo de la variable, DE = desviación estándar de la media.

CUADRO 8: Estadísticas descriptivas para las variables analizadas con los registros de las vacas F1.

VARIABLES*	N	MIN	MAX	MEDIA	DE	MEDIANA
PRO300 (Kg)	737	475.24	3989.86	1955.67	540.56	1937.82
DL (días)	737	45	778	282.01	88.64	284
IEP (días)	519	306	1024	458.44	109.96	437
DA (días)	521	26	737	164.80	100.26	147
PRODLAC (Kg)	737	1.45	13.51	6.46	1.85	6.41
PRODIP (Kg)	519	0.44	11.42	4.54	2.10	4.38
PRODA (Kg)	521	0.96	80.53	16.33	11.66	13.35
EPP (días)	164	748	2005	1070.29	190.74	1065

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto, EPP = edad al primer parto, N = número de observaciones, MIN = valor mínimo de la variable, MAX = valor máximo de la variable, DE = desviación estándar de la media.

CUADRO 9: Estadísticas descriptivas para las variables analizadas con los registros de las vacas 3/4.

VARIABLES*	N	MIN	MAX	MEDIA	DE	MEDIANA
PRO300 (Kg)	273	867.30	3828.52	1950.42	539.80	1876.29
DL (días)	273	53	654	344.36	94.71	345
IEP (días)	174	300	834	491	104.08	478
DA (días)	208	35	682	209.68	111.22	198
PRODLAC (Kg)	273	2.77	12.62	6.56	1.80	6.37
PRODIP (Kg)	174	0.46	11.99	5.24	2.01	5.11
PRODA (Kg)	208	0.61	87.56	14.76	10.93	12.14
EPP (días)	89	709	1785	1102.84	202.64	1059

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto, EPP = edad al primer parto, N = número de observaciones, MIN = valor mínimo de la variable, MAX = valor máximo de la variable, DE = desviación estándar de la media.

6.2 EFECTOS FIJOS

En los análisis preliminares de modelos lineales que se llevó a cabo conjuntamente para todos los registros de las vacas F1 y 3/4, los resultados de efectos fijos encontrados fueron los siguientes:

1. Los efectos de año de parto y semental resultaron significativos para todas las características analizadas.
2. El efecto de genotipo, con excepción para producción de leche por día de intervalo entre partos y para edad al primer parto, también resultó significativo.
3. Con excepción de los días en lactancia, el número de lactancia afectó a todas las demás variables.
4. En cuanto al efecto de época de parto, éste fue significativo únicamente para días abiertos.
5. La interacción año de parto-época de parto resultó significativa para las variables reproductivas intervalo entre partos y días abiertos.
6. La interacción número de lactancia-época de parto afectó solamente a los días abiertos y a la producción de leche por día abierto.
7. El efecto de año de nacimiento resultó significativo para la variable edad al primer parto.

Por otro lado, en los análisis preliminares de modelos lineales realizado para los registros de las vacas F1, los resultados de los efectos fijos fueron los siguientes:

1. El efecto de año de parto resultó significativo para todas las variables analizadas.
2. Con excepción para edad al primer parto, el efecto de semental afectó todas las demás características.
3. La interacción año de parto-época de parto no fue significativa para días abiertos y producción de leche por día abierto, afectando a las otras variables.
4. El efecto de número de lactancia, con excepción para días en lactancia y producción

de leche por intervalo entre partos, resultó significativo para las demás variables.

5. La interacción número de lactancia-época de parto afectó solamente intervalo entre partos, días abiertos y producción de leche por día abierto.

6. El efecto de época de parto fue significativo únicamente para producción de leche por día abierto.

7. El efecto de genotipo no fue significativo solamente para días abiertos.

8. La edad al primer parto fue afectada por el efecto de año de nacimiento.

De igual manera, se realizó los mismos análisis para los registros de las vacas 3/4, donde los resultados de los efectos fijos fueron los siguientes:

1. El efecto de año de parto afectó todas las variables analizadas.

2. La interacción año de parto-época de parto solamente fue significativa para intervalo entre partos y días abiertos.

3. El efecto de número de lactancia, con excepción de producción de leche por día abierto, afectó todas las características.

4. La interacción número de lactancia-época de parto y el efecto de época de parto fueron significativos únicamente para días en lactancia.

5. El efecto de genotipo resultó significativo solamente para días en lactancia y producción de leche por día abierto.

6. El efecto de semental, con excepción de producción de leche por día abierto, fue significativo para las demás variables.

7. La edad al primer parto fue afectada por año de nacimiento y semental.

Los efectos fijos que afectaron las variables en los análisis realizados con los registros de las vacas F1 y 3/4, conjuntamente y por separado, se encuentran en el cuadro 10.

CUADRO 10: Efectos fijos que resultaron significativos ($P < 0.05$) para cada una de las variables, analizadas con los registros de las vacas F1 y 3/4, conjuntamente y por separado.

VARIABLE	EFFECTO FIJO PARA F1 Y 3/4	EFFECTO FIJO PARA F1	EFFECTO FIJO PARA 3/4
PRO300	número de lactancia año de parto genotipo semental	número de lactancia año de parto año de parto x época genotipo semental	número de lactancia año de parto semental
DL	año de parto genotipo semental	año de parto año de parto x época genotipo semental	número de lactancia año de parto época número de lactancia x época genotipo semental
IEP	número de lactancia año de parto año de parto x época genotipo semental	número de lactancia año de parto número de lactancia x época año de parto x época genotipo semental	número de lactancia año de parto año de parto x época semental
DA	número de lactancia época año de parto año de parto x época número de lactancia x época genotipo semental	número de lactancia año de parto número de lactancia x época semental	número de lactancia año de parto año de parto x época semental
PRODLAC	número de lactancia año de parto genotipo semental	número de lactancia año de parto año de parto x época genotipo semental	número de la lactancia año de parto semental
PRODIP	número de lactancia año de parto semental	año de parto año de parto x época genotipo semental	número de lactancia año de parto semental
PRODA	número de lactancia año de parto número de lactancia x época genotipo semental	número de lactancia año de parto época número de lactancia x época genotipo semental	año de parto genotipo
EPP	año de nacimiento semental	año de nacimiento	año de nacimiento semental

6.3 MEDIAS MÍNIMO CUADRÁTICAS Y SOLUCIONES PARA GENOTIPO Y NÚMERO DE LACTANCIA.

En esta sección se presenta la magnitud de algunos efectos fijos significativos ($P < 0.05$) encontrados en los análisis, utilizando el modelo lineal preliminar. La magnitud de los efectos fijos significativos se puede apreciar a través de las medias mínimo cuadráticas.

Como el objetivo de este estudio son los efectos genéticos, se menciona las medias mínimo cuadráticas para genotipo de la vaca, pudiendo comparar al mismo tiempo cómo se comportaron todos los genotipos existentes en el módulo de doble propósito del CEIEGT.

Las medias mínimo cuadráticas de genotipo para producción de leche a los 300 días, producción de leche por día en lactancia y días en lactancia realizados conjuntamente para los registros de las vacas F1 y 3/4, se encuentran en las figuras 1, 2 y 3 respectivamente, así como los valores de las medias y las diferencias significativas entre ellas se encuentran en el cuadro 11.

Las medias mínimo cuadráticas de genotipo para intervalo entre partos, días abiertos y producción de leche por día abierto no fueron estimables, sin embargo se obtuvieron las soluciones respectivas (cuadro 12). Aunque las soluciones dependan de la inversa generalizada utilizada, éstas permiten observar las diferencias entre los niveles del efecto de interés.

Por otro lado, también es interesante observar las medias mínimo cuadráticas de número de lactancia para producción de leche a los 300 días (figura 4), ya que esto refleja el comportamiento productivo a lo largo de la vida de las vacas.

FIGURA 1:

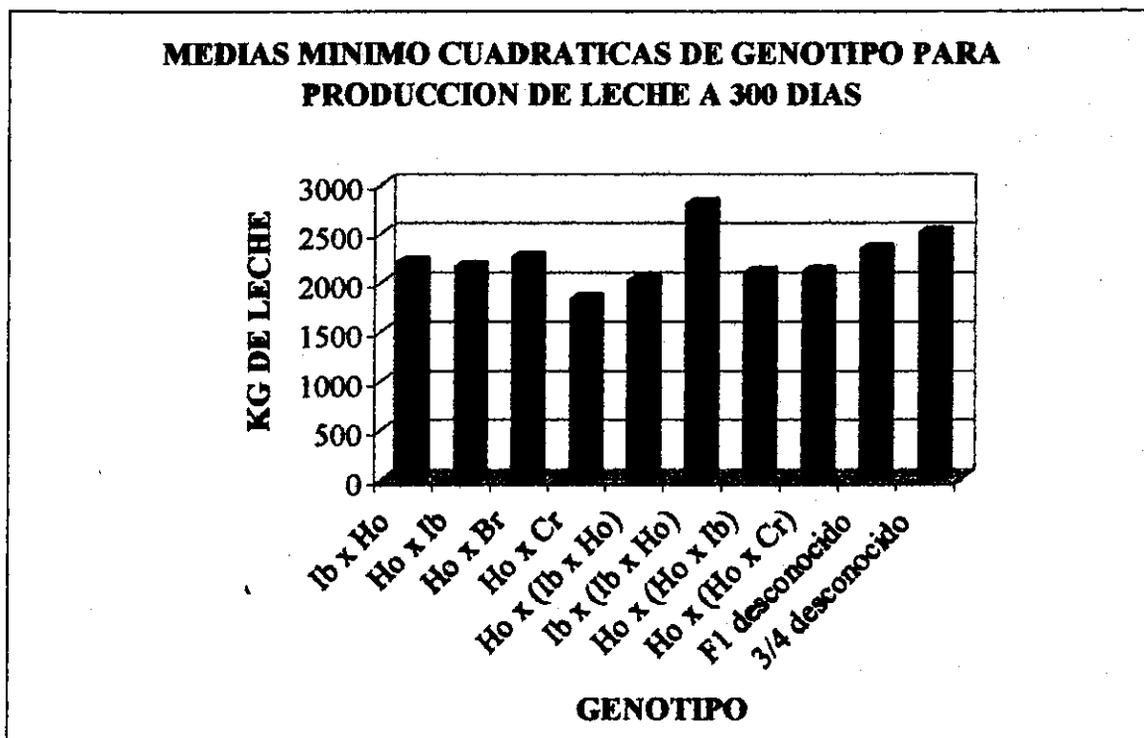


FIGURA 2:

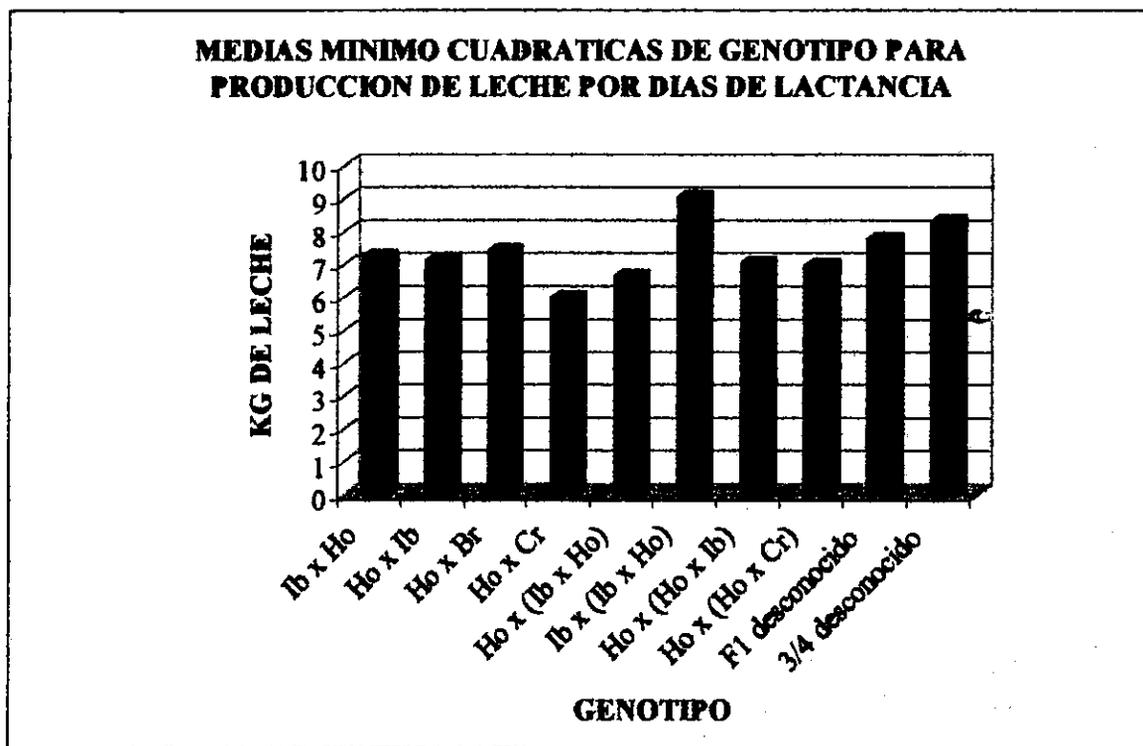


FIGURA 3:

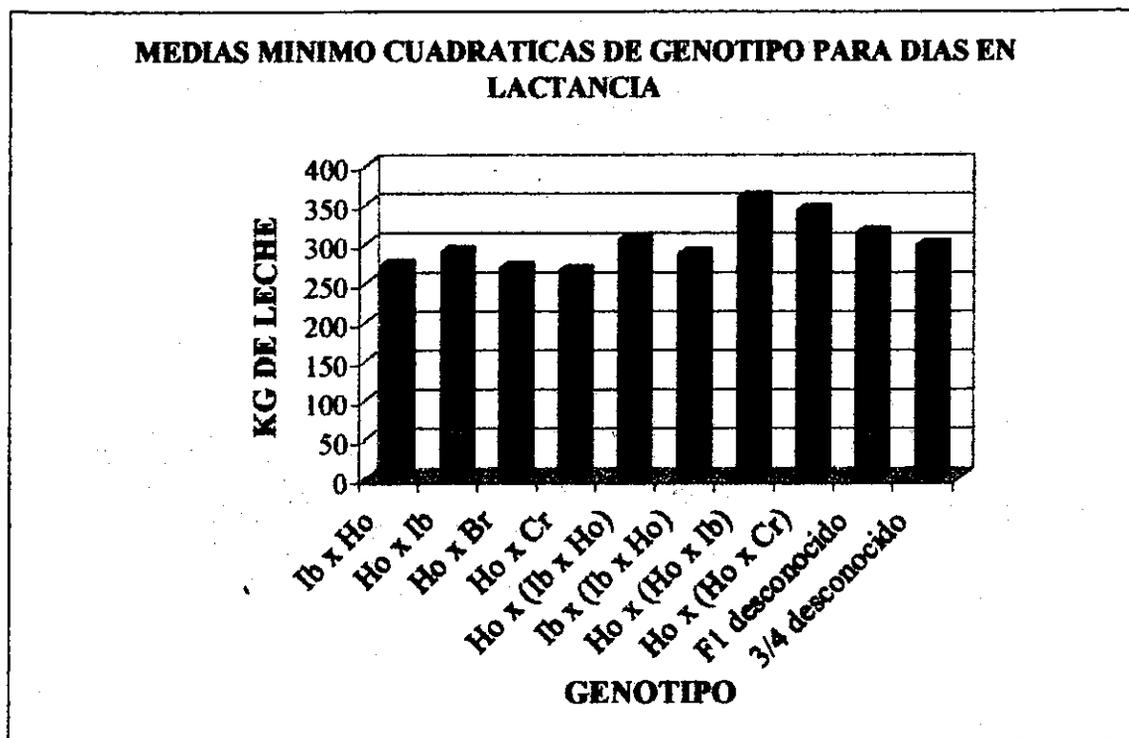
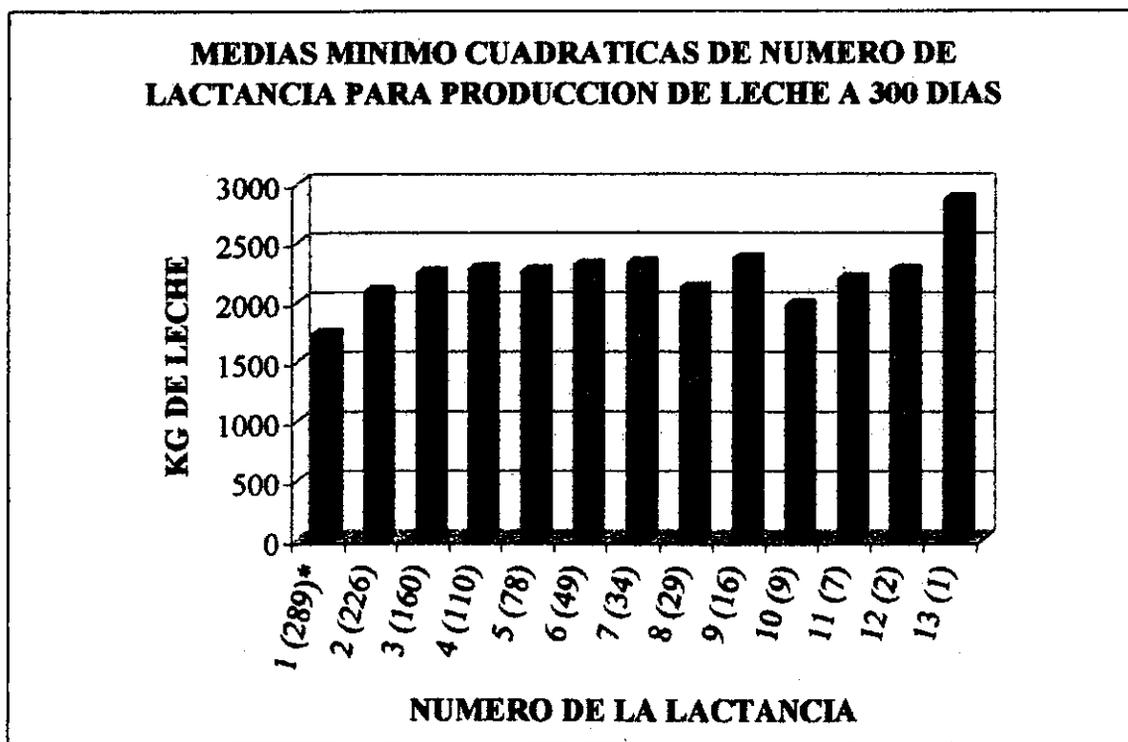


FIGURA 4:



* Número de observaciones entre paréntesis.

CUADRO 11: Medias y diferencias significativas entre los efectos de genotipo sobre las variables producción de leche a 300 días (PRO300), producción de leche por día en lactancia (PRODLAC) y días en lactancia (DL).

GENOTIPO	PRO300	PRODLAC	DL
1	2193.55 ^{defg}	7.21 ^{def}	270.74 ^{ab}
2	2148.24 ^{cdeg}	7.09 ^{cdf}	284.68 ^{ad}
3	2247.51 ^{efg}	7.39 ^{def}	266.81 ^{abd}
4	1823.20 ^a	5.95 ^a	264.04 ^a
5	2002.85 ^{bd}	6.62 ^{bd}	303.62 ^{bd}
6	2781.89 ^h	9.01 ^g	285.44 ^a
7	2089.18 ^{bcde}	7.00 ^{bcdef}	357.41 ^c
8	2101.60 ^{abcdefg}	6.93 ^{abcdef}	340.65 ^c
9	2326.96 ^{fg}	7.73 ^{efg}	311.95 ^d
10	2499.63 ^{gh}	8.27 ^{fg}	296.47 ^a

Nota: distintas literales implican diferencia significativa, $P < 0.05$.

CUADRO 12: Soluciones de genotipo para intervalo entre partos (IEP), producción de leche por día abierto (PRODA) y días abiertos (DA).

SOLUCIONES (EE)			
GENOTIPO	IEP	PRODA	DA
1	-36.57 (43.30)	-3.87 (4.48)	-13.86 (38.15)
2	-61.50 (48.75)	-4.62 (5.32)	-37.70 (45.10)
3	-183.56 (65.99)	4.35 (7.37)	-81.80 (62.62)
4	-53.29 (52.44)	-9.89 (5.66)	-11.38 (48.59)
5	-83.54 (51.43)	-4.81 (5.57)	-19.51 (47.70)
6	10.46 (61.10)	-11.73 (6.28)	66.05 (53.15)
7	-54.89 (53.76)	-5.16 (5.75)	13.83 (49.28)
8	45.10 (69.78)	-11.67 (6.92)	67.81 (59.50)
9	-97.35 (51.99)	2.66 (6.77)	-43.35 (57.80)
10	0	0	0

6.4 COMPONENTES DE VARIANZA

Los resultados de estimación de los componentes de varianza, heredabilidades y repetibilidades encontrados en los análisis realizados con registros de las vacas F1 y 3/4 conjuntamente para las variables estudiadas se pueden observar en los cuadros 13 y 14, respectivamente.

CUADRO 13: Varianza Genética Aditiva (VGA), Varianza Ambiental Permanente (VAP), Varianza del Error (VE) y Varianza Fenotípica (VF) de las variables* estudiadas en el análisis realizado con registros F1 y 3/4 conjuntamente.

	PRO300	DL	IEP	DA	PRODLAC	PRODIP	PRODA
VGA	36664.99	165.65	706.70	925.02	0.428	0.847	12.96
VAP	36092.48	1923.36	0	158.40	0.496	0.183	0
VE	135954.08	4926.98	8243.76	7838.59	1.480	2.466	104.97
VF	208711.56	7015.99	8950.45	8922.01	2.403	3.496	117.94

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto.

CUADRO 14: Heredabilidades y repetibilidades de las variables estudiadas en el análisis realizado con registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente.

VARIABLE*	HEREDABILIDAD	REPETIBILIDAD
PRO300	0.176	0.348
DL	0.024	0.298
IEP	0.079	0.079
DA	0.104	0.121
PRODLAC	0.178	0.384
PRODIP	0.242	0.295
PRODA	0.110	0.110

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto.

Los resultados de los componentes de varianza, heredabilidades y repetibilidades encontrados en los análisis realizados con registros de las vacas F1 para las variables estudiadas se pueden observar en los cuadros 15 y 16, respectivamente.

CUADRO 15: Varianza Genética Aditiva (VGA), Varianza Ambiental Permanente (VAP), Varianza del Error (VE) y Varianza Fenotípica (VF) de las variables* estudiadas en el análisis realizado con registros de vacas F1.

	PRO300	DL	IEP	DA	PRODLAC	PRODIP	PRODA
VGA	50479.76	1810.45	1042.81	827.85	0.768	0.955	12.94
VAP	33630.29	385.79	0	0	0.323	0.058	0
VE	141595.95	4199.01	7565.35	7076.73	1.523	2.421	108.12
VF	225705.99	6395.26	8608.17	7904.57	2.614	3.435	121.06

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto.

CUADRO 16: Herdabilidades y repetibilidades de las variables estudiadas en el análisis realizado con registros de las vacas F1.

VARIABLE*	HEREDABILIDAD	REPETIBILIDAD
PRO300	0.224	0.373
DL	0.283	0.343
IEP	0.121	0.121
DA	0.105	0.105
PRODLAC	0.294	0.410
PRODIP	0.278	0.290
PRODA	0.107	0.107

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto.

Los componentes de varianza de los análisis realizados con los registros de las vacas 3/4 no fueron estimables.

6.5 HABILIDADES DE TRANSMISIÓN PREDICHAS

Las habilidades de transmisión predichas de los sementales obtenidas para las variables analizadas con los registros de sus hijas F1 y 3/4 conjuntamente se pueden observar en el cuadro 17.

CUADRO 17: Habilidades de Transmisión Predichas (HTP) de los sementales y sus respectivas confiabilidades (C %) para las variables* estudiadas, obtenidas en los análisis realizados con registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente.

SEMENTAL	HTP PRO300	C %	HTP DL	C %	HTP IEP	C %	HTP DA	C %	HTP PRODLAC	C %	HTP PRODIP	C %	HTP PRODA	C %
1002HO	-87.56	52	-5.85	14	-9.36	32	-1.07	45	-0.33	52	-0.78	56	-2.24	46
1003HO	-62.00	55	0.01	15	-4.18	36	0.42	48	-0.20	55	-0.31	58	-1.03	50
1101HO	-47.45	22	0.06	4	-0.27	6	0.22	8	-0.17	20	0.09	18	-0.47	8
1023HO	-40.92	21	0.71	3	-5.19	12	-4.74	17	-0.12	20	-0.03	26	-0.05	18
1067HO	-37.56	13	-0.03	2	3.03	6	0.65	3	-0.12	13	-0.07	16	-0.26	3
1008HO	-36.90	10	-0.47	1	-1.83	8	-4.20	6	-0.12	9	-0.04	15	0.08	6
1013HO	-34.71	10	0.63	1	4.23	7	4.03	7	-0.10	9	-0.07	15	-0.66	8
1032HO	-31.25	25	-0.75	4	-1.90	15	-2.21	19	-0.11	25	-0.21	31	-0.66	21
1099HO	-29.01	6	-0.06	1	-0.73	2	1.82	3	-0.09	6	-0.01	6	-0.35	3
1024HO	-28.23	25	0.06	4	6.19	14	20.08	19	-0.09	24	-0.14	31	-1.21	20
1083HO	-26.44	14	0.15	2	-0.30	7	0.34	3	-0.09	14	0.01	18	-0.15	3
1022HO	-26.31	19	0.03	3	-1.07	7	-1.34	12	-0.07	18	-0.22	24	-0.28	13
1026HO	-22.41	16	-1.74	2	-0.04	4	2.35	10	-0.11	15	-0.14	31	1.10	20
1066HO	-20.52	6	0.15	1	-0.14	2	0.42	3	-0.06	6	-0.03	6	0.22	3
1019HO	-20.10	32	0.08	6	-0.59	16	1.43	24	-0.07	31	0.22	31	-0.12	25
1007HO	-18.80	36	-0.38	7	2.06	12	0.17	19	-0.07	36	0.20	29	-0.33	20
203IB	-14.65	26	1.67	5	2.29	17	-0.35	20	-0.03	26	-0.14	32	-0.10	21
1055HO	-14.24	6	-0.71	1	-1.11	2	-0.92	2	-0.06	6	-0.12	6	-0.02	2
1054HO	-13.99	8	-0.39	1	-2.01	5	-0.86	3	-0.05	8	-0.07	12	-0.06	3
1018HO	-13.79	18	1.21	3	3.16	10	1.45	15	-0.03	18	0.01	21	-0.18	16
1011HO	-8.30	6	-1.67	1	-1.87	2	-0.51	3	-0.05	6	-0.08	6	-0.32	3
201IB	-6.90	30	-1.08	6	4.03	22	2.09	27	-0.04	30	-0.39	40	-0.69	29
1044HO	-4.40	16	0.78	2	-2.14	5	-4.74	10	-0.01	15	0.00	12	1.11	10

CONTINUACIÓN DEL CUADRO 17

SEMENTAL	HTP PRO300	C %	HTP DL	C %	HTP IEP	C %	HTP DA	C %	HTP PRODLAC	C %	HTP PRODIP	C %	HTP PRODA	C %
1014HO	-2.94	19	1.69	3	10.46	10	11.63	15	0.02	18	-0.06	22	-0.33	16
140HO	-1.82	23	-0.33	4	-7.03	10	-2.53	15	0.00	22	0.21	24	-0.23	16
141HO	-1.72	10	0.69	2	-1.22	9	0.04	10	0.00	10	0.11	15	0.27	10
1050HO	-0.39	10	-1.37	1	0.78	2	1.87	3	-0.04	10	-0.22	6	-0.14	3
1062HO	0.18	34	0.42	1	-4.31	2	-1.29	8	0.02	35	0.02	31	0.38	8
1109HO	0.22	8	0.16	1	NE**	NE	NE	NE	0.00	8	NE	NE	NE	NE
139HO	5.40	10	-0.09	2	-6.15	12	-7.58	12	0.02	10	0.10	16	0.64	13
1029HO	6.59	18	0.90	3	5.29	6	7.99	11	0.03	18	0.27	14	-0.35	12
1006HO	8.64	29	0.59	5	-6.96	18	-9.91	23	0.03	28	0.19	34	0.24	25
1107HO	12.11	10	-0.36	1	-0.31	1	-0.43	3	0.03	10	0.03	4	-0.10	3
1043HO	12.24	31	-2.17	6	4.39	15	-1.92	23	0.02	30	0.01	30	-0.69	25
1016HO	13.54	32	1.63	6	0.82	23	-0.75	27	0.06	31	0.26	41	0.20	29
1005HO	15.30	30	0.14	6	-3.81	23	-6.73	26	0.06	29	0.18	36	0.38	28
1009HO	16.03	15	0.71	3	-4.20	9	-6.47	14	0.06	15	0.17	19	0.59	14
1021HO	17.79	31	1.18	6	-1.97	17	-6.23	24	0.06	31	0.47	34	1.05	25
202IB	22.69	11	0.57	2	1.87	9	-0.97	11	0.09	10	0.01	15	0.03	12
1020HO	26.82	52	0.69	13	15.60	36	14.85	41	0.09	50	0.15	56	-1.49	42
1103HO	28.85	10	0.08	1	0.83	2	0.19	3	0.09	10	0.09	6	0.37	3
1051HO	30.77	20	0.91	3	3.39	9	0.43	4	0.10	20	-0.03	23	0.06	5
1108HO	31.10	8	0.08	1	NE	NE	-0.63	3	0.10	8	NE	NE	0.29	3
1030HO	35.84	22	-0.06	4	-2.39	16	-9.55	18	0.12	21	0.30	30	0.44	19
1010HO	42.61	48	2.72	12	10.28	40	13.82	45	0.16	48	0.09	56	-0.72	46
1004HO	45.46	32	-1.90	7	3.64	25	-2.44	29	0.12	31	-0.08	40	0.39	31
138HO	48.67	12	-0.48	2	-4.95	12	-5.11	12	0.16	12	0.16	17	2.01	14
1015HO	52.37	24	1.57	4	-8.28	21	-6.45	24	0.19	23	0.58	32	1.92	26
1001HO	55.26	40	-0.84	9	12.10	29	8.41	34	0.17	38	-0.09	48	0.53	36
1048HO	60.84	6	0.07	1	1.89	2	3.87	3	0.20	6	0.02	6	-0.16	3
1031HO	61.95	10	0.63	1	-1.43	8	0.80	7	0.21	10	0.44	16	0.03	8
1017HO	62.42	30	0.45	6	2.71	23	0.42	28	0.21	29	0.48	38	0.55	30

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto.

** NE = No estimable.

Nota: las habilidades de transmisión predichas se expresan como desviaciones de las medias de las variables en la población estudiada que son las siguientes: PRO300 = 1965 kg, DL = 302 días, IEP = 468 días, DA = 180 días, PRODLAC = 6.5 kg, PRODIP = 4.8 kg, PRODA = 15.7 kg.

Las habilidades de transmisión predichas de los sementales obtenidas para las variables analizadas con los registros de sus hijas F1 se pueden observar en el cuadro 18.

CUADRO 18: Habilidades de transmisión predichas (HTP) de los sementales y sus respectivas confiabilidades (C %) para las variables* estudiadas, obtenidas en el análisis realizado con registros de vacas F1.

SEMENTAL	HTP PRO300	C %	HTP DL	C %	HTP IEP	C %	HTP DA	C %	HTP PROLAC	C %	HTP PRODIP	C %	HTP PRODA	C %
1002HO	-130.78	50	-36.68	58	-20.97	36	-4.33	40	-0.55	56	-0.87	52	-2.13	38
1003HO	-75.73	52	-14.49	59	-10.32	40	-6.36	42	-0.30	58	-0.43	55	-0.51	42
1023HO	-62.88	18	3.09	23	-6.33	12	-1.86	12	-0.24	22	-0.15	22	-0.49	12
1101HO	-61.41	27	1.74	34	-1.87	9	-1.29	8	-0.25	29	0.00	18	-0.48	8
1024HO	-52.40	7	-20.07	10	-0.90	3	-1.63	3	-0.25	10	-0.26	6	-0.39	2
1026HO	-49.66	5	-10.96	7	NE**	NE	1.43	3	-0.22	7	NE	NE	-0.20	3
1007HO	-44.06	5	-14.03	7	NE	NE	NE	NE	-0.21	7	NE	NE	NE	NE
1067HO	-39.44	16	-0.42	20	5.49	8	0.68	3	-0.15	19	-0.04	17	-0.27	3
1099HO	-38.87	8	-0.72	10	-1.52	3	1.46	3	-0.15	10	-0.04	7	-0.36	3
203IB	-33.41	27	5.35	32	5.26	19	2.10	18	-0.10	31	0.01	31	-0.34	17
201IB	-31.41	34	-10.62	41	6.61	27	3.75	30	-0.14	38	-0.27	38	-0.79	28
1083HO	-31.12	17	1.23	21	0.77	10	0.37	3	-0.12	20	0.08	18	-0.16	3
1066HO	-28.69	8	2.27	10	-0.62	3	0.05	3	-0.10	10	-0.07	7	-0.23	3
1022HO	-20.22	14	-1.47	18	-2.12	5	-4.30	8	-0.08	18	-0.09	10	0.26	8
1018HO	-9.69	18	12.52	24	3.27	14	3.53	14	0.00	22	0.11	23	-0.08	14
141HO	-4.41	12	2.88	16	0.69	12	0.27	10	0.01	14	0.07	17	0.25	10
1109HO	-4.04	10	2.09	12	NE	NE	NE	NE	0.00	13	NE	NE	NE	NE
1005HO	0.54	34	-2.38	42	-0.68	28	-5.36	27	0.02	38	0.00	40	0.01	25
202IB	1.41	12	4.73	15	5.11	11	0.91	11	0.03	14	0.09	16	-0.17	11
1014HO	2.26	21	11.24	27	16.23	12	15.42	15	0.04	26	-0.03	22	-0.31	14
139HO	2.39	13	-1.66	18	-8.05	14	-8.24	13	0.03	15	0.07	18	0.60	13
1009HO	2.54	18	4.02	23	-5.46	13	-7.85	14	0.03	22	0.10	22	0.54	14
1050HO	3.05	13	-16.69	16	0.93	3	1.46	3	-0.05	16	-0.30	7	-0.11	3
1043HO	8.94	12	4.71	16	8.54	12	5.98	12	0.06	14	-0.02	17	-0.58	12
1107HO	11.20	12	-3.98	14	-0.95	2	-0.93	3	0.04	14	-0.04	7	-0.07	3
1006HO	16.70	18	2.33	22	-8.22	12	-4.18	11	0.07	21	0.05	20	-0.16	11
1062HO	22.29	38	2.56	45	-3.80	20	-1.40	8	0.11	46	0.08	35	0.37	8
1010HO	27.95	52	7.50	59	14.42	45	14.49	45	0.13	58	-0.13	58	-1.06	44

CONTINUACIÓN DEL CUADRO 18

SEMENTAL	HTP PRO300	C %	HTP DL	C %	HTP IEP	C %	HTP DA	C %	HTP PRODLAC	C %	HTP PRODIP	C %	HTP PRODA	C %
1103HO	32.36	12	1.19	15	0.87	3	-0.19	3	0.15	15	0.08	7	0.34	3
1108HO	34.02	10	1.03	12	NE	NE	-1.14	3	0.16	13	NE	NE	0.31	3
138HO	39.66	13	-1.63	18	-5.08	14	-5.69	13	0.18	15	0.24	19	2.00	13
1016HO	39.91	27	12.45	34	-1.71	21	-0.80	20	0.21	31	0.41	32	0.36	20
1051HO	41.14	24	7.43	30	5.64	12	1.31	5	0.17	29	0.05	23	-0.01	4
1020HO	59.65	48	6.63	56	13.45	37	7.39	32	0.24	53	0.21	52	-0.48	32
1004HO	62.12	36	-4.10	44	3.20	30	-0.27	31	0.24	41	-0.13	44	0.28	30
1015HO	68.44	28	12.74	35	-8.72	26	-7.13	26	0.31	32	0.60	36	1.86	25
1001HO	91.11	37	3.61	45	13.10	30	9.30	31	0.37	42	0.26	44	0.82	30
1017HO	95.72	21	16.39	28	7.27	20	10.59	18	0.43	25	0.53	28	-0.14	18

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = duración de la lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto.

** NE = No estimable.

Nota: las habilidades de transmisión predicha se expresan como desviaciones de las medias de las variables en la población estudiada, que son las siguientes: PRO300 = 1973 kg, DL = 286 días, IEP = 460 días, DA = 168 días, PRODLAC = 6.5 kg, PRODIP = 4.6 kg, PRODA = 16 kg.

6.6 CORRELACIONES GENÉTICAS ADITIVAS

Las correlaciones genéticas aditivas para producción de leche a 300 días, intervalo entre partos, días abiertos, producción de leche por día en lactancia, producción de leche por intervalo entre parto, producción de leche por día abierto y edad al primer parto, entre vacas F1 y vacas 3/4, encontradas a través del modelo bivariado, se pueden observar en el cuadro 19.

Los componentes de covarianza para días en leche no fueron estimables, por lo tanto no fue posible calcular la correlación genética entre vacas F1 y 3/4 para esta característica.

CUADRO 19: Correlaciones genéticas aditivas para las características estudiadas, entre vacas F1 y 3/4.

VARIABLE	CORRELACIÓN GENÉTICA
Producción de leche a 300 días	0.985
Intervalo entre partos	0.596
Días abiertos	0.898
Producción de leche por día en lactancia	0.999
Producción de leche por día de intervalo entre partos	0.185
Producción de leche por día abierto	0.456
Edad al primer parto	0.808

6.7 MODELO GENÉTICO SIMPLE

Para todas las variables analizadas con el modelo genético simple, los efectos fijos resultaron significativos ($P < 0.05$); sin embargo, los coeficientes de las regresiones sobre heterosis y sobre la proporción de la raza Holstein no fueron significativamente diferentes de cero ($P > 0.05$).

Las soluciones de las regresiones de las características estudiadas sobre heterosis y sobre la proporción de Holstein se pueden observar en el cuadro 20.

CUADRO 20: Soluciones de las regresiones de las variables sobre heterosis (HET) y sobre proporción de la raza Holstein (HO), errores estándar (EE) y significancias (P), utilizando el modelo genético simple.

VARIABLES*	HET (EE)	P	HO	P
PRO300	-448.64 (259.05)	0.084	-904.64 (508.22)	0.075
DL	-25.12 (41.81)	0.548	114.90 (81.93)	0.161
IEP	-34.69 (52.71)	0.511	-53.77 (102.90)	0.602
DA	-80.03 (51.25)	0.119	-36.44 (99.05)	0.713
PRODLAC	-1.30 (0.90)	0.149	-2.45 (1.77)	0.167
PRODIP	0.37 (1.14)	0.748	1.43 (2.23)	0.522
PRODA	4.89 (6.21)	0.432	8.09 (12.03)	0.502
EPP	-26.42 (170.44)	0.877	286.61 (334.25)	0.392

* PRO300 = producción de leche a 300 días, DL = días en lactancia, IEP = intervalo entre partos, DA = días abiertos, PRODLAC = producción de leche por día en lactancia, PRODIP = producción de leche por día de intervalo entre partos, PRODA = producción de leche por día abierto y EPP = edad al primer parto.

7. DISCUSIÓN

7.1 BASE DE DATOS

Una base de datos adecuada para ser utilizada en la evaluación genética de animales debe tener ciertas características entre las cuales podemos mencionar las siguientes: en el pedigree se requiere la identificación de los progenitores de cada individuo que entra en la evaluación y/o el año de nacimiento de ellos para formar grupos de padres desconocidos; la información que contiene la base de datos debe ser correcta y confiable y sería ideal tener un balance dentro del número suficiente de hijas por semental y también un número suficiente de observaciones entre los distintos grupos genéticos para obtener mejores confiabilidades y cierta conectividad entre los años.

En el presente estudio, la información de la base de datos utilizada tenía algunos problemas que, de cierta forma, limitaron el trabajo de investigación.

Los problemas encontrados fueron:

- ✓ genotipos por año y un insuficiente número de hijas por semental.
- ✓ En el pedigree se encontraron vacas con padre y/o madre desconocidos y la inexistencia del código de registro de los sementales.
- ✓ En cuanto a la estructura de la base de datos, había un desbalance de los diferentes Datos perdidos para las variables y fechas incoherentes de parto y último servicio.

7.2 EFECTOS FIJOS

La capacidad productiva de cualquier hato de doble propósito formado por vacas F1 y vacas 3/4 se ve influida por los factores ambientales y genéticos, los cuales afectan a los animales de estos dos tipos de cruzamientos conjuntamente, de manera que es importante considerar los análisis hechos con los registros de las vacas de ambas cruzas como un solo

grupo. Al observar los resultados de los efectos fijos encontrados en estos análisis, podemos tener una idea de cuáles factores son relevantes para la producción y reproducción de un hato de doble propósito, y de qué forma están influyendo en él.

Uno de los factores que resultó significativo para todas las variables fue el año de parto; este efecto es importante en todos los sistemas de producción debido a que, principalmente, se relaciona a la cantidad y calidad del alimento disponible en cada año, a las condiciones ambientales que afectan la salud del animal y, por consecuencia, se refleja en la producción de los hatos. Este resultado coincide con hallazgos de otros autores tales como Villegas y Román (1984), Rivera *et al.* (1989), Teodoro *et al.* (1993), Thorpe *et al.* (1993), Teodoro *et al.* (1994) y Martínez *et al.* (1998).

Los análisis del efecto de época de parto mostraron que este efecto no es trascendente para el módulo de doble propósito del CEIEGT, resultando significativo solamente para días abiertos; hallazgo contrario de otros trabajos como el de Martínez *et al.* (1988), donde encontraron que la época de parto afectaba casi todas las variables analizadas en dicho estudio, o como el de Teodoro *et al.* (1993), donde encontraron efectos de época de parto significativos para características como intervalo entre partos y producción de leche por días de intervalo entre partos. Cabe mencionar, una vez más, que las épocas del presente estudio fueron determinadas a través de las diferencias de las medias mínimo cuadráticas por mes, y no por la clasificación climática que tienen en el CEIEGT (norte, secas y lluvias) las cuales no resultaron diferentes en el estudio de Ávila (1991), realizado en el mismo centro.

Por otra parte, el efecto de número de lactancia que resultó no significativo para días en lactancia, igual a lo encontrado por Teodoro *et al.* en 1994, influyó en las demás variables, indicando que es relevante para el sistema estudiado. Es importante señalar que existe un incremento en la producción de leche a 300 días de la primera lactancia a la cuarta lactancia y a partir de ahí, presentan una estabilidad en la producción, habiendo una vaca que llegó hasta la decimotercera lactancia con excelente producción.

Con respecto a la interacción año de parto-época de parto, ésta afectó tanto el intervalo entre partos, concordando con Madalena *et al.* (1990), como a los días abiertos, lo que muestra que el manejo y las condiciones climáticas de cada año y mes van a influenciar más las características relacionadas con reproducción que las relacionadas con producción.

La interacción número de lactancia-época de parto solamente influenció los días abiertos y la producción de leche por día abierto, lo que puede ser un reflejo de un ambiente que afecta más a vacas de cierta edad que paren en cierta época del año. Este resultado contrasta con la importancia que tiene la interacción edad-época o número de lactancia-época en el ganado especializado en clima templado, para el que se utilizan factores de ajuste a equivalente madurez que dependen de dicha interacción (Abubakar *et al.*, 1987).

Varios autores como Villegas y Román (1984), Rivera *et al.* (1989), Teodoro *et al.* (1993), Teodoro *et al.* (1994), Martínez *et al.* (1988), no incluyeron interacciones en sus análisis; sin embargo, no especificaron si fue debido a que no resultaron significativas en los análisis preliminares o si decidieron no considerarlas.

Coincidiendo con lo que mencionaron Thorpe *et al.* (1993), y difiriendo con Ríos *et al.* (1993), el año de nacimiento resultó significativo para edad al primer parto, señalando que el ambiente que tuvieron cuando becerras fue de gran importancia para su desarrollo y madurez sexual.

En cuanto al efecto de genotipo, se encontró que éste, al contrario de lo encontrado por Ríos *et al.* (1993) y Thorpe *et al.* (1993), no afectó significativamente a la edad al primer parto, sugiriendo que las diferencias en esta variable entre vacas Holstein y Cebú se ven diluidas por la cruce, y confirmando que fueron de mayor impacto los factores ambientales. También sugiere que el grado de encaste, o inclusive si las cruces son recíprocas, no influye mayormente sobre edad al primer parto.

El efecto de genotipo tampoco influenció la producción de leche por día de intervalo

entre partos, al igual que en el estudio de Teodoro *et al.* (1993), discordando con lo encontrado por Martínez *et al.* (1988), y Madalena *et al.* (1990), Castañeda *et al.* (1993) y Rueda y Gonzáles (1993). Estos resultados se deben a que las diferencias de producción de leche entre los genotipos se puede cancelar si existe una relación inversa con el intervalo entre partos, es decir, genotipos con buena producción y con malos índices reproductivos o viceversa.

Describiendo el comportamiento de los genotipos para las demás características, en las cuales existen diferencias entre ellos, se observó lo siguiente:

Para las variables reproductivas las cruzas F1 presentaron mejor desempeño que las cruzas 3/4. Dentro de las cruzas F1, el genotipo 3 mostró un comportamiento reproductivo más adecuado, con menos días de intervalo entre partos y menos días abiertos, seguido por los genotipos 9, 2, 4 y 1, respectivamente. Dentro las cruzas 3/4, el genotipo 5 tuvo menos días de intervalo entre partos y días abiertos, seguido por los genotipos 7, 10, 6 y 8 respectivamente. Podemos interpretar estos resultados como la superioridad de los híbridos F1 en las características de eficiencia reproductiva ante otros tipos de cruzas y, dentro de las cruzas F1 existe una tendencia de las vacas hijas de sementales Holstein a ser más eficientes en reproducción que las de las hijas de sementales Indubrasil y vacas Holstein.

Con respecto a las características PRODA, PRO300, PRODLAC y DL, el genotipo 3, seguido por el genotipo 9 y por el genotipo 10 se mostraron como los más eficientes entre todas las cruzas del estudio, ya que obtuvieron los mejores promedios de producción de leche por día abierto, que es una medida de eficiencia. Estos genotipos también presentaron una buena producción de leche a 300 días y buena producción de leche por día de lactancia, siendo que el genotipo 3 tuvo una menor duración de la lactación que los genotipos 9 y 10, aunque dicha diferencia entre ellos no fue significativa. Por lo tanto, estos resultados confirman la superioridad de los animales F1, en especial del genotipo 3, el cual parecería ser él más rentable del hato. Sin embargo, no se pueden sacar conclusiones sobre el genotipo 9, al igual que el genotipo 10, debido a que éstos son desconocidos, aclarando una

vez más, que estos animales fueron incluidos en los análisis de efectos fijos como contemporáneos.

Las cruzas recíprocas (genotipos 1 y 2), fueron prácticamente de igual eficiencia, ya que presentaron promedios de producción de leche por día abierto similares, siendo que no hubo diferencia significativa entre sus promedios de PRO300, PRODLAC y DL. Cabe observar que las vacas hijas de madre Holstein y padre Indubrasil se comportaron de igual manera que las vacas hijas de madre Indubrasil y padre Holstein, lo que resulta ser muy interesante ya que la primera crusa casi siempre es discriminada, probablemente por falta de información o por la falta de vientres Holstein disponibles para producir animales F1 para este tipo de sistema.

El genotipo 4 se mostró como uno de los más pobres en cuanto a eficiencia, debido a su baja producción de leche por día abierto, siendo que presentó el peor promedio de producción de leche a 300 días, así como el peor promedio de producción de leche por día en lactancia, difiriendo significativamente de los demás genotipos, con excepción del genotipo 8 que también tiene sangre criolla. Para días en lactancia no hubo diferencia significativa entre el genotipo 4 con los genotipos con duración de la lactancia menor a 300 días. De igual manera, el genotipo 8 presentó una baja eficiencia, con una de las peores soluciones para producción de leche por día abierto, aunque, con excepción del genotipo 6, no hubo diferencia estadística significativa de sus promedios de PRO300 y PRODLAC con los otros genotipos. Para días en lactancia, el genotipo 8 difiere significativamente de los genotipos 1, 3 y 4 que son los que tienen menor duración de lactancia. Podemos concluir, de una manera general, que el desempeño de las cruzas que llevan sangre criolla no es adecuado, mientras las vacas F1 Criollo presentaron los peores promedios en cuanto a características productivas, las vacas 3/4 Criollo mostraron índices reproductivos muy malos y, en ambos casos, terminan por ser ineficientes

Los genotipos 5 y 7, que difieren entre sí por el genotipo de sus madres, presentaron soluciones de producción de leche por día abierto medianas, quedando justo entre los

genotipos más eficientes y los menos eficientes. Para PRO300 y para PRODLAC no se encontró diferencia estadística significativa entre ellos, pero sí para DL, resultando que las vacas del genotipo 7 tuvieron el mayor largo de lactancia de todos los genotipos.

El genotipo 6 (3/4 Cebú), mostró el peor desempeño en cuanto a características reproductivas y, por consecuencia, obtuvo la peor producción de leche por día abierto a pesar de que presentó el más alto promedio de producción de leche a 300 días, y el más alto promedio de producción por día en lactancia, pero sin diferir de los demás genotipos en lo largo de la lactancia. Este genotipo resultó ser el menos eficiente de todos, considerando que las características reproductivas son de gran importancia para el éxito de un hato.

Analizando todos los genotipos de una manera general, encontramos que las cruzas F1, con excepción de la F1 con sangre criolla, se mostraron más eficientes que las cruzas 3/4, coincidiendo con autores como Madalena *et al.* (1993), Vaccaro *et al.* (1993), Sosa (1994) y que, para el nivel de manejo utilizado en el trópico húmedo mexicano, son los animales más recomendables, incluyendo las cruzas recíprocas F1.

En relación con el efecto de semental, éste resultó significativo para todas las características analizadas, con excepción de edad a primer parto, lo que señala que es relevante la decisión de qué tipo de semental utilizar en un sistema de doble propósito. Lo anterior justifica el establecimiento de esquemas de evaluación de sementales para su uso en el trópico.

Los análisis preliminares de modelos lineales realizados separadamente con los registros de las vacas F1 y con los registros de las vacas 3/4 tuvieron la finalidad de conocer los efectos fijos que resultaron significativos para entrar en los análisis de componentes de varianza.

El efecto de año de parto resultó significativo para todas las variables estudiadas en ambos grupos genéticos, indicando que las condiciones ambientales relacionadas con

alimento y con salud del animal influyeron en la producción de las vacas F1 y de las vacas 3/4.

El efecto de número de lactancia no fue significativo para días en lactancia y producción de leche por día de intervalo entre partos, en vacas F1 y para producción de leche por día abierto, en vacas 3/4, afectando las demás variables en ambas cruzas.

El efecto de genotipo fue significativo para todas las variables estudiadas en vacas F1, con excepción para días abiertos, pero no así para las variables analizadas en vacas 3/4, en cuyo caso el efecto de genotipo resultó significativo solamente para días en lactancia y producción de leche por día abierto. Esto probablemente se debe al escaso número de observaciones de registros 3/4 o al efecto que el ambiente ejerce sobre las vacas 3/4 encubriendo su potencial genético.

La diferencia más marcada entre los dos grupos está en la variable producción de leche por día abierto, en la cual todos los efectos fijos que entraron en el modelo, excepto la interacción entre año de parto y época, resultaron significativos en las vacas F1, mientras que en las vacas 3/4 fueron significativos solamente año de parto y genotipo.

El efecto de semental resultó significativo para todas las variables, con excepción de edad al primer parto en vacas F1 y para producción de leche por día abierto en vacas 3/4, lo que indica que los padres de las vacas influyeron en sus producciones.

Los resultados obtenidos sugieren que los efectos fijos estudiados afectan de manera diferente las vacas F1 y las vacas 3/4.

Como en la base de datos utilizada existe un gran desbalance de número de observaciones por genotipo, no se descarta la posibilidad que esto pueda provocar confusiones entre los efectos fijos del modelo, lo cual provoca que estas estimaciones sean sesgadas.

7.3 COMPONENTES DE VARIANZA

El cambio de la media productiva en las poblaciones atribuido a factores genéticos es proporcional a la magnitud relativa de los componentes de varianza debidos a dichos factores. Para lograr estos cambios es necesario conocer el valor genético de los individuos de la población y, para predecirlos con el fin de seleccionar a los mejores animales, necesitamos conocer los componentes de varianza.

7.3.1 VARIANZA GENÉTICA ADITIVA

En los análisis realizados con registros de las vacas F1 y 3/4 conjuntamente, los valores de heredabilidad para las variables productivas fueron los siguientes: 0.242, 0.178, 0.176, 0.110 para PRODIP, PRODLAC, PRO300 y PRODA, respectivamente. La magnitud de las heredabilidades encontradas para PRODIP, PRODLAC y PRO300 nos permitirían obtener respuestas a la selección comparables a aquellas obtenidas para producción de leche en climas templados. Para días en lactancia y para las características reproductivas, las heredabilidades encontradas resultaron muy bajas: 0.024, 0.079, 0.104 para DL, IEP y DA, respectivamente. Por lo tanto, no vale la pena considerarlas dentro de un programa de selección, por el momento.

En los análisis realizados con los registros de las vacas F1, los valores de heredabilidad encontrados fueron de 0.294, 0.283, 0.278, 0.224 y 0.107 para PRODLAC, DL, PRODIP, PRO300 y PRODA, respectivamente. Para las variables reproductivas, IEP y DA, las heredabilidades encontradas fueron de 0.121 y 0.105, consideradas como medias-bajas.

Stanton *et al.* en 1991 estimaron valores de heredabilidad para equivalente maduro en leche de vacas Holstein puras de 0.21 para Latinoamérica, 0.25 y 0.20 para hatos de baja y alta varianza fenotípica en Latinoamérica y de 0.29 y 0.22 para vacas Holstein en Colombia y en México, respectivamente. Estos valores son distintos de los encontrados por Abubakar *et al.* (1987) en vacas puras de esta misma raza, siendo las heredabilidades de 0.38, 0.35,

0.29 para hatos con niveles alto, medio y bajo de manejo en México, respectivamente, y de 0.10 y 0.08 para hatos de niveles alto y bajo en Colombia. Ferreira y Fernandes (2000) encontraron una heredabilidad para producción de leche en vacas de raza Holstein, en Brasil, de 0.18. En el trópico de Kenya, Mackinnon *et al.* (1996) encontraron heredabilidades para producción de leche, en 20 diferentes cruzas entre Sahiwal, Pardo Suizo y Ayrshire del rango de 0.09 a 0.13. Dealba y Kennedy (1994) con animales criollos y sus cruzas con razas europeas en el trópico mexicano, encontraron una heredabilidad de 0.17 para producción de leche a los 305 días.

Los resultados de heredabilidad para producción de leche a 300 días de este trabajo son iguales o superiores a aquéllos encontrados en otras áreas tropicales. Si las conclusiones de Abubakar *et al.* (1987) son correctas en el sentido de que a mayor nivel de manejo se observan mayores heredabilidades, entonces podemos suponer que las condiciones bajo las que se encontraron las vacas en este análisis permitirán una mayor respuesta a la selección. Sin embargo, por la misma razón la respuesta a la selección esperada por el uso de toros evaluados en este trabajo, dependerá del nivel de manejo de los hatos que los utilicen.

Cabe mencionar que las heredabilidades encontradas en estos análisis fueron mayores de las que se obtuvieron en los análisis utilizando registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente.

Se debe aclarar que las heredabilidades estimadas en los registros de las vacas F1 no serán utilizadas para seleccionar reproductores de esta craza, sino para seleccionar reproductores puros para la obtención de crías F1 superiores, ya que en el CEIEGT no se busca una evaluación genética de híbridos machos. También nos permitirían predecir el progreso genético de la población F1, en comparación con generaciones previas de la misma craza, y no necesariamente en relación a los ancestros.

Un esquema de mejoramiento de poblaciones F1 Holstein x Cebú, se podría basar en forma similar a una selección recíproca recurrente. En forma inmediata, sería difícil implementar un esquema de selección para obtener sementales Holstein que resulten

superiores en sus hijas F1, en contraste, resultaría factible establecer un esquema similar en ganado Cebú, con la ventaja adicional de que en el análisis realizado se detectaron vacas Cebú con habilidades de transmisión predichas, considerables y positivas.

Por otro lado, en los análisis realizados con registros de las vacas 3/4, no se pudo estimar los componentes de varianza, posiblemente debido a la estructura de los datos. Para poder evaluar genéticamente los animales, se requiere que éstos sean conectados a través de ancestros comunes. El insuficiente número de progenie para obtener una muestra significativa de la mitad de los genes de un semental es uno de los problemas encontrado en poblaciones de ganado de doble propósito (Castañeda, 1997). El hecho de que en este estudio había varios sementales con apenas una hija 3/4 y el poco número de observaciones de esa cruce puede ser una posible explicación para que los componentes de varianza no fueran estimables.

7.3.2 VARIANZA DE EFECTOS AMBIENTALES PERMANENTES

Una de las características de los sistemas de ganadería tropical es que los factores ambientales cambian considerablemente año con año y la magnitud de dicho cambio puede reflejarse en los niveles productivos y reproductivos de los animales. Sin embargo, si los efectos permanentes del ambiente son importantes, entonces el comportamiento de las vacas estará correlacionado en el transcurso de su vida útil. En este caso, sería deseable poder predecir el comportamiento futuro de las vacas a partir de su desempeño en la primera lactancia. La estimación de la magnitud relativa de la varianza atribuida a efectos permanentes del ambiente permite llevar a cabo dicha predicción.

En los análisis realizados con registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente, la característica con mayor repetibilidad fue PRODLAC (0.384), seguida por PRO300 (0.348), DL (0.298) y PRODIP (0.295), respectivamente. Para DA (0.121), PRODA (0.110) y IEP (0.079), la repetibilidad corresponde a efectos genéticos aditivos solamente, en contraste con DL que tuvo una heredabilidad casi de cero, resultando muy importantes los efectos ambientales

permanentes.

En los análisis realizados con los registros de las vacas F1, los coeficientes de repetibilidad encontrados para PRODLAC, PRO300 y DL fueron de 0.410, 0.373 y 0.343, respectivamente. En el caso de PRODIP (0.290), PRODA (0.107), IEP (0.121) y DA (0.105), sus repetibilidades resultaron iguales a sus heredabilidades.

La repetibilidad encontrada por Ferreira y Fernandes (2000), en vacas Holstein en Brasil fue de 0.21, y Mackinnon *et al.* (1996) encontraron repetibilidades en cruzas en Kenya de un rango de 0.29 a 0.33. Las repetibilidades encontradas en el presente estudio, para producción de leche a 300 días, resultaron igual o más altas que las de los trabajos citados, con vacas puras o cruzadas.

7.4 HABILIDAD DE TRANSMISIÓN PREDICHA

Para considerar las predicciones de las habilidades de transmisión basadas en los registros de las vacas F1 y 3/4 conjuntamente, es necesario suponer que ambas cruzas se ven afectadas por el efecto genético aditivo de la misma magnitud. Una forma de comprobar esto sería que la estimación de las heredabilidades resultaran iguales, cuando el análisis se hiciera por separado; sin embargo, en este estudio esto no se pudo realizar de esta manera. En el presente trabajo se observó que las heredabilidades encontradas en los análisis realizados con los registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente fueron diferentes que las encontradas para las vacas F1. Para vacas 3/4, ésta ni siquiera pudo ser estimada. Por lo tanto, la información no permite determinar si es apropiado utilizar las predicciones obtenidas con los datos conjuntos de las dos cruzas. Debido a esto, solo se recomendaría el uso de las predicciones obtenidas con registros de las vacas F1 exclusivamente, con la finalidad de ser empleadas en la planeación de apareamientos para obtener vacas F1 en el CEIEGT. Una alternativa es utilizar una estimación de la correlación genética entre los registros F1 y 3/4.

Observando las habilidades de transmisión predichas (HTPs) de los análisis de vacas F1 solamente, podemos ver que para PRO300, los valores máximo y mínimo encontrados fueron de 95.72 y -130.78 Kg de leche, respectivamente, con un rango de 226.5 Kg de leche. Para DL, los valores máximo y mínimo fueron 16.39 y -36.68 días de lactancia, con un rango de 53.07 días. Para IEP, los valores máximo y mínimo encontrados fueron 16.23 y -20.97 días de intervalo entre partos, con un rango de 37.2 días. Para DA, los valores máximo y mínimo encontrados fueron 15.42 y -8.24 días abiertos, con un rango de 23.66 días. Para PRODLAC, los valores máximo y mínimo fueron 0.43 y -0.55 Kg de leche por día de lactancia, con un rango de 0.98 Kg de leche por día. Para PRODIP, los valores máximo y mínimo encontrados fueron 0.60 y -0.87 Kg de leche por día de intervalo entre partos, con un rango de 1.47 Kg de leche por día. Para PRODA, los valores máximo y mínimo encontrados fueron 2.00 y -2.13 Kg de leche por día abierto, con un rango de 4.13 Kg de leche por día.

Se pudo observar que el semental que mostró la mayor HTP para PRO300, presentó valores de HTP para IEP y DA positivos y de una magnitud que implica baja eficiencia reproductiva, señalando que el mejor productor para leche no siempre es el mejor en el conjunto de las características. Algunos sementales con valores de HTP medianos para PRO300, mostraron valores de HTP para IEP y DA negativos, por lo que sus hijas mostrarán mayor eficiencia reproductiva. Vale mencionar que entre los tres sementales Indubrasil de este estudio, uno de ellos presentó HTP para PRO300 positiva, quedando por lo tanto, arriba de la mitad de los sementales Holstein para esta característica. Sin embargo, los valores de HTP de este toro para IEP y DA quedaron dentro del rango de valores poco deseables. Los otros dos sementales Indubrasil tuvieron valores de HTP para PRO300 negativos. Este resultado es relevante, ya que implica que la selección de toros Indubrasil puede ser igualmente importante a la selección de toros Holstein para la obtención de vacas F1.

En el caso de que se adoptara PRODIP y PRODA como criterios de selección, encontraríamos sementales con valores que permitirían una mejora en estas características,

pero convendría determinar el valor económico de estas características para su adopción.

7.5 CORRELACIONES GENÉTICAS ADITIVAS

Al suponer que dos variables están correlacionadas genéticamente, la covarianza resultante representa la fracción genética aditiva que vacas emparentadas comparten, aunque sean de diferente genotipo. Esta covarianza, en teoría, permite predecir el comportamiento de vacas 3/4 a partir de la evaluación de sementales a través de sus hijas F1. La respuesta correlacionada también es dependiente de la heredabilidad de la segunda característica. En este estudio se observaron, al analizar la información de vacas F1 y 3/4 emparentadas bajo un modelo bivariado, heredabilidades para las características estudiadas en vacas F1 similares a las obtenidas bajo un modelo univariado, mientras que para las vacas 3/4 las heredabilidades resultaron las siguientes: 0.072, 0.102, 0.067, 0.009, 0.144 y 0.110 para producción de leche a 300 días, intervalo entre partos, días abiertos, producción de leche por día de lactancia, producción de leche por intervalo entre partos y producción de leche por día abierto, respectivamente. La correlación genética para producción de leche a 300 días (0.985), días abiertos (0.898), producción de leche por día de lactancia (0.999) y para edad al primer parto (0.808), intervalo entre partos (0.596) y para producción de leche por día abierto (0.456) encontradas fueron de alto a medianos valores, lo cual puede ser útil en la planeación de programas genéticos. También implica que para estas variables se puede seleccionar sementales para obtener hijas 3/4 a través de sus evaluaciones en hijas F1, sin embargo, dada la heredabilidad reducida en las hijas 3/4, la respuesta sería mucho menor en éstas. La correlación genética para producción de leche por día de intervalo entre partos (0.185) resultó baja, señalando que esta variable no sería útil en la selección de sementales para la producción de vacas 3/4, a través de sus hijas F1.

7.6 MODELO GENÉTICO SIMPLE

Otra manera de analizar la información, fue a través del modelo genético simple, en el cual el grupo genético se desglosa en la porción aditiva y la de heterosis.

En el presente estudio, las estimaciones de los coeficientes de regresión para la proporción Holstein y para el grado de heterocigosis resultaron no diferentes de cero ($P > 0.05$). Por lo tanto, la importancia de los efectos de sustitución de genes Holstein y el efecto de heterosis no permiten hacer distinciones entre genotipos, al utilizar este modelo.

8. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se observó que existen efectos genéticos aditivos individuales de sementales de magnitud importante afectando la producción y la reproducción de vacas F1. Por lo mismo, considerar la selección de sementales puros para su utilización en la obtención de vacas F1 puede traer beneficios adicionales a los obtenidos por efectos de heterosis. También se encontró variación entre los sementales Holstein con respecto a sus habilidades de transmisión para las características estudiadas, lo que significa que así como hay toros que pueden mejorar producción y/o eficiencia reproductiva, también habrá toros cuya utilización no sería recomendable.

Los coeficientes de heredabilidades encontrados para las variables PRO300, PRODLAC y PRODIP en los análisis realizados con los registros de vacas F1 y 3/4 conjuntamente, así como los encontrados para las variables PRO300, DL, PRODLAC y PRODIP en los análisis realizados con los registros de vacas F1, son de valores intermedios, lo que permitiría obtener una respuesta a la selección de los animales.

Las variables productivas mostraron coeficientes de repetibilidad que permiten considerar que la eliminación de vacas por baja productividad se haría sin riesgo a desechar una vaca de mayor potencial productivo. Igualmente, se puede decir que las vacas de primer parto con producciones elevadas repetirán su comportamiento en partos futuros. No puede decirse lo mismo para las variables reproductivas, ya que mostraron coeficientes de alrededor del 10%, lo cual implica que los factores ambientales temporales juegan un papel preponderante sobre la eficiencia reproductiva.

Las correlaciones genéticas encontradas entre vacas F1 y 3/4 permiten seleccionar sementales puros Holstein con base en su evaluación en hijas F1 para obtener vacas 3/4.

El hecho de que la base de datos utilizada en este estudio no fue adecuada, tuvo como principales consecuencias lo siguiente: no se descarta la posibilidad de que los efectos fijos

puedan estar confundidos debido a que existe un desbalance de número de observaciones por genotipo en la información utilizada. Los componentes de varianza de las variables estudiadas con los registros de las vacas 3/4 no pudieron ser estimados, y por lo tanto las evaluaciones de los sementales. Probablemente esto ocurrió por la falta de suficientes números de observaciones para este grupo y de sementales con hijas 3/4.

Para estudios de este tipo, se hace necesario el contar con información que sirva de base para implementación de programas genéticos en áreas tropicales. El ideal sería que dicha información tuviera un gran número de observaciones de animales de diferentes grupos genéticos que sean contemporáneos y de sementales de razas puras con suficientes hijas cruzadas. También es importante tener el número de registro de los sementales utilizados para la obtención de las crías, para que se puedan hacer comparaciones de los mismos sementales en otras poblaciones. Por lo tanto, hacer un esquema de evaluaciones de sementales puros para obtención de hijas cruzadas, de tal manera que los productores tengan acceso o puedan elegir los sementales más adecuados para sus explotaciones.

Para los productores de doble propósito del trópico húmedo mexicano, cuyos hatos se encuentren en condiciones de manejo similares al del CEIEGT, la craza más recomendable resultó ser la F1 debido a su desempeño productivo y reproductivo. Para la obtención de las vacas F1, no se puede descartar la posibilidad de utilizar sementales Cebú con hembras Holstein de altiplano, cuyas crías F1 serían trasladadas al trópico.

Para seguir haciendo investigaciones sobre el mismo tema, sería conveniente tener una base de datos sin los problemas encontrados en la base que fue utilizada en este estudio. Una manera de corregir uno de los problemas de estructura de la base de datos utilizada es establecer un esquema de cruza recíprocas de Holstein con algunas de las razas Cebú más comunes en el trópico mexicano. De esta manera, caracterizar las razas cebuínas como recurso genético en esquemas de cruzamiento para doble propósito en el trópico.

Es necesario ampliar el estudio sobre las diferencias entre los sementales puros

utilizados para producir hijas cruzadas y sobre la magnitud del cambio en el orden de los sementales en relación a sus evaluaciones basadas en hijas puras en su país de origen. Si en futuros estudios se comprueban los hallazgos de este trabajo, sería conveniente encontrar una manera de predecir el comportamiento de sementales puros al ser utilizados para obtener hijas cruzadas.

9. LITERATURA CITADA

Abubakar BY, McDowell RE and Van Vleck LD. Interaction of genotype and environment for breeding efficiency and milk production of Holsteins in Mexico and Colombia. *Trop Agric* 1987; 64: 17-22.

Ávila AJR. Efecto de la diferencia predecible para leche de sementales Holstein con el nivel de producción de sus hijas F1 Holstein-Cebú en trópico húmedo. Tesis para la obtención de grado de Médico Veterinario Zootecnista, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1991.

Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP and Kachman SD. A manual for use of MTD F REML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). USDA. Agric Res Service, 1995.

Cameron ND. Methodologies for estimation of genotype with environment interaction. *Livest Prod Sci* 1993; 35: 237-249.

Castañeda OG, Ruiz FL y Román HP. Índices productivos de hatos de doble propósito en el estado de Veracruz. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Guadalajara, Jalisco, México, 1993; 83.

Castañeda OG, Moro JM, Román HP y Ruiz FL. Comportamiento productivo de ganado en ranchos de doble propósito en Veracruz. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Buiatría*. Torreón, Coahuila, México, 1995; 316.

Castañeda OG. Conectividad en la evaluación genética de ganado de doble propósito en México y utilización de sementales de referencia en los programas de mejoramiento. Tesis para la obtención de grado de Maestro en Producción Animal. D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1997.

Cienfuegos EGR, Oltenacu PA, Blake RW, Schwager SJ, Castillo HJ and Ruiz FJ. Interaction between milk yield of Holstein cows in México and the United States. *J Dairy Sci* 1999; 82: 2218-2223.

Costa CN, Blake RW, Pollak EJ and Oltenacu PA. Genetic relationships for milk and fat yields between Holstein populations in Brazil and the United States. *World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*, Armidale, Australia. 1998; 23: 323-326.

Cundiff LV. Evaluación y utilización de razas de ganado bovino europeas y cebuínas para producción de carne. *Memorias del Ciclo de Conferencias sobre Evaluación, Comercialización y Mejoramiento Genético*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 2000; 44-60.

Cunningham EP and Syrstad O. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. *Anim Prod Health Paper* n° 68, FAO, Roma. 1987.

Dealba J and Kennedy BW. Genetic parameters of purebred and crossbred milking criollos in tropical Mexico. *Anim Prod* 1994; 58: 159-165.

Dickerson GE. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Anim Breed Abstr* 1969; 37: 191-202.

Dickerson GE. Inbreeding and heterosis in animals. *Proc Anim Breed Genet Symp in Honour of Dr. Jay L. Lush*. Champaign, Illinois, USA, 1973; 54-77.

Enríquez JM, De la Rosa HCA y Núñez DR. Producción de leche y carne por cruza Cebú-Holstein en trópico húmedo. *Revista Chapingo* 1989; 14: 65-66: 34-37.

Falconer DS. *Introduction to quantitative genetics*. Second edition. Longman, 1981.

Ferreira GBB e Fernandes HD. Parámetros genéticos para características productivas em bovinos da raça Holandesa no estado de Goiás. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2000; 2: 421-426.

García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Tercera edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, 1981; 143-201.

Gregory KE and Cundiff LV. Crossbreeding in beef cattle: evaluation of systems. *J Anim Sci* 1980; 51: 1224-1240.

Henderson CR. Prediction of future records. *Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics*. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1977.

Kahi AK, Thorpe W, Nitter G and Baker RL. Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya I. Estimation of individual crossbreeding effects on milk production and reproductive traits and cow live weight. *Livest Prod Sci* 2000; 63: 39-54.

Koppel RET. Ganado de doble propósito: situación actual. *Memorias del XI Congreso Nacional de Buiatría*. Guadalajara, Jalisco, México, 1985; 68-70.

Mackinnon MJ, Thorpe W and Baker RL. Sources of genetic variation for milk production in a crossbred herd in the tropics. *J Anim Sci* 1996; 62: 5-16.

Madalena FE, Lemos AM, Teodoro RL, Barbosa RT and Monteiro JBN. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. *J Dairy Sci* 1990; 73: 1872-1886.

Madalena FE. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical. *Estudio Producción y Sanidad animal* n° 111, FAO, Roma. 1993.

Martinez ML. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effects on lactation

performance and reproduction in Brazil. *J Dairy Sci* 1988; 71: 800-808.

Martinez ML, Verneque RS and Teodoro RL. Avances en la genética lechera basados en la raza Cebú, con énfasis en la utilización de la diferencia esperada en la progenie. *Memorias del Ciclo de Conferencias sobre Evaluación, Comercialización y Mejoramiento Genético*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 2000; 61-85.

McDowell RE, Wilk JC and Talbott CW. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. *J Dairy Sci* 1996; 79: 1292-1303.

Meyer K. DFREML user notes. 1998. <http://agbu.une.edu.au/~kmeyer/dfreml.html>.

Nagare WK and Patel AM. The comparative performance of Gir cross-breds under Maharastra condition. *Indian J Prod Mgmt* 1997; 13(2): 87-92.

Osorio MMA. Caracterización de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales. *Memorias del Cuarto Foro de los Recursos Genéticos: Ganadería Bovina de Doble Propósito*. Villahermosa, Tabasco, México, 1998; 8-28.

Pariacote FA, Van Vleck LD, Flores A, Hahn MK, y Martínez JRL. Contribución genética directa de grupo racial sobre producción de leche en ambientes tropicales. *Arch Latinoam Prod Anim* 1997; 5 (Supl. 1): 546-548.

Pérez MIN. Desarrollo de un modelo de evaluación genética para características de conformación de ubre de ganado Holstein en México. Tesis para la obtención de título de Médico Veterinario Zootecnista. Querétaro, Querétaro, México: Facultad de Ciencias Naturales UAQ, 1997.

Rao VP and Taneja VK. Genetic variability and sire x mating system interaction for milk yield in Holstein-Sahiwal crosses. 3rd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Lincoln, Nebraska, USA. 1986; Vol. IX: 115-118.

Rios AU, Vega VEM, Montaña MB y Lagunes JL. Edad al primer parto e inicio de empadre-parto de vacas *Bos indicus* y F1 *Bos taurus* x *Bos indicus*. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Guadalajara, Jalisco, México, 1993; 73.

Rivera VMD, Núñez DR y Fernández RS. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas Holstein-Cebú en un hato de doble propósito. Revista Chapingo 1989; 65-66: 31-33.

Rueda MBL y Gonzáles DJJ. Comportamiento productivo de vacas de doble propósito en Gutiérrez Zamora, Ver. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Guadalajara, Jalisco, México, 1993; 69.

Searle SR and Yerex RP. Annotated computer output for analysis of variance of unbalanced data. Second edition. Cornell University. 1988.

Searle SR, Casella G and McCulloch CE. Variance Components. First edition. John Wiley & Sons, Inc. 1992.

Sosa CF. Esquemas alternativos para el mejoramiento genético de bovinos de doble propósito. Memorias del Curso de Actualización en Reproducción Animal. Villahermosa, Tabasco, México, 1994; 124-134.

Sosa CF. Bases para la evaluación genética del ganado de doble propósito y lechero en el trópico. Cuarto Foro de los Recursos Genéticos: Ganadería Bovina de Doble Propósito. Villahermosa, Tabasco, México, 1998; 103-106.

Stanton TL, Blake RW, Quaas RL, Van Vleck LD and Carabaño MJ. Genotype by

environment interaction for Holstein milk yield in Colombia, Mexico, and Puerto Rico. *J Dairy Sci* 1991; 74: 1700-1714.

Syrstad O. Heterosis in *Bos taurus* x *Bos indicus* crosses. *Livest Prod Sci* 1985;12: 299-307.

Syrstad O. Dairy cattle crossbreeding in the tropics: the importance of genotype x environment interaction. *Livest Prod Sci* 1990; 24: 109-117.

Syrstad O. Milk yield and lactation length in tropical cattle. *Wld Anim Rev* 1993; 74: 68-72.

Taneja VK and Bhat PN. Milk and beef production in tropical environments. 3rd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Lincoln, Nebraska, USA. 1986; Vol. IX: 73-91.

Teodoro RL, Milagres JC, Fontes CAA, Lemos AM e Freitas AF. Duração média do intervalo de partos, produção de leite, gordura e proteína por dia de intervalo de partos em vacas mestiças. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 1993; 22: 481-487.

Teodoro RL, Milagres JC, Cardoso RM, Lemos AM e Freitas AF. Período de lactação e produção de leite, gordura e proteína, ajustados para 305 dias de lactação em vacas mestiças europeu x zebu. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 1994; 23: 274-282.

Tewolde A. Los sistemas de producción bovina de doble propósito y los recursos genéticos. Cuarto Foro de los Recursos Genéticos: Ganadería Bovina de Doble Propósito. Villahermosa, Tabasco, México, 1998; 29-34.

Thorpe W, Kang'ethe P, Rege JEO, Mosi RO, Mwandotto BAJ and Njuguna P. Crossbreeding Ayrshire, Friesian, and Sahiwal cattle for milk yield and preweaning traits of

progeny in the semiarid tropics of Kenya. *J Dairy Sci* 1993; 76: 2001-2012.

Vaccaro L. El comportamiento de la raza Holstein Friesian comparada con la Pardo Suiza en cruzamiento con razas nativas en el trópico: una revisión de literatura. *Prod Anim Trop* 1984; 9: 93-101.

Vaccaro L. Survival of european dairy breeds and their crosses with zebus in the tropics. *Anim Breed Abstr* 1990; 58: 475-494.

Vaccaro L, Vaccaro R, Verde O, Mejias H, Rios L and Romero E. Harmonizing genetic type and environmental level in dual-purpose cattle herds in Latin America. *Wld Anim Rev* 1993; 77: 15-20.

Vaccaro L and Lopez D. Genetic improvement of dual purpose cattle in Latin America. *Animal Genetic Resources Information* n° 16, FAO, Roma. 1995.

Vaccaro L, Vaccaro R, Verde O, Pérez A, Mejías H y Khalil R. Comparación entre dos clases genéticas de toros Holstein cruzados con Cebú para uso en rebaños de doble propósito. *Arch Latinoam Prod Anim* 1997; 5 (supl.1): 467-469.

Villegas CC y Román HP. Producción de leche en un programa de cruzamiento de vacas encastadas de Cebú con toros Holstein en el trópico. *Memorias del X Congreso Nacional de Buiatría*. Acapulco, Guerrero, México, 1984; 165-169.

Vinze R and Parekh HKB. Ready recokner using test day milk yield for predicting 300 days production in crossbred cows and its accuracy. *World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*. Armidale, Australia. 1998; 23: 467-470.

Warwick EJ y Legates JE. *Cría y mejora del ganado*. Tercera edición. México, 1980.

Willhan, RL. Predicting breeding values of beff catle. *Proceedings of the world congress on*

sheep and beef cattle breeding. Volume I: Technical. First edition. New Zealand, 1982; 209-216.